

Mecànica



La mecànica de l'automòbil aplicada a la formació dels formadors viaris

Una perspectiva des de la conducció segura i eficaç

Direcció:

Josep Montané i Capdevila

Autors:

Xavier Quintana i Padró

Joan Batalla i Vidal

Amb la col·laboració de:

Josep Sancho Caro

Revisió cinquena edició:

Ramon Esteve Galindo

Índex

Unitat 1	Introducció a l'automòbil	13
	1.1. Nivell d'entrada. Seguretat i risc	
	1.2. Definició d'automòbil	
	1.3. Sistemes que formen un automòbil	
	1.3.1. Xassís	
	1.3.2. Motor	
	1.3.3. Transmissió	
	1.3.4. Direcció	
	1.3.5. Suspensió	
	1.3.6. Frens	
	1.3.7. Rodes i pneumàtics	
	1.3.8. Sistema elèctric	
	1.4. Activitats	
	1.4.1. Activitats de millora de la informació	
	1.4.2. Activitats de millora de les destreses i valors	
	1.4.3. Nivell de sortida	

Unitat 2 El motor tèrmic de combustió interna**21**

- 2.1. Classificació dels motors tèrmics
 - 2.1.1. Segons el lloc on es realitza la combustió
 - 2.1.2. Segons el combustible utilitzat i el tipus d'encesa
 - 2.1.3. Segons el tipus de moviment dels elements mòbils
 - 2.1.4. Segons la manera de realitzar el cicle
 - 2.1.5. Segons el nombre de cilindres
 - 2.1.6. Segons la disposició dels cilindres
- 2.2. Elements constitutius d'un motor
 - 2.2.1. Elements fixos
 - 2.2.2. Elements mòbils
- 2.3. Característiques d'un motor
 - 2.3.1. Ordre d'encesa
 - 2.3.2. Diàmetre o calibre
 - 2.3.3. Cursa
 - 2.3.4. Cilindrada unitària
 - 2.3.5. Cilindrada total
 - 2.3.6. Cambra de combustió
 - 2.3.7. Relació de compressió
 - 2.3.8. Potència
 - 2.3.9. Parell motor
 - 2.3.10. Relació entre potència i parell motor
 - 2.3.11. Camp d'elasticitat
 - 2.3.12. Consum específic
 - 2.3.13. Potència fiscal
- 2.4. Activitats
 - 2.4.1. Activitat de millora de la informació
 - 2.4.2. Activitats d'adquisició de destreses i valors
 - 2.4.3. Nivell de sortida

Unitat 3	Motors Otto i dièsel	36
	3.1. Nivell d'entrada	
	3.2. El motor Otto de quatre temps	
	3.2.1. Cicle de treball	
	3.2.2. Diagrama de la distribució	
	3.2.3. Encreuament de vàlvules	
	3.3. El motor dièsel de quatre temps	
	3.3.1. Comparativa entre el motor Otto i el dièsel	
	3.4. El motor Wankel	
	3.4.1. Funcionament del motor Wankel	
	3.5. Activitats	
	3.5.1. Activitat de millora de la informació	
	3.5.2. Activitats de millora de les destreses i emocions	
	3.5.3. Nivell de sortida	
Unitat 4	El sistema de distribució	44
	4.1. Nivell d'entrada	
	4.2. Definició de sistema de distribució	
	4.3. Elements de la distribució	
	4.3.1. Comandament de la distribució	
	4.3.2. Arbre de lleves	
	4.3.3. Vàlvules	
	4.3.4. Molles	
	4.3.5. Taquets	
	4.3.6. Balancins	
	4.4. Sistemes de distribució	
	4.5. Reglatges de la distribució	
	4.6. Distribució variable	
	4.7. Activitats	
	4.7.1. Activitats de millora de la informació	
	4.7.2. Activitats de millora de les destreses i emocions	
	4.7.3. Nivell de sortida	
Unitat 5	El sistema de lubrificació	52
	5.1. Nivell d'entrada	
	5.2. Missió de la lubrificació	

- 5.3. Oli del motor
 - 5.3.1. Viscositat
 - 5.3.2. Classificació dels olis
- 5.4. Sistemes de lubrificació
 - 5.4.1. Lubrificació per mescla
 - 5.4.2. Lubrificació a pressió
- 5.5. Elements del sistema de lubrificació
- 5.6. Refrigeració de l'oli
- 5.7. Sistemes de ventilació del càrter
- 5.8. Manteniment
- 5.9. Activitats
 - 5.9.1. Activitats de millora de la informació
 - 5.9.2. Activitats de millora de les destreses i dels valors
 - 5.9.3. Nivell de sortida

Unitat 6 El sistema de refrigeració

63

- 6.1. Nivell d'entrada
- 6.2. Objectiu de la refrigeració
- 6.3. Sistemes de refrigeració
 - 6.3.1. Refrigeració per aire
 - Refrigeració directa d'aire
 - Refrigeració forçada d'aire
 - 6.3.2. Refrigeració per aigua
 - Elements del sistema de refrigeració per aigua
 - Circuit de refrigeració pressuritzat
 - Líquids refrigerants
 - Manteniment
- 6.4. Activitats
 - 6.4.1. Activitats de millora de la informació
 - 6.4.2. Activitats de millora de les destreses i dels valors
 - 6.4.3. Nivell de sortida

Unitat 7 El sistema elèctric**74**

- 7.1. Nivell d'entrada
- 7.2. Magnituds fonamentals
- 7.3. Circuit elèctric bàsic
- 7.4. Llei d'Ohm
- 7.5. Calor després pel pas del corrent elèctric (efecte Joule)
- 7.6. Components del sistema elèctric
 - 7.6.1. Bateria d'acumuladors
 - Característiques elèctriques de la bateria
 - Manteniment de les bateries
 - 7.6.2. Circuit d'encesa
 - Components del circuit d'encesa
 - Encesa electrònica sense distribuïdor
 - 7.6.3. Circuit d'arrencada
 - 7.6.4. Sistema de càrrega: alternador
 - 7.6.5. Circuits elèctrics
 - Disposició de la instal·lació elèctrica: cablejat
 - Conductors elèctrics
 - Fusibles
 - Interpretació d'esquemes elèctrics
 - Multiplexat: bus CAN (Controller Area Network)
 - Enllumenat de l'automòbil
 - Fons lluminoses
 - Projectors
 - Comprovació i ajust dels fars
 - Quadre de comandaments
 - Eixugaparabrises
 - Tancament centralitzat
 - Alçavidres elèctric
 - Sistema de ventilació i calefacció
 - Sistema de climatització
 - Sistemes de seguretat activa
 - Sistemes de seguretat passiva
- 7.6. Activitats
 - 7.6.1. Activitats de millora de la informació
 - 7.6.2. Activitats de millora de les destreses i emocions
 - 7.6.3. Nivell de sortida

Unitat 8 Sistemes d'alimentació i anticontaminació 106

- 8.1. Nivell d'entrada
- 8.2. Circuit d'alimentació de gasolina
 - 8.2.1. Elements del circuit d'alimentació
 - 8.2.2. Motor Otto. Combustible i combustió
 - 8.2.3. Sistemes d'injecció de gasolina
- 8.3. Motor dièsel. Combustible
 - 8.3.1. Característiques del gasoil
 - 8.3.2. Sistemes d'alimentació del motor dièsel
 - Sistemes d'injecció dièsel controlats electrònicament
 - Sobrealimentació
 - Dispositius d'ajuda a l'arrencada
 - Sistemes d'alimentació amb combustibles alternatius
 - Injeccions dels combustibles alternatius
- 8.4. Anticontaminació
 - 8.4.1. Sistemes anticontaminació
- 8.5. Activitats
 - 8.5.1. Activitats de millora de la informació
 - 8.5.2. Activitats de millora de les destreses i actituds
 - 8.5.3. Nivell de sortida

Unitat 9 Sistemes de transmissió i de frenada 126

- 9.1. Nivell d'entrada
- 9.2. Elements de transmissió
- 9.3. L'embragatge
 - 9.3.1. Classificació dels embragatges
 - 9.3.2. Embragatge hidràulic i convertidor de parell
- 9.4. La caixa de velocitats
 - 9.4.1. Caixa de canvi de presa de constant
- 9.5. Transmissió del moviment a les rodes
 - 9.5.1. Elements de la transmissió
 - 9.5.2. Sistemes de propulsió total
 - 9.5.3. Transmissions automàtiques
- 9.6. Missió i fonaments del sistema de frenada
- 9.7. Repartiment de la força de frenada

- 9.8. Distància de parada
- 9.9. Sistemes de frenada
 - 9.9.1. Fre de tambor
 - 9.9.2. Fre de disc
 - 9.9.3. Fre de mà
 - 9.9.4. Sistema de comandament
 - 9.9.5. Servoassistència: servofrè
 - 9.9.6. Canalitzacions i líquid de fre
 - 9.9.7. Gestió electrònica del sistema de frens (ABS)
- 9.10. Activitats
 - 9.10.1. Activitats de millora de la informació
 - 9.10.2. Activitats de millora de les destreses i emocions
 - 9.10.3. Nivell de sortida

Unitat 10 Sistemes de suspensió i de direcció

156

- 10.1. Nivell d'entrada
- 10.2. Missió i característiques de la suspensió
- 10.3. Elements de la suspensió
 - 10.3.1. Ballesta
 - 10.3.2. Molles helicoidals
 - 10.3.3. Barres de torsió
 - 10.3.4. Barra estabilitzadora
 - 10.3.5. Amortidors
- 10.4. Sistemes de suspensió convencionals
 - 10.4.1. Suspensió de l'eix davanter
 - 10.4.2. Suspensió de l'eix del darrere
- 10.5. Sistemes amb gestió electrònica
- 10.6. Missió de la direcció
- 10.7. Qualitats que ha de reunir la direcció
- 10.8. Mecanismes i sistemes de direcció
- 10.9. Caixes de direcció
 - 10.9.1. Cargol sense fi
 - 10.9.2. Cremallera
- 10.10. Direccions assistides
 - 10.10.1. Servodirecció de cremallera

- 10.10.2. Direcció d'assistència variable
- 10.11. Geometria de la direcció
 - 10.11.1. Geometria de gir
 - 10.11.2. Geometria de les rodes
- 10.12. Activitats
 - 10.12.1. Activitats de millora de la informació
 - 10.12.2. Activitats de millora de les destreses i emocions
 - 10.12.3. Nivell de sortida

Unitat 11 Rodes i pneumàtics

176

- 11.1. Nivell d'entrada
- 11.2. La roda
- 11.3. Elements de la roda
 - 11.3.1. La llanta
 - 11.3.2. Pneumàtics
- 11.4. Parts de la coberta
- 11.5. Tipus de cobertes
- 11.6. Nomenclatura i dimensions principals
- 11.7. Manteniment
- 11.8. Control de la pressió d'inflament
- 11.9. Activitats
 - 11.9.1. Activitats de millora de la informació
 - 11.9.2. Activitats de millora de les destreses i emocions
 - 11.9.3. Nivell de sortida

Pròleg

En Xavier Quintana, el principal autor i ànima d'aquest text, ens deia:

“A mi la mecànica no m'interessa per si mateixa, jo valoro les persones que en fan ús” i “amb aquest text m'ho he passat molt bé perquè m'ha permès de parlar de mecànica des de la seguretat de les persones.”

En Xavier parla de mecànica per ajudar a viure millor els conductors de vehicles. Quan aquests aprenen a dialogar amb la mecànica per descobrir la vida i superar el risc que comporta, troben allò que ell hi va posar.

En Xavier va morir molt poc temps després d'acabar aquest text. Quan els formadors viaris i conductors entenguin que el bon ús del vehicle ens ajuda a viure, faran perdurar el seu record.

Josep Montané i Joan Batalla

Introducció general

Aquest text pretén ser un ajut per al formador viari que ha d'ensenyar el conductor a conèixer l'estructura, el funcionament i el control de tots els elements del vehicle, i a millorar la qualitat de vida sense risc.

El conductor haurà de conèixer:

- Els motors dels vehicles com a font de propulsió de velocitat.
- Com s'ha de fer el manteniment de totes les parts del vehicle i responsabilitzar-se que es faci.
- L'equip elèctric del motor i de tot el vehicle en general.
- La transmissió de la força del motor per al desplaçament del vehicle.
- El sistema de direcció per poder guiar el vehicle correctament.
- La suspensió per garantir l'adherència del vehicle als diferents tipus de ferm, especialment quan sigui irregular.
- La frenada per controlar el vehicle: durant l'acceleració, el manteniment de la velocitat, la reducció, la frenada i l'aturada del vehicle.
- Els pneumàtics i les rodes per garantir la màxima adherència a la via i aconseguir un nivell de frenada adequat.

Després d'una visió general sobre l'automòbil, descriurem cadascuna de les parts indicades i la seva relació amb una conducció segura i eficaç.

Unitat 1

Introducció a l'automòbil

1.1. Nivell d'entrada. Seguretat i risc

Els vehicles de transport de persones i mercaderies, i especialment l'automòbil, són com un afegit de la persona que permet que es desplaci de manera més eficaç. El conductor ha d'aprendre a integrar-se al vehicle, a actuar amb naturalitat, a controlar-lo en tot moment i a comportar-se de manera segura. El conductor és qui està en contacte amb tots els comandaments del vehicle, els posa en acció i els coordina durant la conducció per aconseguir eficàcia durant la mobilitat, sense perdre seguretat.

Adapta i aplica a un precondutor, tabula i interpreta aquest qüestionari:

1. M'agradarà aprendre com la conducció és una adaptació a les possibilitats i limitacions del vehicle.
 - a. Poc
 - b. Bastant
 - c. Molt
2. He pres la decisió d'aprendre a evitar totes les situacions en les quals el vehicle em pugui dominar.
 - a. Totalment en desacord
 - b. D'acord
 - c. Totalment d'acord

3. Crec que, amb el control de la velocitat, quasi sempre puc evitar les situacions de possible risc.
- a. Poc
 - b. Bastant
 - c. Molt

Interpretació

a = 0 b = 1 c = 2

Més de 6 punts, màxima predisposició a la seguretat.

Entre 4 i 6 punts, predisposició normal.

Menys de 4 punts, tendència al risc.

1.2. Definició d'automòbil

El Reglament general de vehicles defineix automòbil com “un vehicle dotat de motor per propulsar-lo que serveix per al transport de persones o coses (o ambdues alhora) i/o per a la tracció d'altres vehicles”, excloent de la definició els vehicles especials.

Aquests vehicles es classifiquen per criteris de construcció i per criteris d'utilització.

La classificació queda reflectida per un conjunt de 4 números, formats per dues parelles, grava- des a la fitxa tècnica del vehicle, on la primera parella indica la classificació segons el criteri de construcció i la segona parella ho fa segons el criteri d'utilització. D'aquesta classificació se'n deriven diverses obligacions pel que fa a la ITV.

1.3. Sistemes que formen l'automòbil

Els elements comuns que componen els automòbils es poden resumir en el llistat següent:

- Xassís.
- Motor.
- Transmissió.
- Direcció.
- Suspensió.
- Frens.
- Rodes i pneumàtics.
- Sistema elèctric.

1.3.1. Xassís

És l'estructura metàl·lica de l'automòbil on es fixen els elements mecànics del vehicle. N'hi ha de diversos tipus:

Xassís independent: Format per un bastidor amb dos perfils en sentit longitudinal lligats per uns travessers. Serveix de suport als òrgans del vehicle i a la carrosseria, que embolcalla tot el conjunt (Fig. 1.1). Aquesta configuració és utilitzada majoritàriament en vehicles industrials (camions, autocars i en alguns tipus de furgons).

La forma i secció dels perfils pot ser variable i està en funció dels esforços interns que hagi de suportar en cada punt de la seva longitud.

Carrosseria autoportant: És la configuració actual dels turismes i de la majoria de furgons. Es compon d'una gran quantitat de peces de xapa d'acer estampat i plegat de diferents gruixos i resistències (poden ser també d'alumini i de plàstic reforçat amb fibra de vidre o fibra de carboni), unides entre elles per soldadures, que formen l'estructura fixa i resistent (llarguers, muntants i travessers), i altres peces amovibles (capó, portes, aletes, etc.).

Per tal que, en cas d'accident, els ocupants del vehicle pateixin els mínims danys possibles, aquestes carrosseries es dissenyen perquè el conjunt es deformi progressivament pels llocs adequats i de forma conduïda, de manera que els llarguers disposen d'uns ple-

Xassís independent

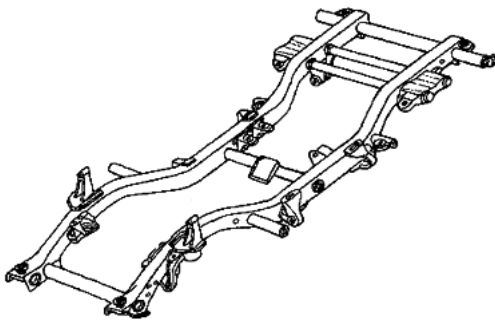


Fig. 1.1

Xassís plataforma

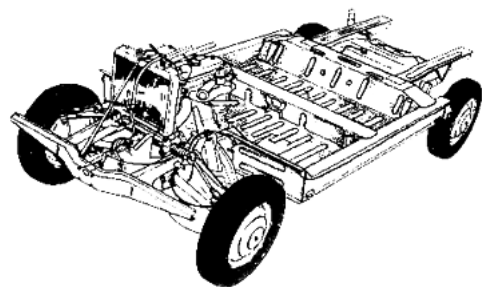


Fig. 1.2

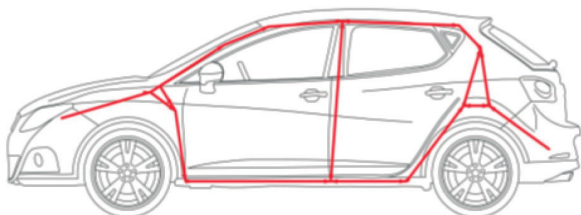


Fig. 1.3



Fig. 1.4

gaments previs o d'uns forats de diàmetres diversos, es creen dues zones deformables (davant i darrere) i una cel·la de seguretat (habitacle) (Fig. 1.2 i 1.3).

El xassís, juntament amb la carrosseria, ha de suportar els esforços **estàtics**, produïts pel propi pes dels materials de què està construït el vehicle, el pes del conductor i dels ocupants i el pes de la càrrega que transporta, a més dels esforços **dinàmics**, produïts per la deformació de la carrosseria degut a les irregularitats del terreny per on transita i les deformacions produïdes per les inèrcies com a conseqüència del moviment (en frenades i acceleració i el pas per revolts).

1.3.2. Motor

És l'òrgan encarregat de transformar l'energia continguda en el combustible amb l'energia mecànica necessària per desplaçar el vehicle.

De forma tradicional, els motors eren de combustió de combustibles fòssils i per al seu funcionament feien servir dos tipus de combustible: la gasolina i el gasoil.

Avui dia, les exigències de les normatives anticontaminants per reduir els gasos emesos a l'atmosfera pels vehicles, així com la necessitat de reduir el consum de combustibles fòssils, han fet que en alguns vehicles aquests dos combustibles tradicionals s'hagin vist, o bé complementats amb un altre combustible utilitzant el mateix motor, tipus gas comprimit (GNC), gas natural liquat (GNL), gas liquat del petroli (GLP), o bé s'ha complementat l'energia necessària per moure el vehicle amb la utilització d'un altre motor addicional, però en aquest cas un motor elèctric, i alguns vehicles han arribat al punt de disposar només de motor elèctric.

Així, ja és normal parlar de vehicles amb motors de gasolina o gasoil, híbrids, híbrids endollables o vehicles només endollables segons la configuració del tipus de motors que l'equipen.



Fig. 1.5

1.3.3. Transmissió

Formada pel conjunt d'elements que transmeten el moviment rotatiu a la sortida del motor fins a les rodes motrius.

Segons la configuració de la posició del motor i d'on es trobin situats els eixos motrius, podem trobar diferents combinacions dels elements que la formen, i els elements principals són:

Embragatge i convertidor de parell::

Acobla i desacobla la transmissió de la força proporcionada pel motor a la caixa de velocitats; porten embragatge els vehicles que tenen caixes de canvi manuals i convertidor de parell, els que tenen canvi automàtic.

Caixa de velocitats:

Aprofita la força del motor, modificant el parell que proporciona a costa de la velocitat, per resoldre les diferents necessitats de circulació del vehicle. Podem trobar caixes de velocitats manuals o automàtiques.

Arbre de transmissió:

Transmet la força des del canvi al pont posterior i permet moviments simultanis amunt/avall i dreta/esquerra fins a un angle límit.

Els vehicles industrials poden portar intercalat un fre elèctric i en alguns turismes o vehicles tot terreny s'hi col·loca el fre d'estacionament.

Mecanisme diferencial:

Fa possible que les rodes motrius d'un mateix eix girin a diferents velocitats i, per tant, ajusta, en els revolts, el gir de cada roda segons el recorregut que hagi de fer.

Aquest mecanisme va situat a l'interior de la caixa de velocitats o bé independent a l'extrem de l'arbre de transmissió segons la posició de l'eix tractor respecte de la caixa de velocitats.

Semieixos o paliers:

Transmeten el moviment des dels pinyons planetaris del diferencial fins a les rodes motrius.

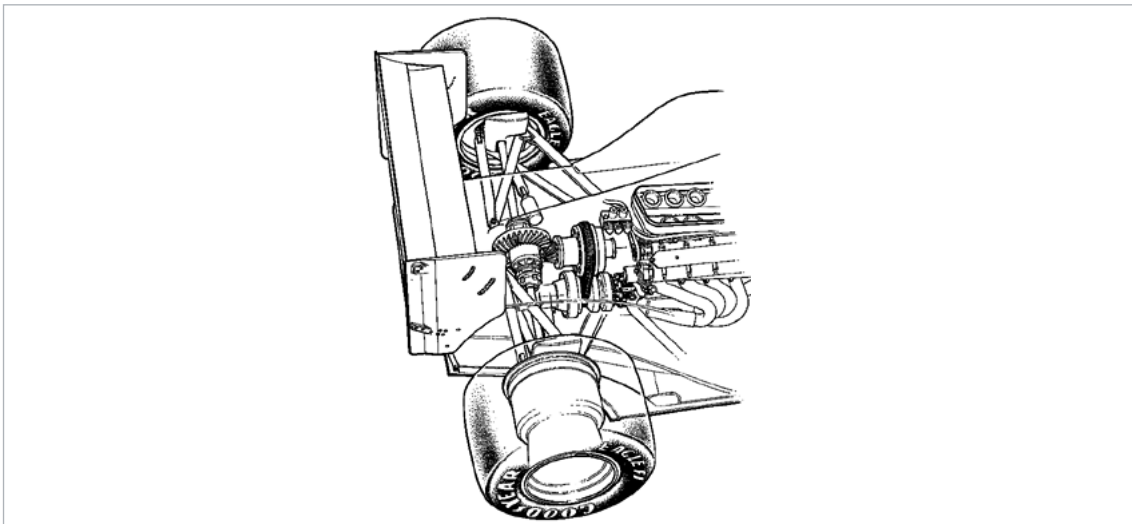


Fig. 1.6

1.3.4. Direcció

Conjunt d'elements i mecanismes que tenen la finalitat d'orientar les rodes directrius, per tal d'aconseguir que el vehicle faci la trajectòria desitjada pel conductor.

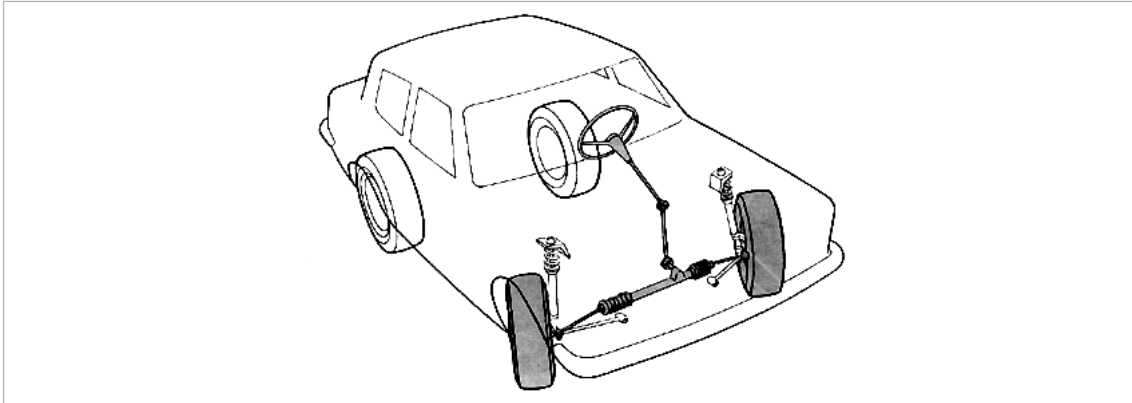


Fig. 1.7

1.3.5. Suspensió

Format per un conjunt d'elements elàstics i amortidors, els quals proporcionen comoditat als ocupants i estabilitat al vehicle, i garanteixen que les rodes en tot moment mantinguin el contacte amb el terra absorbint les irregularitats del terreny.

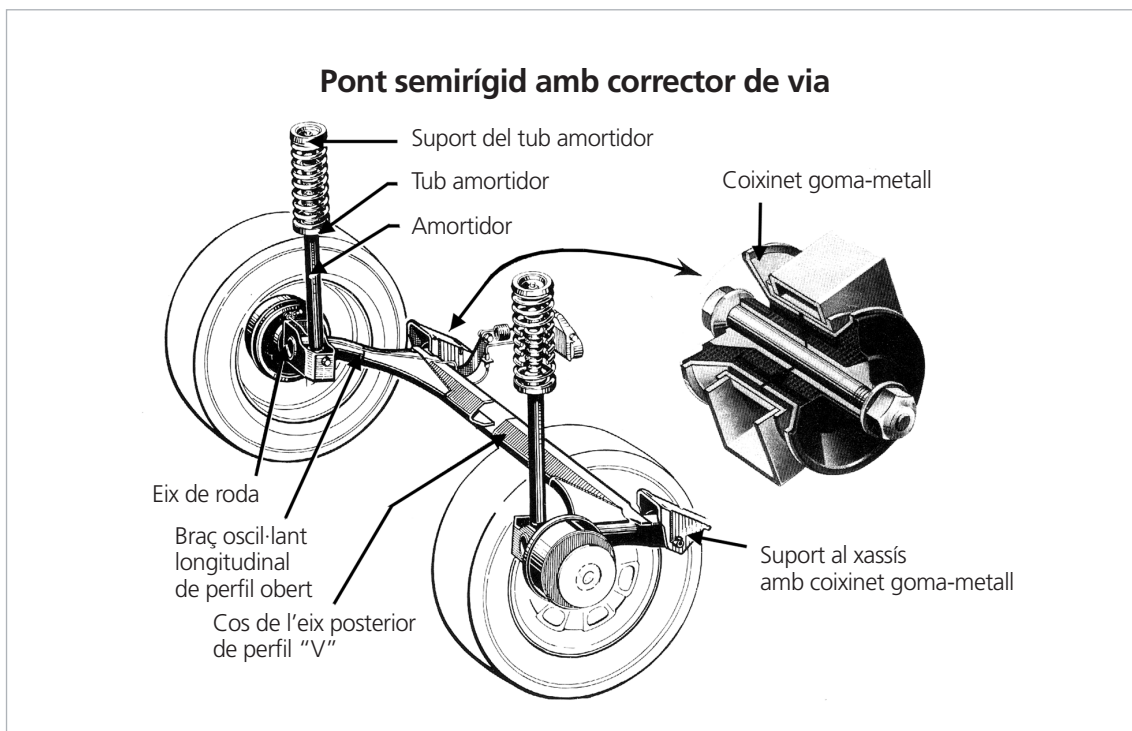


Fig. 1.8

1.3.6. Frens

El dispositiu de frenada és l'encarregat de disminuir la velocitat del vehicle fins a arribar a aturar-lo i permet mantenir-lo immobilitzat quan està parat. Està format per un sistema generalment hidràulic que, a través de la força feta pel conductor amb el peu sobre el pedal de fre, acciona unes pastilles o bé unes sabates, segons el sistema emprat de disc dur o tambor respectivament, localitzats a les rodes per frenar-les. Per augmentar la potència de frenada es fa servir una assistència, generalment pneumàtica per depressió (servofrè o Master-Vac).

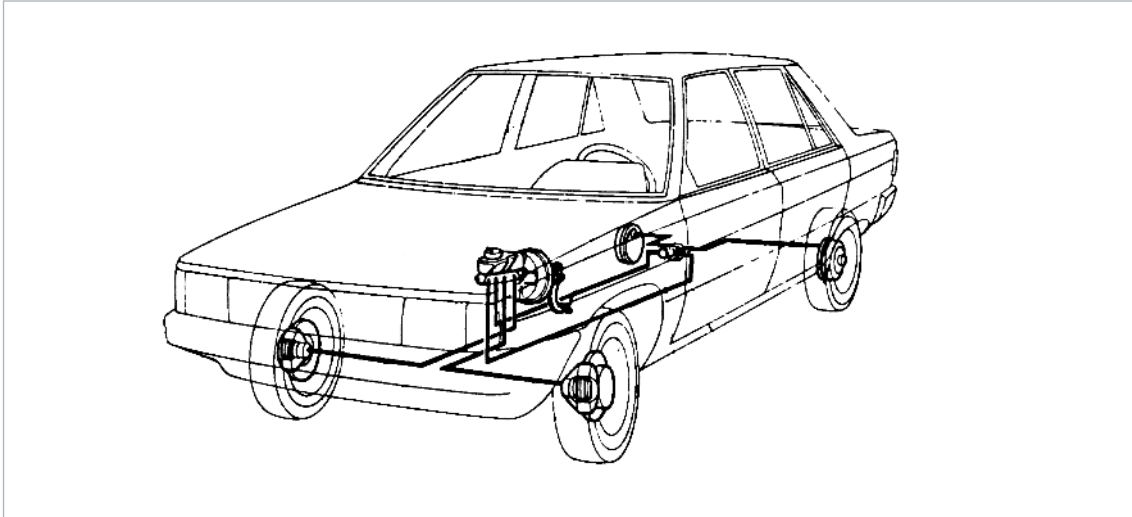


Fig. 1.9

1.3.7. Rodes i pneumàtics

Són els únics elements de contacte del vehicle amb el sòl. Tenen la missió de suportar el pes del vehicle i la seva càrrega, així com els cops produïts per les irregularitats del terreny durant la marxa. És important conservar en bon estat tant la part metàl·lica (llanda) com el pneumàtic, que ha de tenir una elasticitat bona i un dibuix de gravat suficient per poder mantenir una bona adhe-rència.

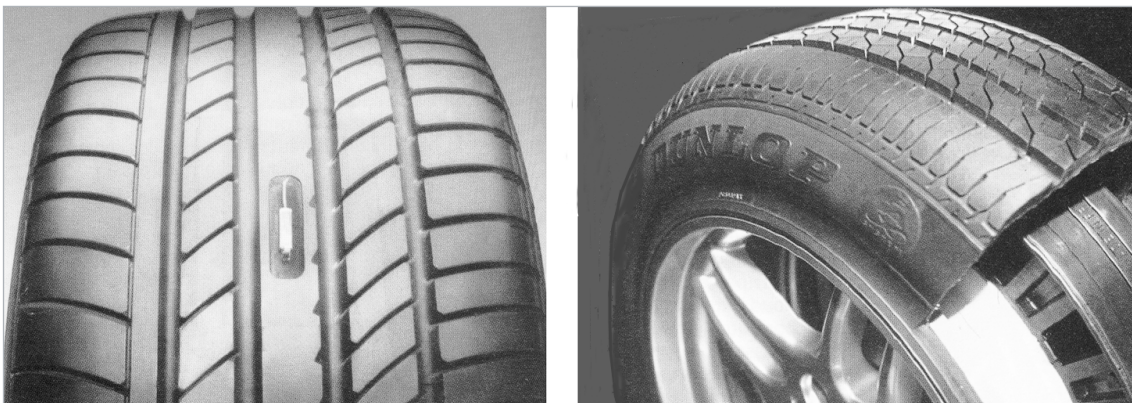


Fig. 1.10

1.3.8. Sistema elèctric

Està format per:

Bateria:

Transforma l'energia elèctrica en química durant el procés de càrrega i l'emmagatzema en el seu interior per realitzar el procés invers posteriorment quan la necessitin els diferents elements consumidors de corrent elèctric.

Sistema d'engegada:

Està dotat d'un motor elèctric que fa girar el motor tèrmic fins que es posa en marxa.

Sistema de càrrega:

Consta d'un generador de corrent altern. Aquest corrent s'ha de rectificar per convertir-lo en continu i poder ser emmagatzemat a la bateria.

Sistema d'encesa:

És l'encarregat de transformar la baixa tensió provinent de la bateria en una alta tensió a través de la bobina i fer saltar una guspira entre els elèctrodes d'una bugia situada a la cambra de combustió, que provoca l'inici de l'exposició de la mescla.

Sistema d'il·luminació:

La seva missió és proporcionar un feix de llum que permeti veure la calçada de nit segons unes normes específiques i la senyalització que informi els altres conductors de les manobres que es fan i tinguin una visió òptica de les mides del vehicle.

Sistemes de seguretat i confort:

Complementen els sistemes clàssics amb la finalitat de millorar-ne el confort i la seguretat. En formen part: la climatització, els comandaments de vidres i portes, els sistemes de so i navegació, els cinturons pirotècnics de seguretat, els coixins de seguretat, les alarmes i altres sistemes comandats electrònicament.

Amb els avenços tecnològics, aquests sistemes estan en constant evolució, i ara alguns són obligatoris per normativa. Es coneixen com a ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Aquests elements faran canviar la perspectiva del manteniment que hem de fer del nostre vehicle, atesa la incorporació de sensors, radars i càmeres de visió.

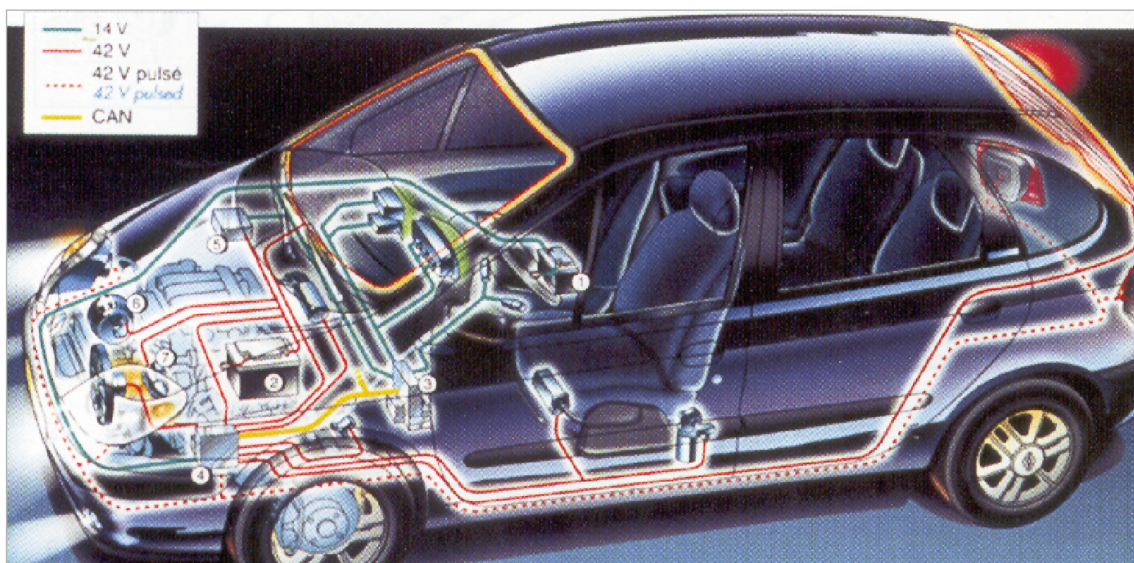


Fig. 1.11

Unitat 2

El motor tèrmic de combustió interna

El motor tèrmic és una màquina que transforma l'energia química continguda en un combustible en energia mecànica o moviment.

Aquesta transformació es realitza a través d'un procés **exotèrmic** en un **sistema tancat** convertint l'energia química del combustible en calor i obtenint-ne un treball.

Per tal que aquest procés es pugui dur a terme, cal la presència d'un combustible (gasolina, gasoil, GNC, GLP, etc.) i d'un comburent (oxigen), present a l'aire.

2.1. Classificació dels motors tèrmics

A continuació classifiquem els motors tèrmics, tenint en compte sis aspectes diferents.

2.1.1. Segons el lloc on es realitza la combustió

Motors endotèrmics o de combustió interna: El procés de combustió es du a terme en el interior del motor. Són els que s'utilitzen en els vehicles autopropulsats.

2.1.2. Segons el combustible utilitzat i el tipus d'encesa

Motors d'explosió (Otto): També anomenats motors d'encesa provocada (MEP). Per al seu funcionament utilitzen una barreja d'aire i gasolina o gas, que s'inflama a causa de la guspira elèctrica produïda a la bugia. Suporten pressions moderades per la qual cosa arriben a un nombre elevat de revolucions i aconseguen la potència màxima a règims d'entre 5.500 i 7.000 rpm.

Motors dièsel: També anomenats motors d'encesa per compressió (MEC). Utilitzen gasoil per al seu funcionament. La combustió s'inicia amb la inflamació del gasoil, injectat finament polvoritzat i a alta pressió, sobre l'aire fortament comprimit i a una temperatura elevada. Els seus components són robustos i pesants per poder suportar les altes pressions de treball. N'hi ha dos tipus segons les rpm a què poden arribar:

Dièsel ràpids: Giren entorn de les 5.000 rpm. Es munten en turismes i vehicles industrials lleugers.

Dièsel lents: Giren entre les 900 i les 2.000 rpm aproximadament, amb una cilindrada unitària que pot arribar als 2.000 cc. Es munten en camions, autocars, locomotores, vaixells i maquinària pesant.

2.1.3. Segons el tipus de moviment dels elements mòbils

Motors alternatius: Un pistó es desplaça per un cilindre amb un moviment lineal alternatiu que es transforma en rotatiu a través d'un mecanisme biela-manovella. Representen la pràctica totalitat de tots els motors utilitzats en automoció.

Motors rotatius: També anomenats motor Wankel. El moviment rotatiu es genera directament en un pistó de secció triangular, que gira dins d'una carcassa on forma 3 cambres. Funciona seguint el cicle Otto de quatre temps. No disposa de vàlvules, per tant l'admissió i l'escapament es fa a través d'espiralls. El seu ús en automoció és molt reduït.

2.1.4. Segons la manera de realitzar el cicle

Motors de quatre temps: Realitzen el cicle de treball dels quatre temps -admissió, compressió, explosió-expansió i escapament- en quatre curses del pistó, durant dues voltes completes de cigonyal. L'intercanvi de gasos està controlat per vàlvules situades a la culata que obren i tan-

quen els conductes d'admissió i escapament. Poden ser dièsel o d'explosió.

Motors de dos temps: El cicle de treball dels quatre temps, el realitzen en dues curses del pistó i, per tant, una volta de cigonyal. Això justifica que aquest tipus de motor proporcioni més potència que el de quatre temps amb la mateixa cilindrada. L'intercanvi de gasos es fa mitjançant espiralls controlats pel pistó en desplaçar-se, fet que afecta negativament el rendiment i dificulta el control de la contaminació. Equipen motocicletes de petita cilindrada.

2.1.5. Segons el nombre de cilindres

Motors monocilíndrics: Consten d'un sol cilindre.

Motors policilíndrics: Disposen de més d'un cilindre. La pràctica totalitat dels vehicles automòbils, a excepció de les motocicletes, són policilíndrics.

2.1.6. Segons la disposició dels cilindres

Motors de cilindres en línia: Sobre un bloc únic els cilindres es disposen l'un a continuació de l'altre: Aquesta disposició s'utilitza en motors de 2 a 6 cilindres i fins a 8 en motors dièsel. (Fig. 2.1).

Motors de cilindres en V: Estan constituïts per un doble bloc en V que forma un angle entre ells de 60 o 90°. En aquest tipus de motor, dos pistons, un de cada bloc, treballen sobre un mateix colze del cigonyal. (Fig. 2.2).

Motors de cilindres horitzontals oposats: Els cilindres es disposen en dos blocs units horitzontalment per la base amb un cigonyal comú. L'altura d'aquest motor queda molt reduïda. Poden ser de 2, 4 o 6 cilindres (Fig. 2.4).

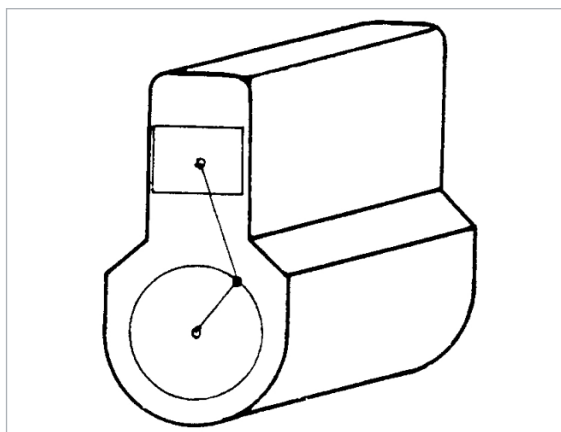


Fig. 2.1

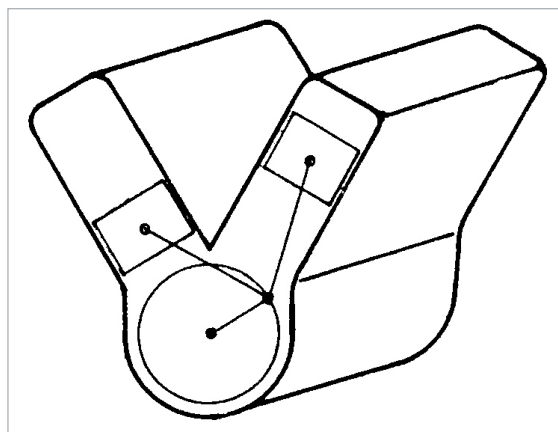


Fig. 2.2

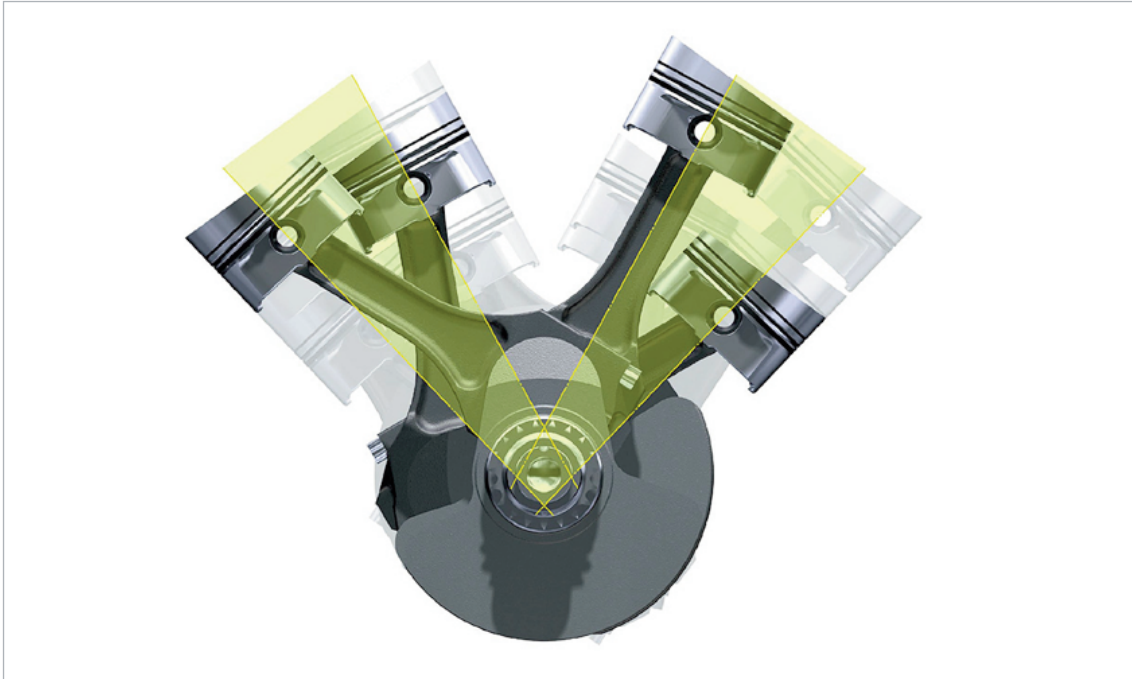


Fig. 2.3

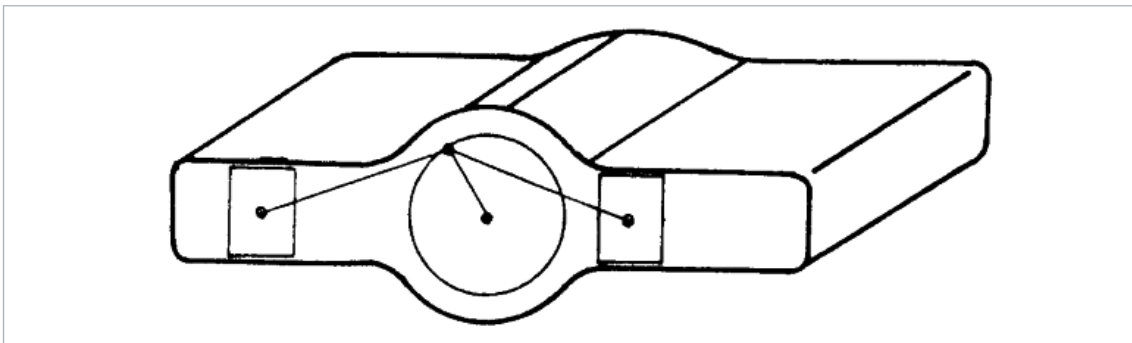


Fig. 2.4

2.2. Elements constitutius d'un motor

Elements fixos: bloc, culata, càrter.

Elements mòbils: pistó, biela, cigonyal i volant d'inèrcia.

2.2.1. Elements fixos

Bloc

És l'element que conté els cilindres i les cambres de refrigeració d'aquests (Fig. 2.6) i a l'interior del qual s'ubiquen els elements motrius (pistons, bieles i cigonyal), als quals serveix de suport o bancada. Es fabrica generalment de fosa grisa (aliatge de ferro amb un contingut de carboni que oscil·la entre un 2 i un 4,5%) o d'aliatge d'alumini. La forma i dimensions depèn del nombre i disposició dels cilindres.

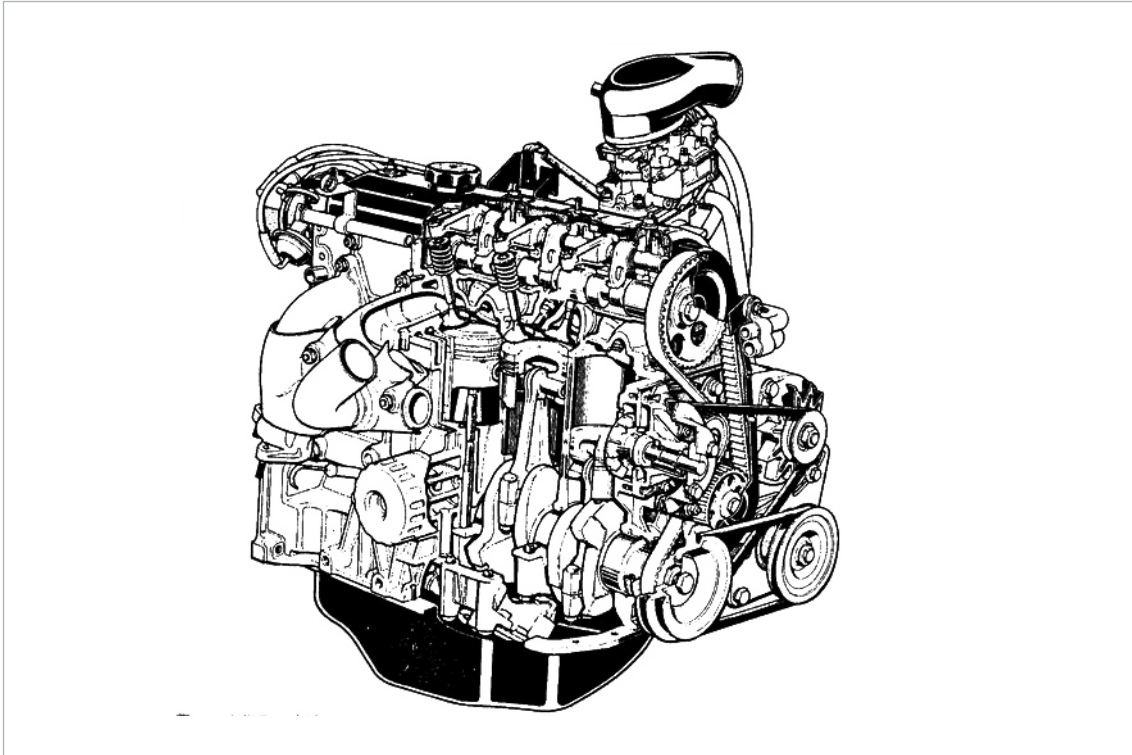


Fig. 2.5

En l'exterior del bloc es fixen la resta d'elements constructius del motor: la culata en la part superior i el càrter en la part inferior. En un extrem van ubicats els elements de comandament de la distribució i dels òrgans auxiliars del motor, com l'alternador, el compressor de l'aire condicionat, etc., i a l'extrem oposat se situa la caixa de velocitats. En el bloc hi ha també els elements d'ancoratge del motor al xassís, suports que disposen d'elements elàstics per tal d'absorbir les vibracions del motor (*silentblocks*), evitant així que es transmetin a la carrosseria.

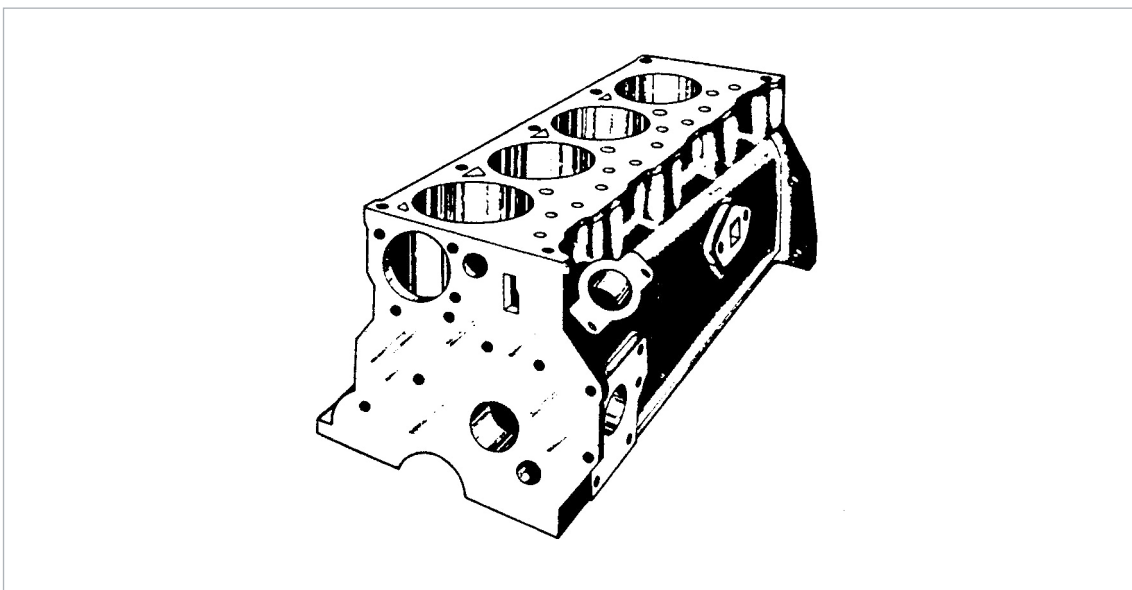


Fig. 2.6

Cilindres

Són la part més important del bloc, dins del qual es desplaça el pistó entre les posicions extremes (PMS i PMI) que ocupa durant el seu moviment alternatiu.

Podem trobar tres tipus de bloc:

Bloc integral: Els cilindres es mecanitzen sobre el material del mateix bloc.

Bloc de camises seques: Es munta un cilindre de paret prima o camisa en cada orifici del bloc. Aquestes camises estan muntades a pressió, en contacte amb la paret del bloc, perquè es puguin refrigerar. (Fig. 2.7).

Bloc de camises humides: Les camises són de paret gruixuda i en contacte directe amb el líquid refrigerant. Són fàcilment desmuntables i van proveïdes de juntes d'estanquitat per tal d'evitar que el líquid refrigerant passi al càrter. (Fig. 2.8).

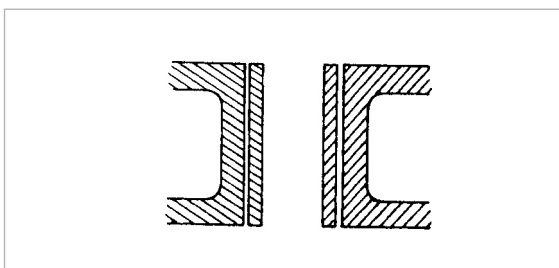


Fig. 2.7

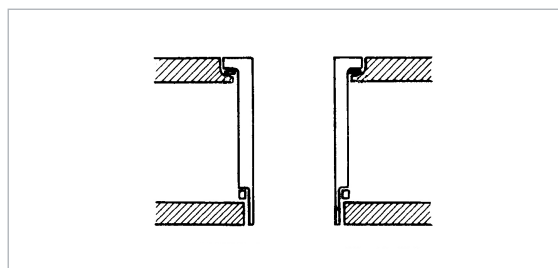


Fig. 2.8

Culata

Està fixada per cargols o espàrrecs sobre el pla superior del bloc i serveix de tapa estanca per als cilindres mitjançant la junta de culata. Allotja tota o part de la cambra de combustió, les vàlvules amb els mecanismes per accionar-les, elements d'encesa i injecció, col·lectors d'admissió i escapament, etc. A la culata, també s'hi mecanitzen les cambres del líquid refrigerant. (Fig. 2.9).

Es fabriquen generalment d'aliatge d'alumini, material amb un baix pes específic i una bona conductivitat tèrmica, que permet evacuar ràpidament la calor. Les culates per a motors de 2 temps (motocicletes de petita cilindrada) són més senzilles, ja que no porten vàlvules, i moltes són refrigerades per aire. (Fig. 2.10).

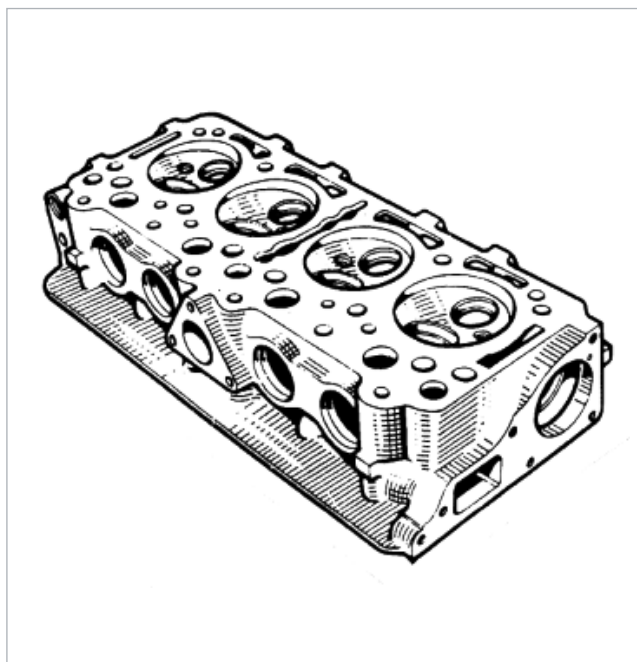


Fig. 2.9

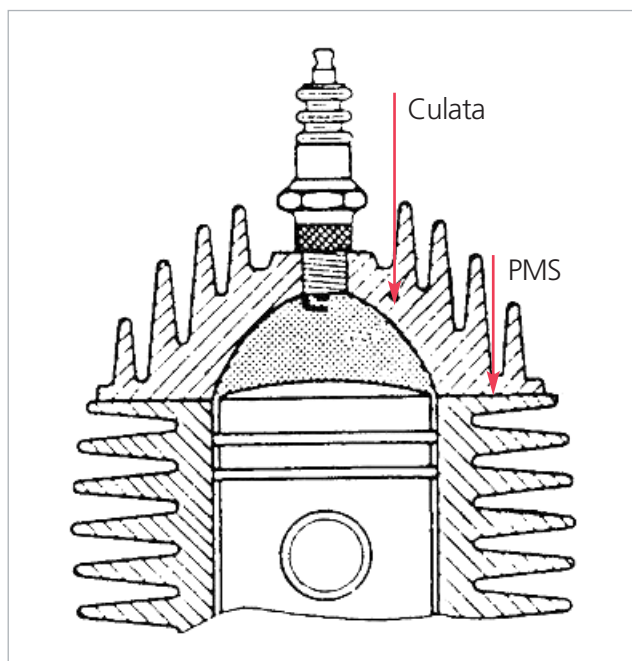


Fig. 2.10

Càrter

És el recipient que conté l'oli de lubricació del motor (Fig.2.11). Va muntat a la part inferior del bloc mitjançant cargols i amb la interposició d'una junta per facilitar l'estanquitat. Normalment és de xapa d'acer, encara que també es pot fabricar d'aliatge d'alumini, atesa la bona conductivitat tèrmica d'aquest metall i la reducció del nivell sonor del motor. En el seu interior hi ha envans per tal de frenar el moviment de l'oli durant el desplaçament del vehicle. S'hi afegeix, a la part inferior, un tap roscat per buidar l'oli.

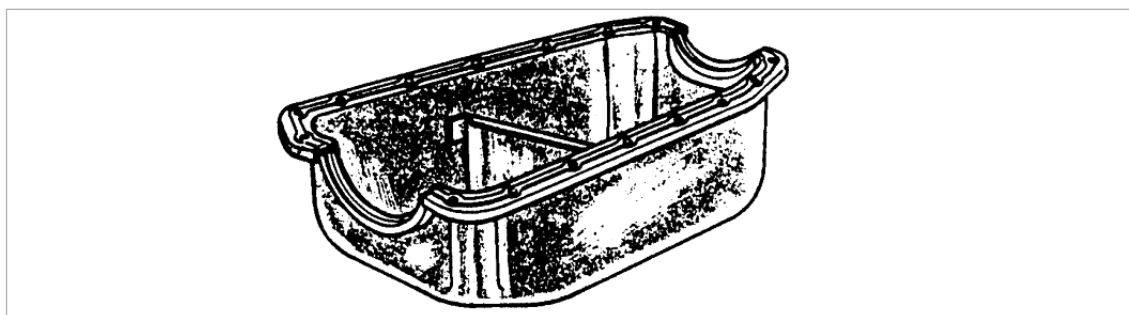


Fig. 2.11

2.2.2. Elements Mòbils

Pistó

És l'element mòbil (fig. 2.12) que es desplaça per l'interior del cilindre, amb un moviment rectilini alternatiu. Consta de dues parts: el cap i la falda. El cap rep la pressió originada per l'explosió i treballa a temperatures molt altes (de 300 °C a 400 °C). Té unes ranures on s'allotgen els segments que asseguren l'estanquitat. Normalment es fabrica d'alumini amb aliatges de coure, silici i níquel per endurir-lo.

El **boló**, fabricat d'acer cimentat, uneix el pistó amb el peu de la biela, i permet l'oscil·lació dels dos elements.

Segments

Són uns anells elàstics, amb les funcions següents:

- Assegurar l'estanquitat i la lubricació del cilindre.
- Evacuar calor cap al cilindre.
- Evitar que passi oli a la cambra de combustió.

Poden ser de compressió i d'untatge.

Segments de compressió: Anomenats "de foc" i "d'estanquitat".

Segment de foc

Muntat a la part més alta del cap del pistó. Està sotmès a altes pressions i temperatures. Per tal d'augmentar-ne la resistència, habitualment està recobert de crom. (Fig. 2.14).

Segment d'estanquitat

Situat després del segment de foc i, habitualment, és cònic. Està sotmès a condicions menys severes que el segment de foc. (Fig. 2.15).

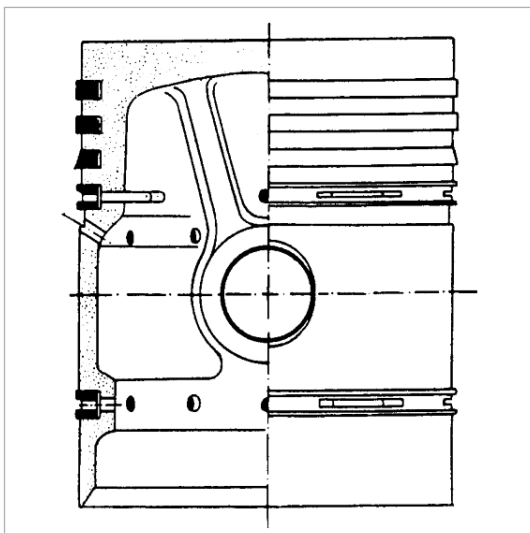


Fig. 2.12

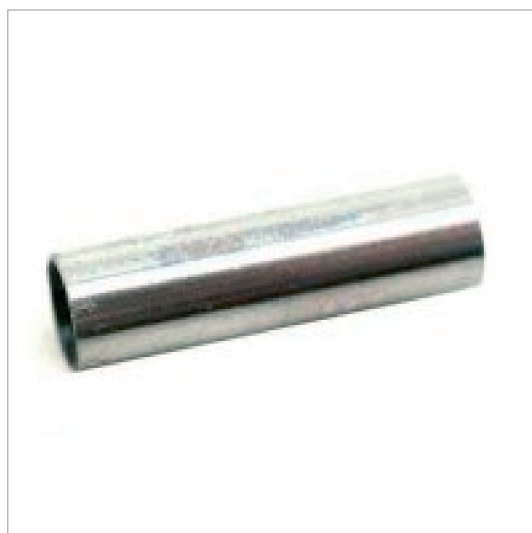


Fig. 2.13

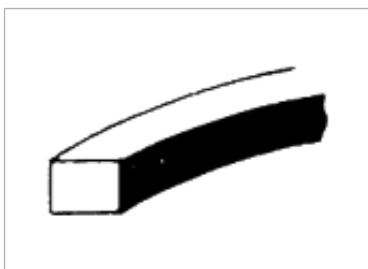


Fig. 2.14



Fig. 2.15

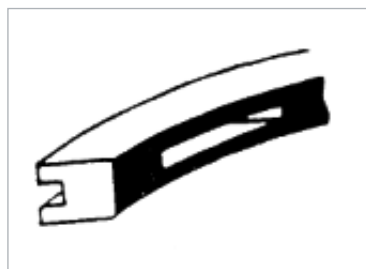


Fig. 2.16



Fig. 2.16

Segment d'untatge: Es situa després del segment d'estanquitat i té a la perifèria una seguit de ranures que permeten d'anar recollint l'oli dipositat a les parets del cilindre durant els desplaçaments del pistó i enviar-lo a l'interior del pistó per lubricar el buló. (Fig. 2.16). En motors amb pistons llargs (motors dièsel), s'acostuma a muntar un segment d'untatge a la falda del pistó; aquest segment serveix de guia i eviat el desgast excessiu de la falda del pistó per campaneig.

Biela

Transmet al cigonyal la força amb la qual l'explosió dels gasos empeny el pistó. Al mateix temps, forma part del conjunt que transforma el moviment lineal alternatiu en rotatiu. Es fabrica, generalment, d'aliatge d'acer al carboni amb crom, manganès o molibdè.

Consta de tres parts (fig. 2.17): cap, cos i peu. El **cap** va unit al cigonyal amb la interposició dels semicoixinets de biela; el **cos** té perfil de doble "T" o "H" i està sotmès a grans esforços de tracció, compressió i flexió, i el **peu** de biela, constitueix la unió amb el pistó a través del buló i amb la interposició d'un coixinet de bronze.

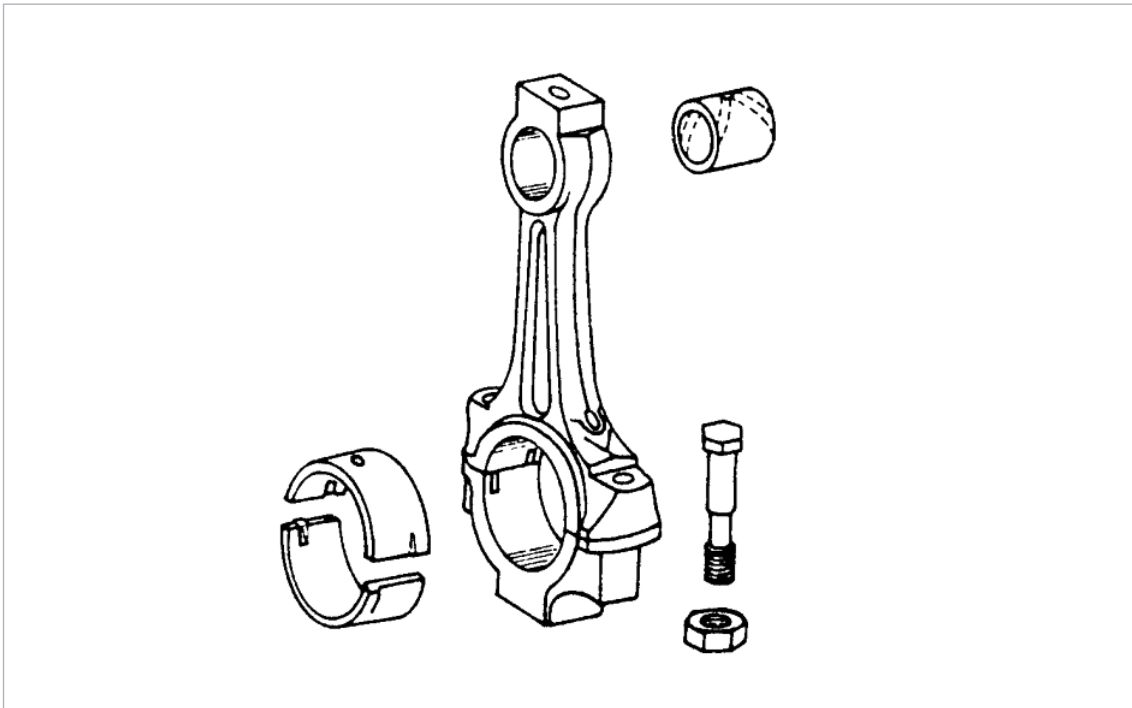


Fig. 2.17

Cigonyal

El cigonyal (fig. 2.18) gira a causa de les forces originades durant l'explosió i converteix, mitjançant la biela, el moviment lineal alternatiu del pistó en moviment rotatiu. Transmet el moviment i la força motriu als elements de transmissió que li són acoblats. Està sotmès a esforços de torsió i flexió, i té una estructura forta i molt resistent. Porta uns colzes anomenats monyons on es subjecten les bieles. A la prolongació de cada colze hi ha els contrapesos, que serveixen per equilibrar el cigonyal. En un extrem del cigonyal va muntat el pinyó de la distribució i, en l'altre, el volant d'inèrcia. Per evitar la sortida de lubricant a l'exterior del motor, en els dos extrems se situen uns retenidors.

També s'aprofita el gir del cigonyal per, mitjançant les politges de diversos elements (ventilador, bomba de la direcció assistida, compressor d'aire condicionat, alternador, depressor de buit per al sistema de frens, etc...) i una corretja que les uneix totes, es facilita el moviment d'aquests elements. Aquesta corretja, coneguda com a corretja de serveis, és important revisar-la periòdicament per tal d'evitar-ne el trencament sobtat.

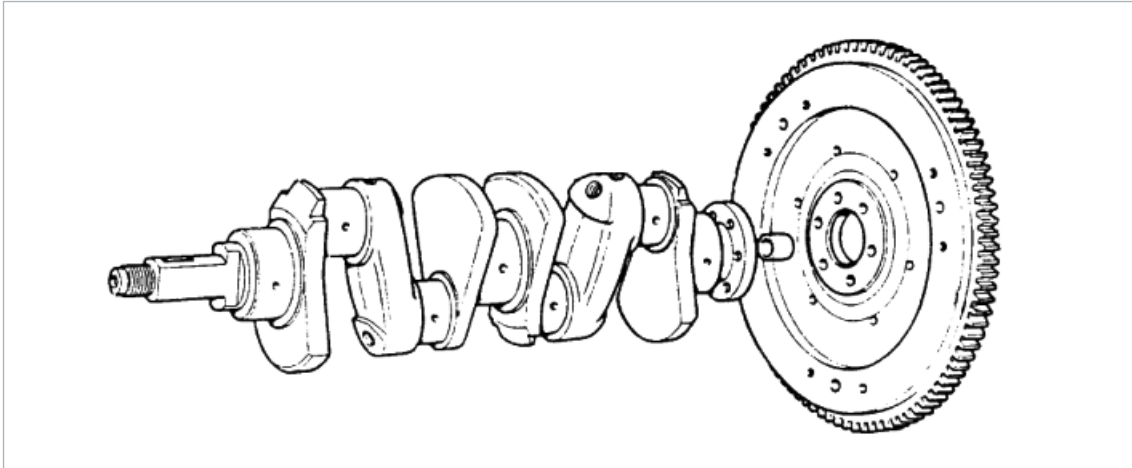


Fig. 2.18

Volant d'inèrcia

Té la funció d'emmagatzemar energia cinètica per tal de suavitzar i regularitzar el gir del motor (fig. 2.18). Aquesta energia l'acumula durant el temps motriu (explosió) i la cedeix durant els temps passius o resistents (admissió, compressió i escapament). Es fabrica de fosa grisa i a la perifèria porta, muntada a pressió, una corona dentada d'acer estampat i cimentat que és on s'acoba el motor elèctric d'engegada del vehicle. El seu pes i dimensions estan perfectament calculats per a cada tipus de motor.

En la majoria de vehicles, el volant d'inèrcia serveix com a suport del conjunt d'embragatge (premsa i disc), o bé del convertidor de parell en els vehicles automàtics.

2.3. Característiques d'un motor

2.3.1. Ordre d'encesa

És l'ordre en què en els motors tèrmics es produeix l'encesa de la barreja comprimida de manera que es reparteixin els esforços sobre el cigonyal i el moviment de gir sigui suau i regular sense vibracions. En els motors de 4 cilindres en línia (els més habituals) hi ha dues possibles ordres d'encesa : 1 2 4 3 i 1 3 4 2, sent l'última la més comunament utilitzada.

2.3.2. Diàmetre o calibre

És el diàmetre interior del cilindre (D a la fig. 2.19). S'expressa en mil·límetres.

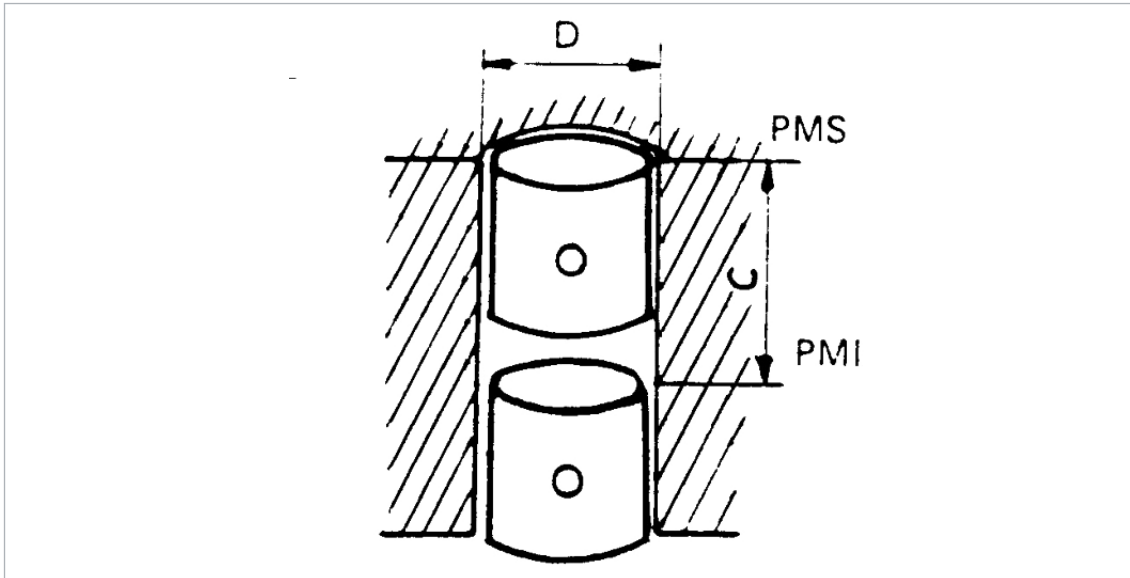


Fig. 2.19

2.3.3. Cursa

És l'espai que recorre el pistó (Fig. 2.19) des del punt mort superior (PMS) fins al punt mort inferior (PMI). S'expressa en mil·límetres.

2.3.4. Cilindrada unitària

És el volum que ocupa un cilindre entre el PMS i el PMI. S'expressa en centímetres cúbics (cm³).

$$Vu = \frac{\pi x D^2}{4} x C$$

2.3.5. Cilindrada total

És el volum que ocupen tots els cilindres del motor. S'expressa en cm³ i és una de les dades, juntament amb la potència, que més s'utilitzen per indicar les característiques d'un automòbil.

$$Ct = Vu x n$$

Sent n el número de cilindres.

2.3.6. Cambra de combustió

És l'espai que hi ha entre la culata i el cap del pistó (fig. 2.20), quan aquest es troba a la part més alta de la seva cursa (PMS). El seu volum s'expressa en cm³.

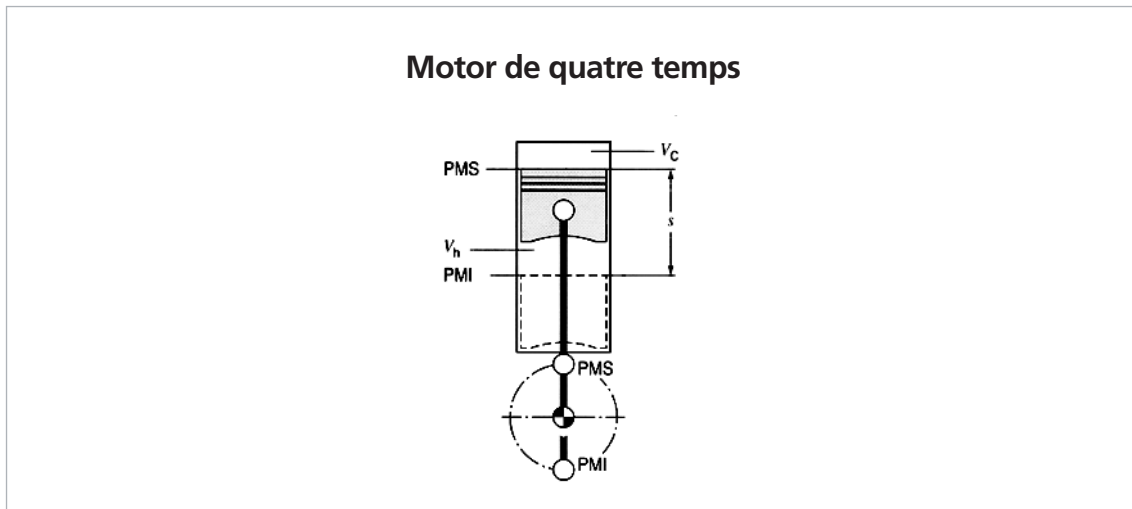


Fig. 2.20

2.3.7. Relació de compressió

És la proporció que hi ha entre el volum total que ocupa la mescla aspirada quan el pistó es troba al PMI i el volum que queda quan el pistó ha arribat al PMS i els gasos estan comprimits a la cambra de combustió:

$$Rc = \frac{Vu + vc}{vc}$$

- Per als de gasolina, la relació de compressió oscil·la entre valors que van de 8:1 a 12:1.
- Per als motors dièsel les relacions de compressió més normals oscil·len entre 13:1 i 23:1.

2.3.8. Potència

És el treball realitzat per unitat de temps. El seu valor depèn de: la cilindrada, l'ompliment dels cilindres, la relació de compressió i les revolucions. Es mesura en quilowatts (kW) o cavalls de vapor (CV o HP). La relació entre ells és: **1 kW = 1,36 CV**.

2.3.9. Parell motor

És l'esforç de gir del motor mesurat en el cigonyal, és a dir, la força amb què és capaç de moure el vehicle. El màxim valor del parell motor normalment coincideix amb el mínim consum de combustible.

2.3.10. Relació entre potència i parell motor

La potència també s'expressa com el producte del parell motor per la velocitat de rotació, definida en rpm. Per tant, potència i parell motor tenen valors màxims a règims de rotació diferents. (Fig. 2.21).

2.3.11. Camp d'elasticitat

El camp d'elasticitat d'un motor està definit com la zona compresa entre el nombre de rpm en què el motor obté el màxim parell motor i les rpm en què es genera la màxima potència. Per tant, un motor serà tant més elàstic com més ampli sigui aquest camp i més desplaçat estigui cap a la zona de baixes i mitges revolucions.

2.3.12 Consum específic

Relaciona la massa de combustible consumida per cada cavall de potència desenvolupat. S'expressa en g/kW.h (grams/quilowatt-hora). No obstant això, els fabricants expressen les quantitats de carburant consumit en litres cada 100 km, per a unes velocitats i característiques de conducció determinades i en condicions òptimes de funcionament.

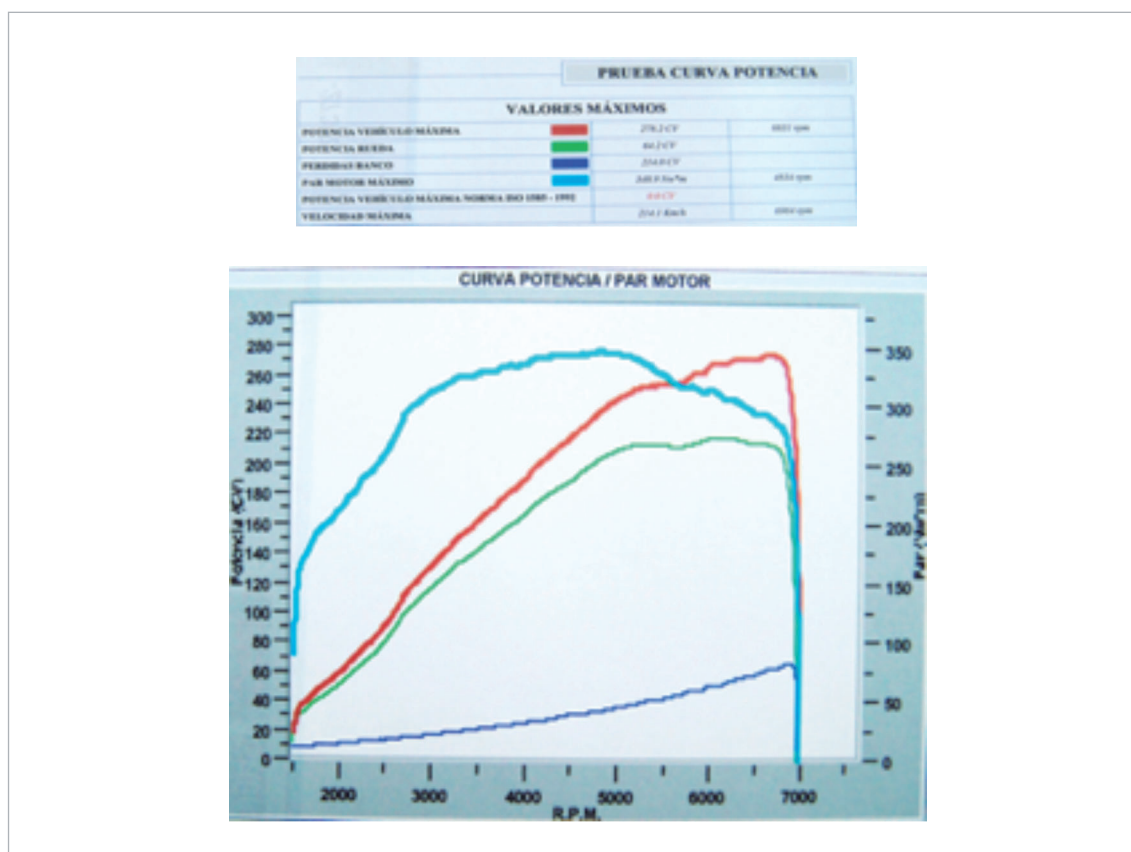


Fig. 2.21

2.3.13. Potència fiscal

Aquesta potència no té cap relació amb la potència efectiva que s'utilitza per moure un vehicle. La potència fiscal és la que defineix la tributació a l'Estat dels vehicles i automòbils. Es determina mitjançant una fórmula que, en el cas d'Espanya, és la següent:

$$CV \text{ fiscals} = 0,08 (0,78 D^2 \cdot C)^{0,6} \cdot N$$

D = diàmetre dels cilindres.

C = cursa del pistó.

N = nombre de cilindres.

Una mateixa cilindrada es pot obtenir amb un diàmetre de cilindre més petit i una cursa més llarga o a l'inrevés, amb un diàmetre de cilindres més gran i una cursa més petita.

De la fórmula es desprèn que, en motors amb una mateixa cilindrada, tindrà més CV fiscals i, per tant, haurà de pagar més impostos aquell que tingui el diàmetre de cilindres més gran, al estar aquest factor elevat al quadrat. Això normalment coincideix amb motors que s'anomenen súper quadrats i que equipen motors més ràpids.

Unitat 3

Motors Otto i dièsel

3.1. El motor Otto de quatre temps

Excepte en els motors d'injecció directa, al motor Otto es forma la barreja d'aire i gasolina en el conducte d'admissió, i és aspirada pel pistó a l'interior del cilindre durant el procés d'admissió, per ser posteriorment comprimida en la cambra de combustió. Un sistema d'encesa extern i en el moment idoni inflama la mescla mitjançant la bugia. La calor alliberada per la combustió augmenta la pressió al cilindre, empeny el pistó cap avall i entrega l'esforç al cigonyal. Després de cada combustió, els gasos cremats són expulsats del cilindre i s'aspira la barreja fresca d'aire i combustible corresponent al cicle següent.

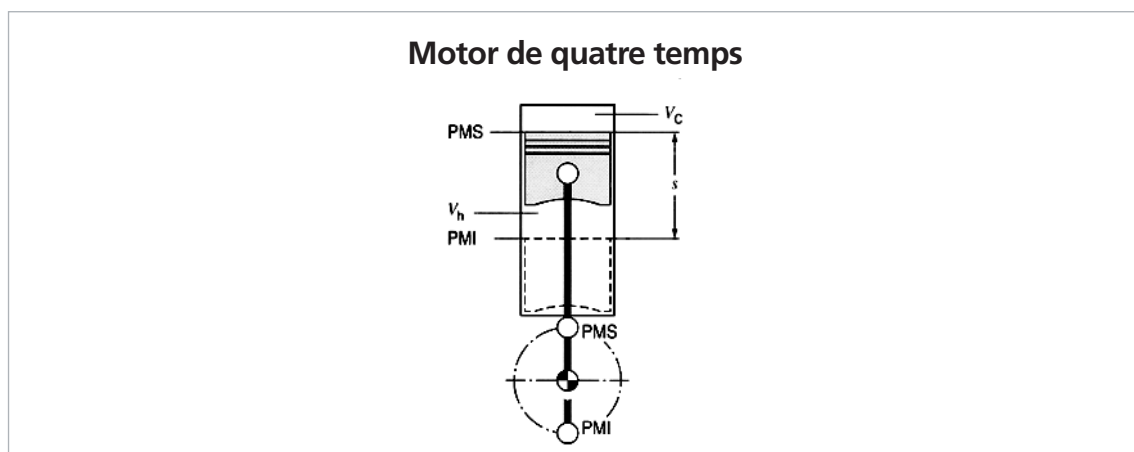


Fig. 3.1

3.1.1. Cicle de treball

En aquest tipus de motor, cada cicle de treball es realitza en **quatre curses del pistó**, durant les quals el cigonyal dona dues voltes completes. En cada una de les curses es porta a terme un temps diferent.

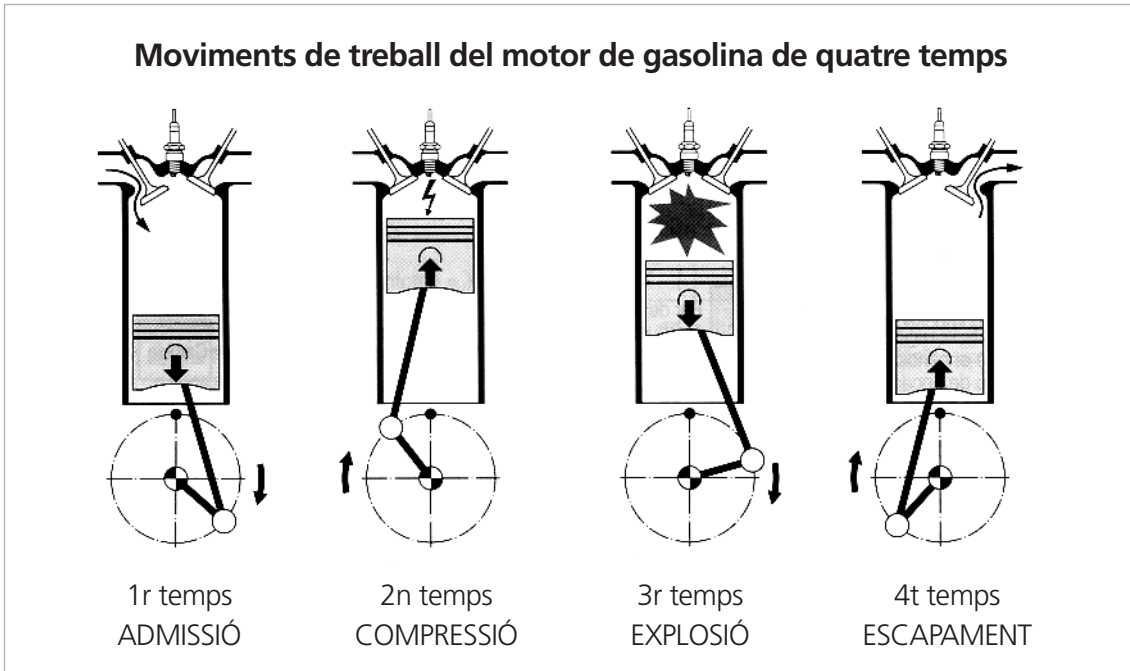


Fig. 3.2

Admissió

El pistó es desplaça del PMS al PMI provocant un augment de volum i, per tant, una depressió (pressió inferior a l'atmosfèrica). Això provoca l'aspiració de la mescla (injecció indirecta) a través de la vàlvula d'admissió que, per tal d'aprofitar la inèrcia dels gasos i aconseguir un bon ompliment del cilindre, s'obre abans que el pistó arribi al PMS i es tanca amb retard respecte al PMI. La vàlvula d'escapament es manté tancada. El cigonyal ha girat 180°.

Compressió

En la seva carrera ascendent del PMI al PMS, el pistó redueix el volum del cilindre, provocant la compressió de la mescla d'aire i gasolina, pel fet que les dues vàlvules estan tancades. L'augment de la pressió eleva la temperatura de la mescla, fet que n'afavoreix l'homogeneïtzació. Una mica abans d'arribar al PMS, és a dir, amb un cert avanç variable en funció de les rpm i la càrrega, salta la guspira entre els elèctrodes de la bugia i inflama la mescla comprimida, iniciant-se així la combustió. El cigonyal ha girat 360°.

Aquest avançament variable de la guspira el controla la centraleta d'encesa, que segons la informació dels paràmetres que li entren dona com a resposta el punt òptim d'encesa.

La **detonació** (picat) estableix el límit del grau de compressió. La detonació és una combustió incontrolada de la mescla que provoca un augment de pressió excessiu massa aviat durant la carrera ascendent del pistó, cosa que pot provocar danys molt importants al motor. Per tal d'e-

uitar que la detonació es produeixi, els motors porten un sensor de picat que informa d'aquesta situació a la centralita perquè aquesta corregeixi el punt d'encesa.

La investigació de combustibles (antidetnants) i la geometria de la cambra de combustió poden desplaçar el límit de detonació i així aconseguir valors de compressió més elevats.

Explosió-expansió

Quan la guspira elèctrica de la bugia ha inflammat la mescla d'aire i gasolina comprimida, augmenta la temperatura a causa de la combustió. Això provoca un augment de la pressió que empeny el pistó cap al PMI.

D'aquesta manera, el pistó transmet la força al cigonyal mitjançant la biela, i representa la potència disponible del motor. Les dues vàlvules continuen tancades. El cigonyal ha girat 540° .

Escapament

La vàlvula d'escapament s'obre durant la carrera d'expansió, quan encara hi ha pressió dins el cilindre; aquesta pressió fa que els gasos cremats surtin a gran velocitat pel conducte d'escapament.

L'ascens del pistó del PMI al PMS expulsa la resta de gasos. La vàlvula d'escapament es tanca després del PMS, afavorint d'aquesta manera l'evacuació de gasos cremats en aprofitar la seva inèrcia. El cigonyal ha girat 720° . A partir d'aquí, comença de nou l'admissió, i el cicle es repeteix de nou.

3.1.2. Diagrama de la distribució

El moment d'obertura i tancament de les vàlvules es relaciona amb la posició angular del cigonyal. D'aquesta manera, el diagrama de la distribució és la representació gràfica del moment d'obertura de les vàlvules, definit en graus de gir del cigonyal.

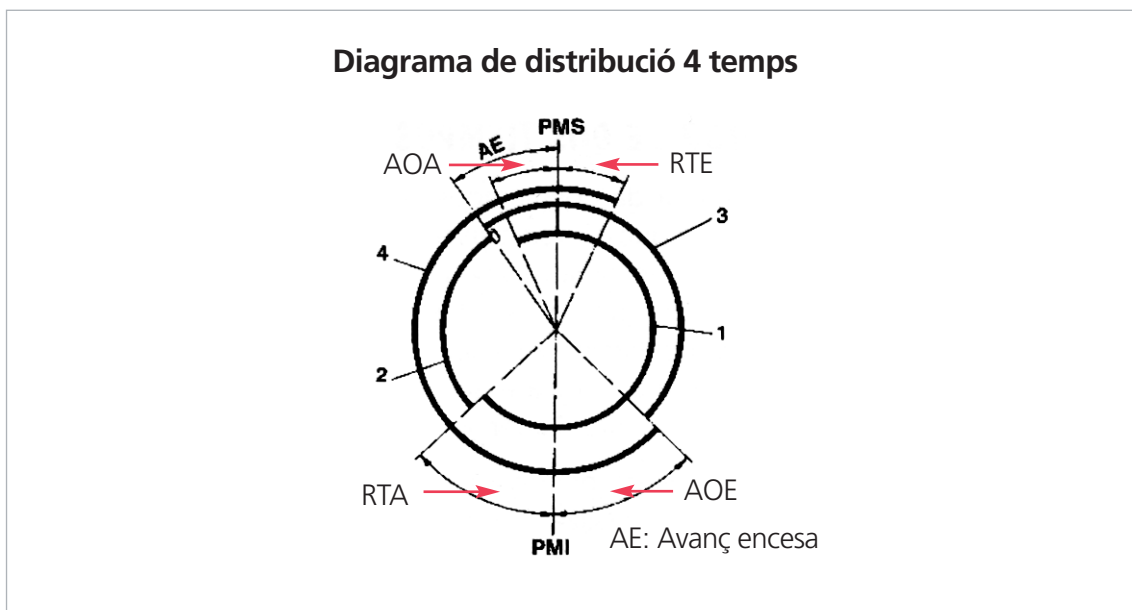


Fig. 3.3

AOA (avançament obertura admissió):

S'obre la vàlvula abans del PMS, dins del temps d'escapament anterior. La major durada del temps millora l'ompliment del cilindre.

RTA (retard tancament admissió):

Es tanca la vàlvula més tard que el PMI dins el temps de compressió i s'augmenta el temps total d'admissió.

AOE (avançament obertura escapament):

S'obre la vàlvula abans del PMI i s'equilibren les pressions interna i externa, de manera que l'evacuació dels gasos millora.

RTE (retard tancament escapament):

Es tanca la vàlvula més tard que el PMS, dins el temps d'admissió posterior. Això proporciona temps per eliminar més gasos d'escapament i arrossegar gasos d'admissió, per la qual cosa augmenta l'ompliment del cilindre.

Quant a la modificació del moment d'encesa, la guspira elèctrica s'avança respecte del PMS, de manera que la combustió es completi tan a prop com sigui possible del PMS i s'aconsegueixi una pressió més alta i, consegüentment, un major rendiment. Aquest avançament s'anomena avançament d'encesa (AE).

3.1.3. Encreuament de vàlvules

S'anomena així el moment en què estan obertes simultàniament les vàlvules d'admissió i les d'escapament d'un mateix cilindre. Aquest solapament beneficia de forma notable el rendiment del motor. Com a conseqüència d'això es produeix una combustió major i s'obté més potència. (Fig. 3.4)

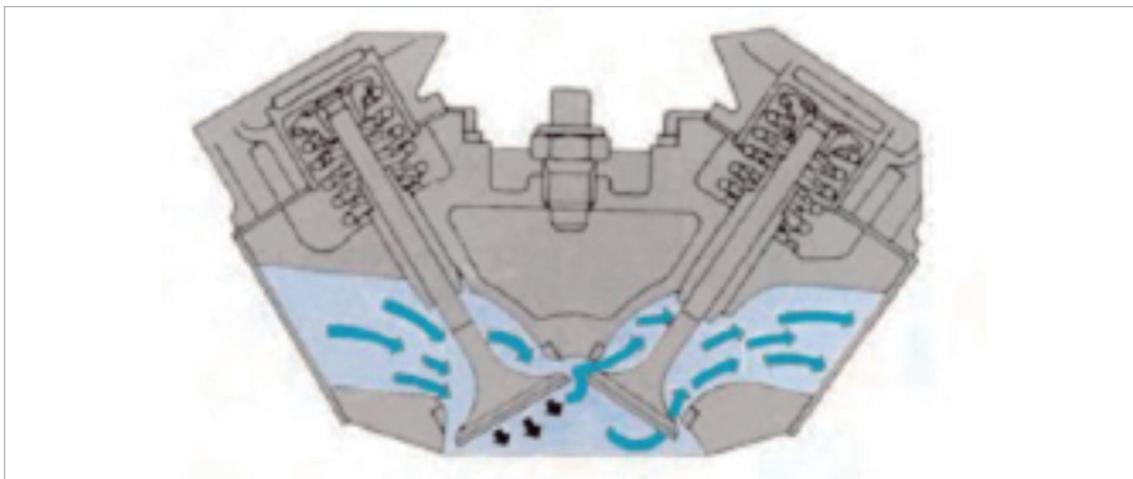


Fig. 3.4

3.2. El motor dièsel de quatre temps

En aquest tipus de motor la barreja es porta a terme a l'interior del cilindre i la combustió s'inicia per autoencesesa.

Es necessiten dues voltes de cigonyal per tal de realitzar els quatre temps del cicle de funcionament:

- Admissió només d'aire
- Compensió
- Injecció, combustió i expansió
- Escapament dels gasos cremats

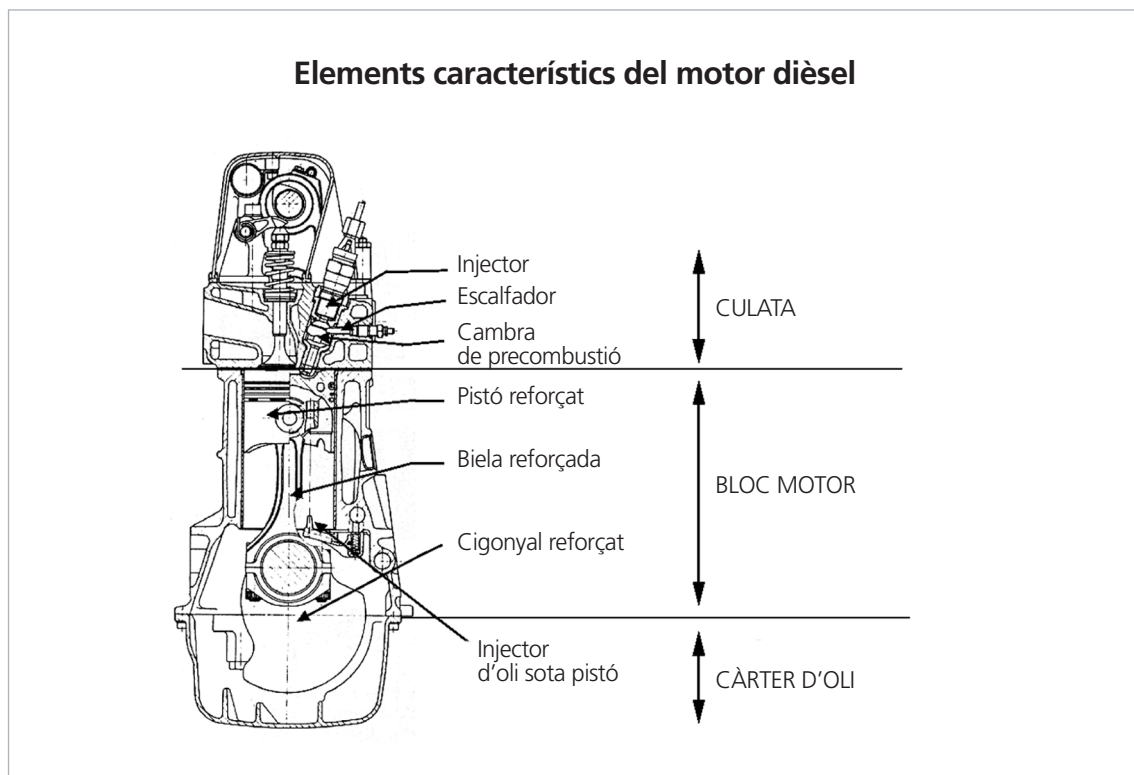


Fig. 3.5

El diagrama de distribució és molt similar al del motor de gasolina, tot i que normalment el motor dièsel té un angle de solapament o encreuament de vàlvules més gran, perquè només aspira aire i, per tant, no hi ha perill que marxi barreja per la vàlvula d'escapament.

3.2.1. Comparativa entre el motor Otto i el dièsel

	MOTOR GASOLINA	MOTOR DIÈSEL
Admissió	Aspira la mescla d'aire i gasolina (injecció indirecta). Aspira només aire (injecció directa).	Aspira només aire.
Compressió	Comprimeix la mescla en una relació entre 8/1 i 11/1. (injecció indirecta i injecció directa en forma homogènia). Comprimeix només aire (injecció directa en forma estratificada).	Comprimeix només aire a una relació entre 13/1 i 23/1.
Combustió	La mescla explota a causa de la guspira de la bugia.	Combustiona l'aire i el gasoil a mesura que s'injecta el combustible, mentre l'aire és a més de 600 °C.
Escapament	Evacuació de gasos cremats.	Evacuació de gasos cremats.
Combustible	Gasolina, Gas natural (GNC-GNL), GLP, etc.	Gasoil, fueloil, biodièsel, etc.
Lloc on es realitza la barreja	Col·lector d'admissió, prop de la vàlvula (injecció indirecta). Dins la cambra (injecció directa).	En la cambra de compressió.
Règim de gir màxim	De 5.500 rpm a 7.000 rpm.	Fins a 5.000 rpm en automoció i 2.000 rpm en motors estacionaris.
Regulació de la potència	Dosificació de la quantitat de mescla.	Dosificació de la quantitat de combustible.

Hi ha fabricants avui dia que, en vehicles híbrids, opten per un motor de combustió amb cicle de funcionament Atkinson.

Aquest tipus de motor és una derivació del motor amb cicle Otto, on l'única diferència es troba a la fase de compressió, ja que durant el temps que dura aquesta fase, en el cicle Atkinson, la vàlvula d'admissió es manté oberta gairebé fins a la meitat de la cursa ascendent del pistó. Aquest fet fa que desenvolupi una potència més petita però obté una millor eficiència.

3.3. El motor Wankel

Format per un èmbol rotatiu de tres lòbuls unit a l'eix de sortida del motor que gira dins d'una cambra de forma corba semioval (epitrocoide) (fig.3.6).

Funciona seguint el cicle de quatre temps, produint-se tres explosions per volta, és a dir, una cada 120°.

L'ús d'aquest tipus de motor actualment es redueix exclusivament a Mazda.

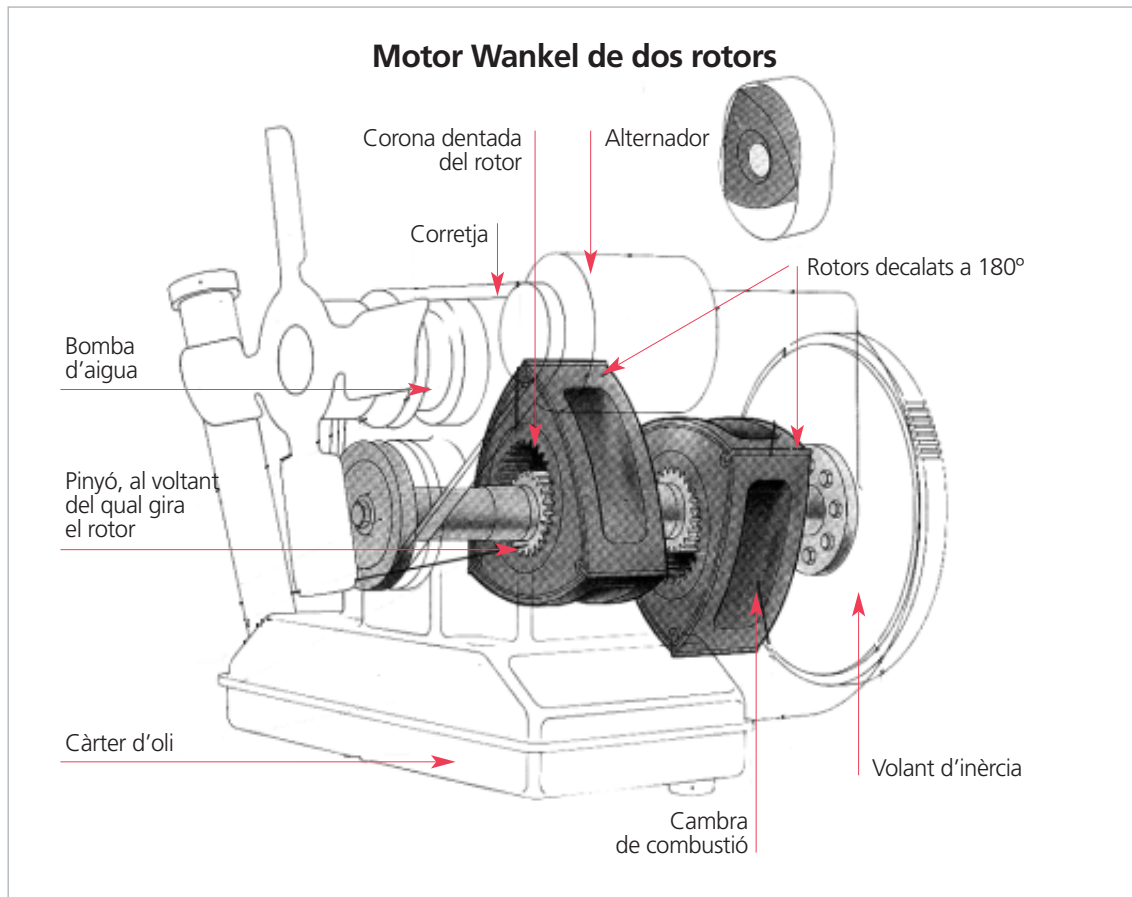


Fig. 3.6

3.3.1. Funcionament del motor Wankel

A tots tres cantons del rotor es produeixen els quatre temps, cosa que equival a un motor de tres cilindres. La relació de transmissió entre el rotor i el pinyó central és d'1 a 3, això vol dir que per cada gir complet del rotor es produeixen tres girs a l'eix de l'engranatge central. El rotor gira excèntricament dins de la corba amb forma de vuit eixamplat, de manera que els tres vèrtexs estan en contacte continu amb la superfície interior.

Mentre una cara du a terme l'admissió, la següent, amb el sentit de gir, fa el temps de compressió i l'altre ja fa l'escapament. A la figura 3.7 veiem els temps d'admissió gairebé acabant i el de compressió iniciant-se.

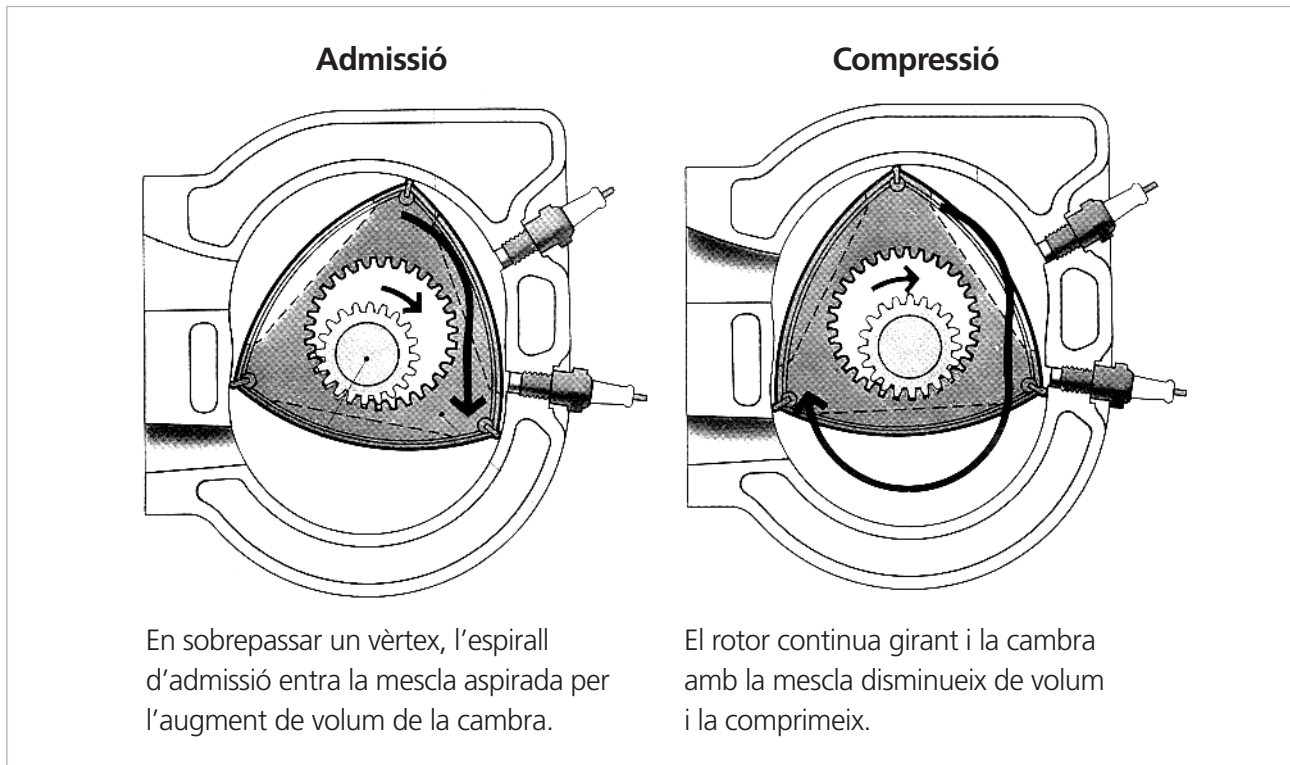


Fig. 3.7

Quan la cambra de combustió arriba al volum mínim (màxima compressió), salta la guspira elèctrica i es produeix el temps de treball que empeny el rotor. El cantó següent del rotor és a mig escapament i l'altre està acabant l'admissió. Al terç de gir següent es produeix l'escapament i ja és a punt d'iniciar-se un nou cicle a la mateixa cambra (fig.3.8).

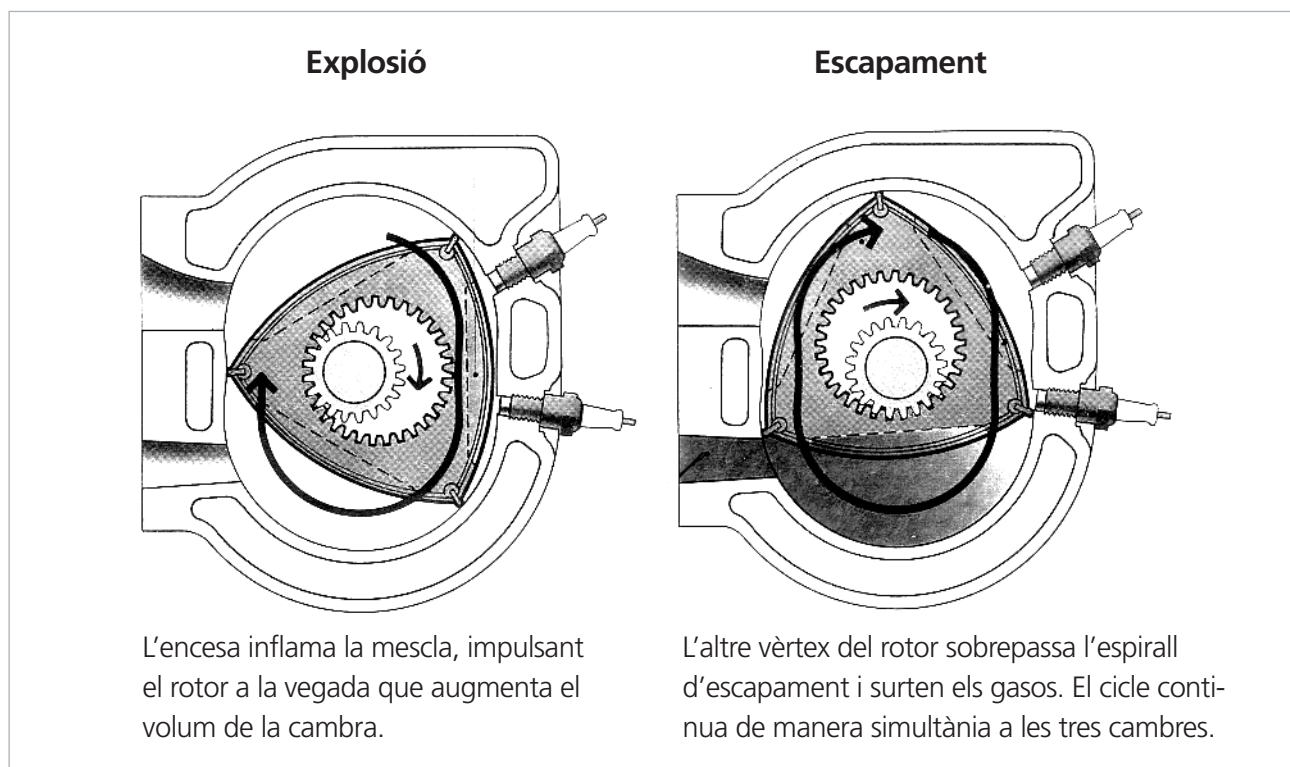


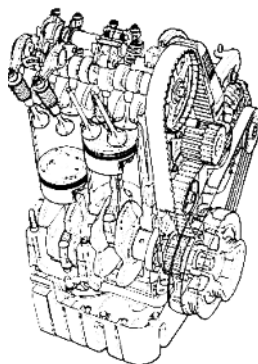
Fig. 3.8

Unitat 4

El sistema de distribució

4.1. Definició de sistema de distribució

Definim **sistema de distribució** com “el conjunt d'òrgans mecànics que regulen l'entrada i la sortida de gasos del cilindre” perfectament sincronitzats amb el moviment del tren alternatiu (pistó, biela i cigonyal), d'acord amb el diagrama de distribució del motor.



Transmissió per corretja dentada

Fig. 4.1

4.2. Elements de la distribució

El sistema de distribució està format per les vàlvules i tots aquells elements que permeten accionar-lo. Hi ha diferents configuracions de la distribució però, en general, hi són presents els elements següents:

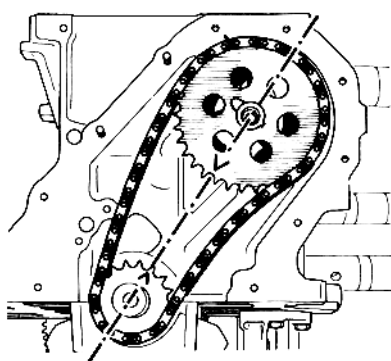
- Arbre de lleves i mecanismes d'accionament: rodes dentades, cadenes, corretges i tensors.
- Vàlvules d'admissió i escapament i els elements per fixar-les.
- En alguns casos balancins i eix de balancins.
- Taquets mecànics o hidràulics dotats de mecanismes de regulació del joc.

4.2.1. Comandament de la distribució

La transmissió de gir des del cigonyal a l'arbre de lleves s'ha de fer sempre amb una relació de transmissió de 2 a 1. Això vol dir que el pinyó de l'arbre de lleves tindrà sempre el doble de dents que el del cigonyal.

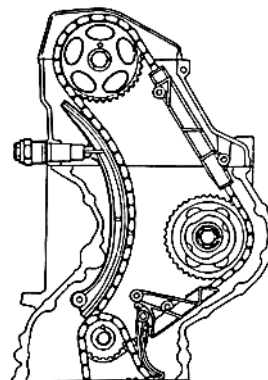
L'accionament de la distribució es pot fer mitjançant un dels sistemes següents:

- **Comandament per cadena:** La transmissió es fa mitjançant una cadena de rodets, que pot ser simple, doble o triple. Aquest sistema ha de treballar amb bany d'oli i va dotat d'un tensor de la cadena per mantenir invariable el diagrama de distribució. (Fig.4.2 i fig. 4.3).
- **Comandament per corretja dentada:** És el sistema més utilitzat actualment. La corretja duu un dentat igual que el dels pinyons, als quals dona moviment. No necessita lubrificació i, per això, s'hi ha d'accedir fàcilment, ja que s'ha de canviar periòdicament amb risc de trencar-se i provocar danys greus en el motor. La corretja va dotada d'un tensor que li garanteix un tensat perfecte. (Fig. 4.4).



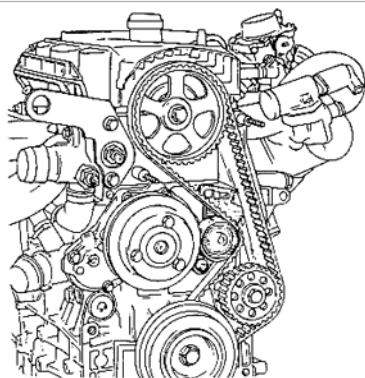
Transmissió per cadena

Fig. 4.2



Transmissió per cadena

Fig. 4.3



Transmissió per corretja dentada

Fig. 4.4

4.2.2. Arbre de lleves

Rep el moviment del cigonyal i gira sempre a la meitat de revolucions que aquest.

Consta de tantes lleves com vàlvules tingui el motor, disposades de manera que obrin les vàlvules en funció del diagrama de distribució (Fig. 4.5). Va dotat de monyons de suport sobre els quals gira. El perfil de les lleves determina l'alçada i la velocitat d'obertura i de tancament de les vàlvules. (Fig. 4.6).

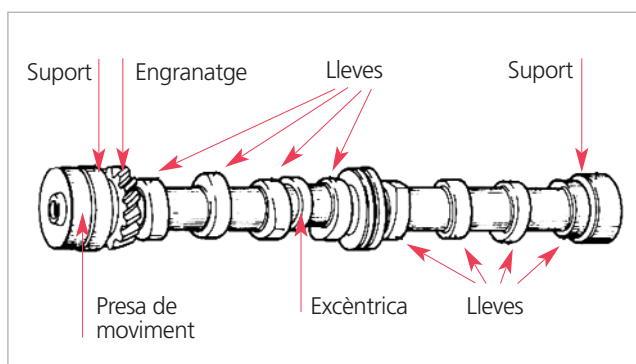


Fig. 4.5

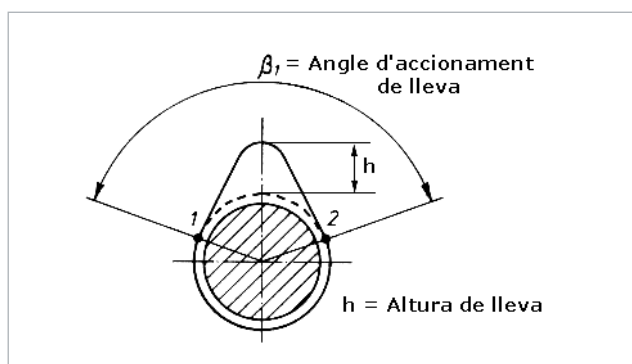


Fig. 4.6

4.2.3. Vàlvules (fig. 4.7)

Són els elements que obren i tanquen hermèticament els conductes d'admissió i escapament en els temps corresponents.

Les vàlvules estan constituïdes per un cap i una tija.

La tija o cua de la vàlvula es desplaça dins la guia, amb un moviment lineal-alternatiu, obrint-se cap a l'interior del cilindre. A l'extrem superior de la tija, s'hi fa una o més mosses per allotjar les peces d'ancoratge de la molla, formades habitualment per semicons i una cassoleta de retenció. La guia incorpora en la part superior un retenidor d'oli per evitar-ne la penetració als col·lectors i en conseqüència el consum d'oli.

Les vàlvules han de suportar temperatures i pressions extremes, entorn de 500 a 900 °C, per la qual cosa es fabriquen d'acers especials, amb aliatges de crom-níquel o crom-silici. La calor es dissipa bàsicament (aprox. un 70%) a través del contacte del seient de la vàlvula amb la culata.

Distribució multivàlvules

El sistema de distribució ha de permetre el millor intercanvi possible de gasos en qualsevol circumstància. La mida, desplaçament i nombre de vàlvules incideixen directament en aquest objectiu.

Efectivament, augmentant la secció de pas dels gasos, millora la càrrega del cilindre. Per aconseguir-ho, de les tres variables mencionades anteriorment, la solució més favorable consisteix a augmentar el nombre de vàlvules. D'aquesta manera, actualment és possible trobar-nos motors amb 2, 3, 4 o 5 vàlvules per cilindre (fig. 4.8), entre els quals el motor de 4 vàlvules per cilindre (dues d'admissió i dues d'escapament) és el més habitual.

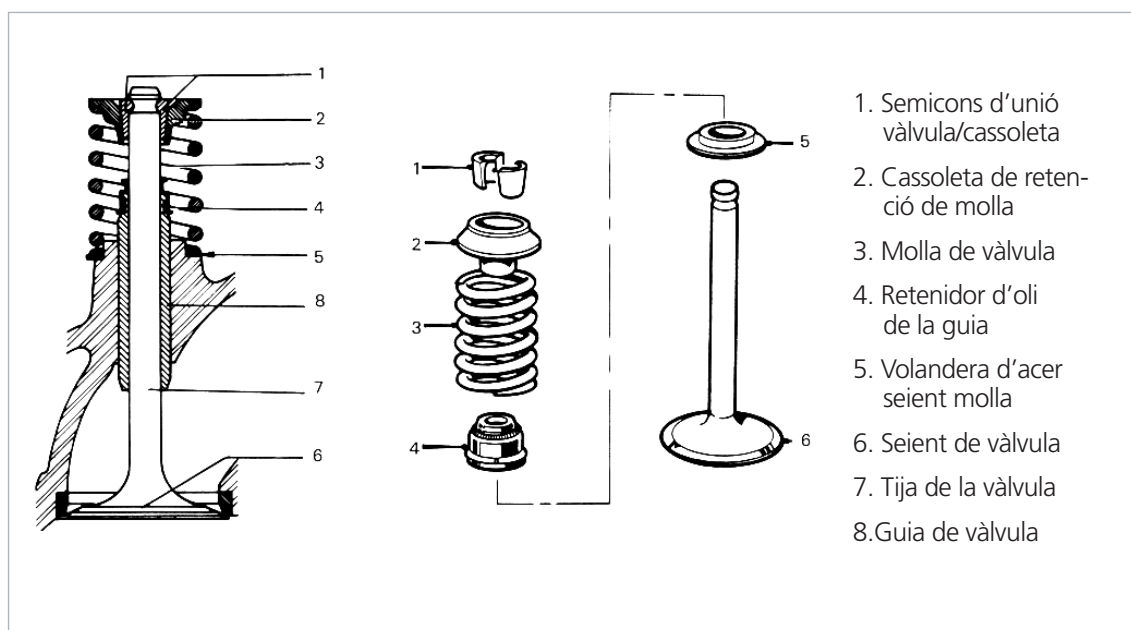


Fig. 4.7

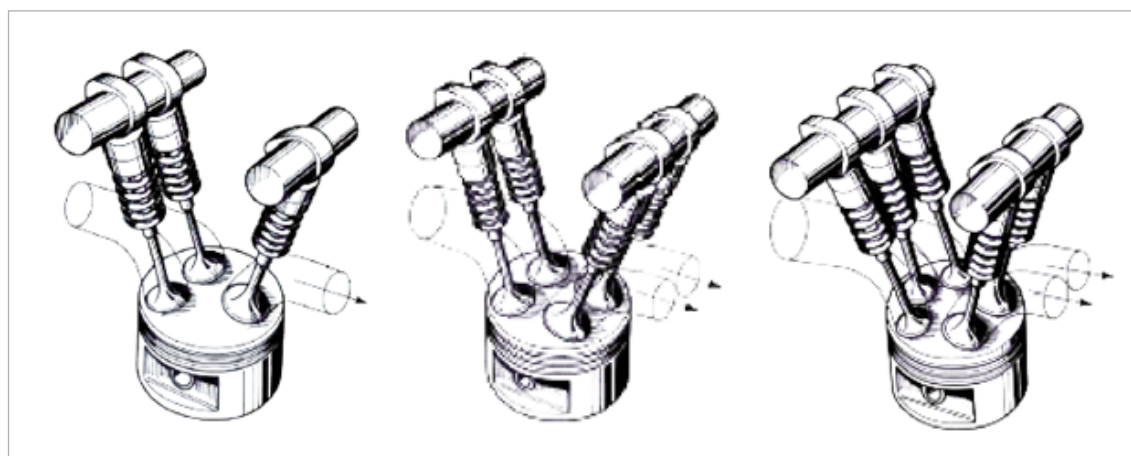


Fig. 4.8

4.2.4. Molles

Es munten amb una tensió prèvia, mantenint d'aquesta manera les vàlvules en repòs tancades contra el seu seient. Es fabriquen amb acer molt elàstic i resistent a la fatiga. Són, generalment, de tipus helicoide (fig. 4.9) i han de garantir una resposta elàstica ràpida a qualsevol règim, ja que si no tanquen amb prou rapidesa, la vàlvula pot quedar oberta (flotació). És habitual trobar conjunts de doble molla, una dins l'altra, per tal d'evitar l'efecte rebot degut a la velocitat de tancament.

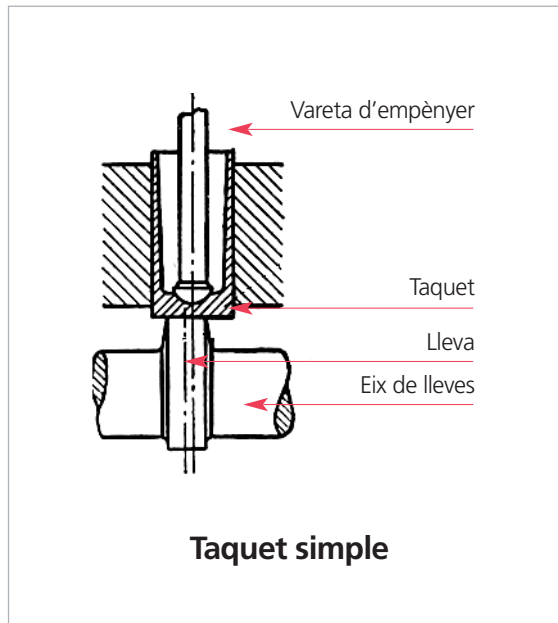


Fig. 4.9

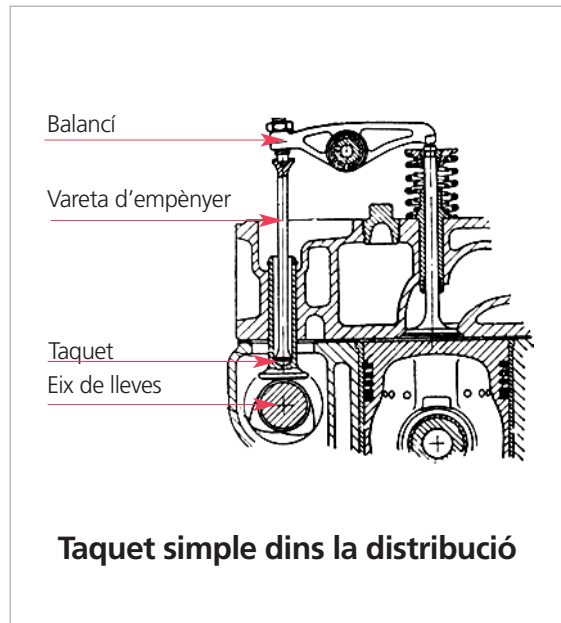


Fig. 4.10

4.2.5. Taquets

Els taquets són accionats directament per les lleves. La seva missió és augmentar la superfície de contacte entre les dues peces, de forma que es redueixi el desgast i es puguin repartir millor els esforços laterals. En la majoria dels motors de turismes, els taquets són hidràulics d'ajust automàtic mitjançant la pressió d'oli.

4.2.6. Balancins

Són palanques muntades en un eix sobre el qual pivoten i que reben el moviment de l'arbre de lleves i el transmeten per un extrem a la vàlvula. Incorpora el sistema de reglatge de vàlvules, generalment dotat de femella i contrafemella. (Fig.4.11).

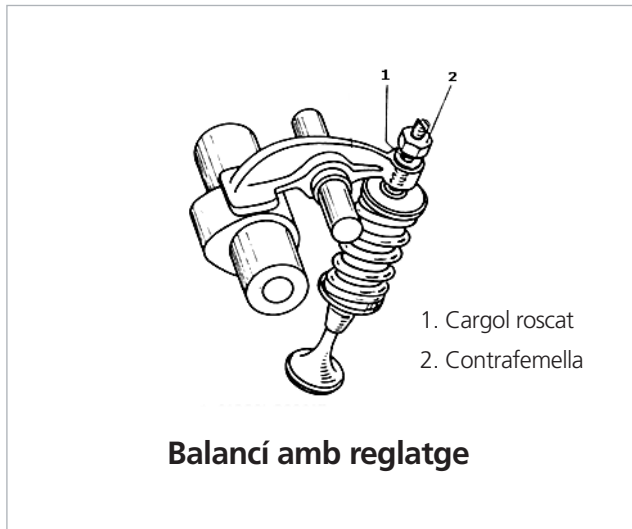


Fig. 4.11

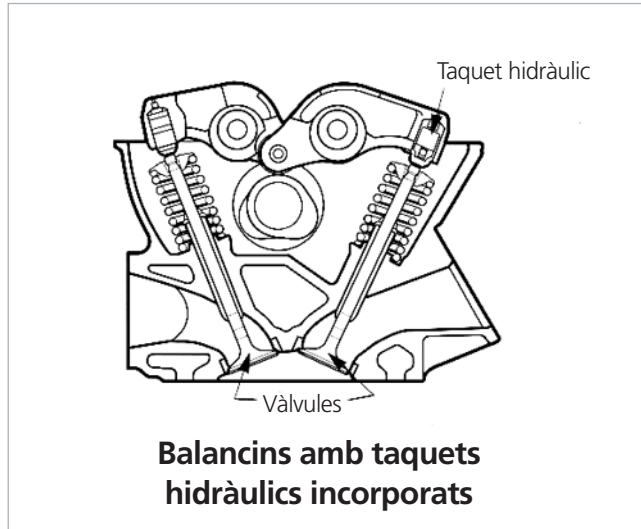


Fig. 4.12

4.3. Sistemes de distribució

Els sistemes de distribució dels motors es classifiquen en funció de la situació de l'arbre de lleves i n'hi ha dos grans grups: eix de lleves al bloc (OHV) i eix de lleves a la culata (OHC).

- **Arbre de lleves al bloc (OHV):** Era el sistema més emprat, perquè simplificava i abaratia la culata. El principal inconvenient és la quantitat d'elements en moviment (taquet, vareta d'empènyer, balancí), la qual cosa provoca excessives inèrcies a règims elevats. (Fig. 4.13). És per això que amb la demanda de més prestacions dels motors ha anat caient en desús.
- **Arbre de lleves a la culata (OHC):** En aquesta configuració, la proximitat de l'arbre de lleves amb les vàlvules simplifica els mecanismes d'accionament i redueix el nombre d'elements participants. El sistema pot anar dotat d'un sol arbre de lleves (**OHC**) (fig. 4.13) o de dos arbres de lleves (fig. 4.16), l'un per a l'admissió i l'altre per a l'escapament (**DOHC**). Les vàlvules són accionades directament a través d'un taquet o d'un balancí.

Hi ha una variant on les molles de la vàlvula s'han substituït per un altre balancí amb la lleva corresponent que s'encarrega de tancar la vàlvula. Aquest sistema s'anomena desmodròmic. (Fig. 4.15).

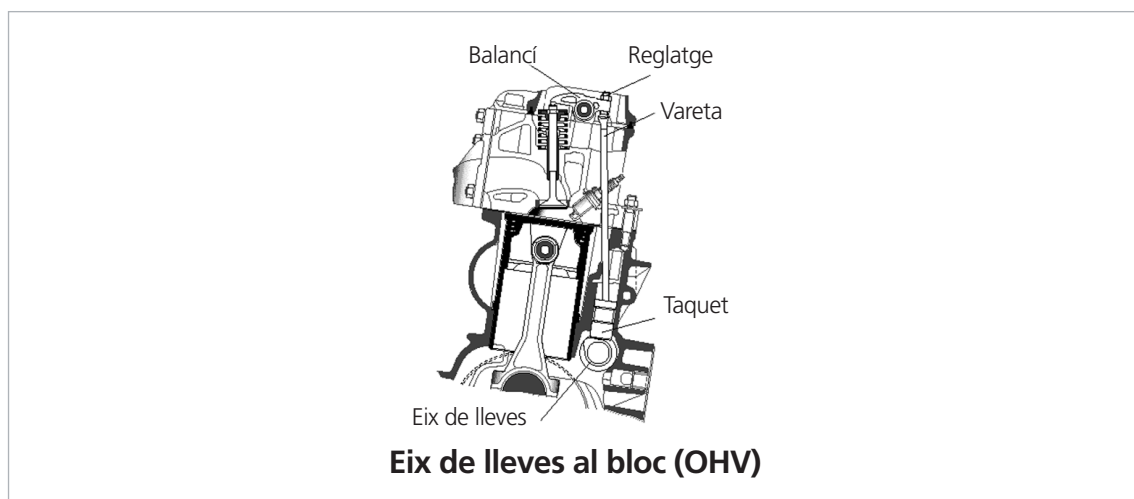


Fig. 4.13

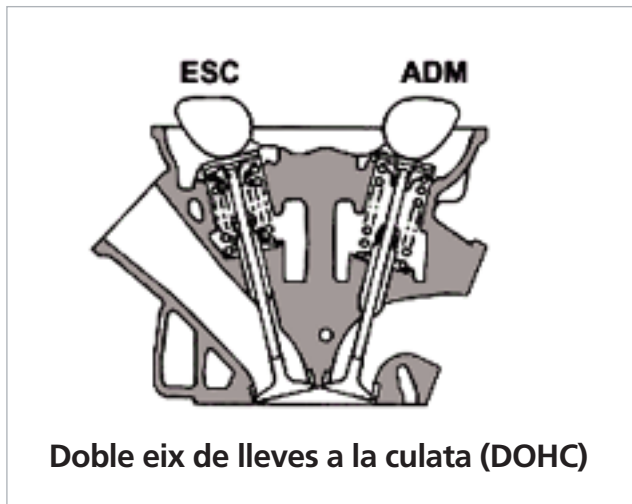


Fig. 4.14

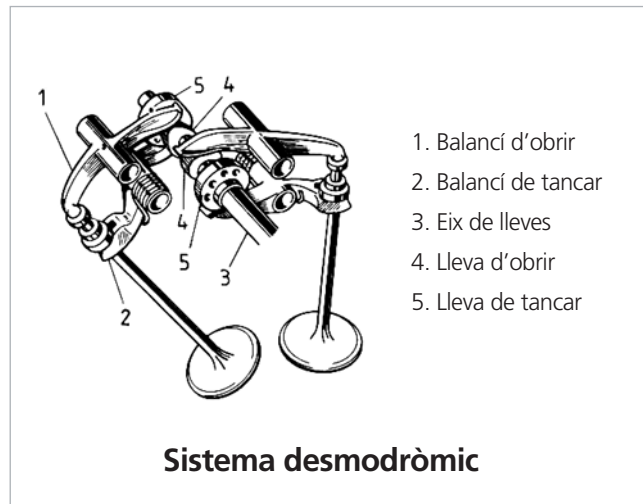


Fig. 4.15

4.4. Reglatges de la distribució

La temperatura de la cambra de combustió arriba a les vlvules i les escalfa aproximadament fins a 500 °C, en el cas de la vlvula d'admissió, i fins a 900 °C, la vlvula d'escapament. Aquesta temperatura produeix una dilatació longitudinal, sobretot a la vlvula d'escapament.

Per compensar aquest efecte i així evitar que les vlvules puguin en un moment determinat quedar obertes (flotació), es deixa un espai o joc entre l'extrem d'atac de la vlvula i el balancí o el taquet, segons quina sigui la construcció. Aquest joc s'anomena **reglatge de vlvules** (fig. 4.16 i 4.17) i normalment és més gran a la vlvula d'escapament perquè, tot i que suporta més temperatura, és més petita que la d'admissió. Quan la vlvula s'escalfa, i en conseqüència es dilata, la tija s'allarga i, per tant, el joc de vlvules desapareix.

Actualment s'utilitzen **taquets hidràulics**, que compensen automàticament les dilatacions de les tiges, de manera que es fa innecessari el manteniment. Així, el contacte del taquet amb la vlvula és permanent. (Fig. 4.18).

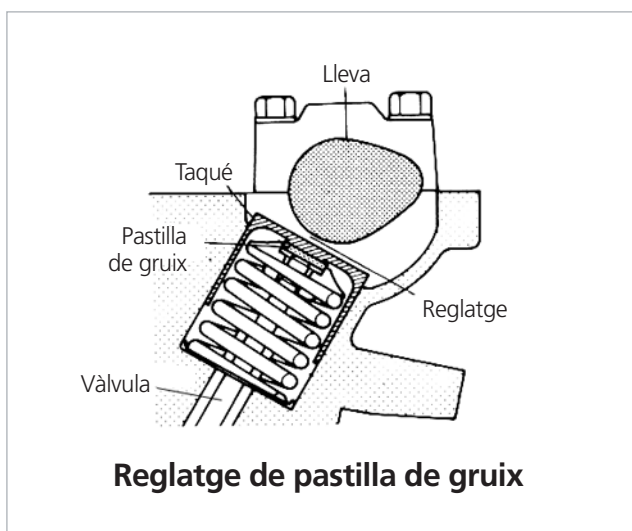


Fig. 4.16

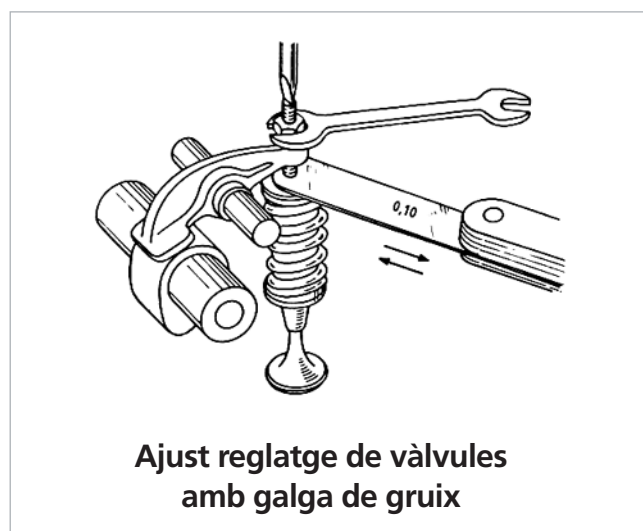


Fig. 4.17

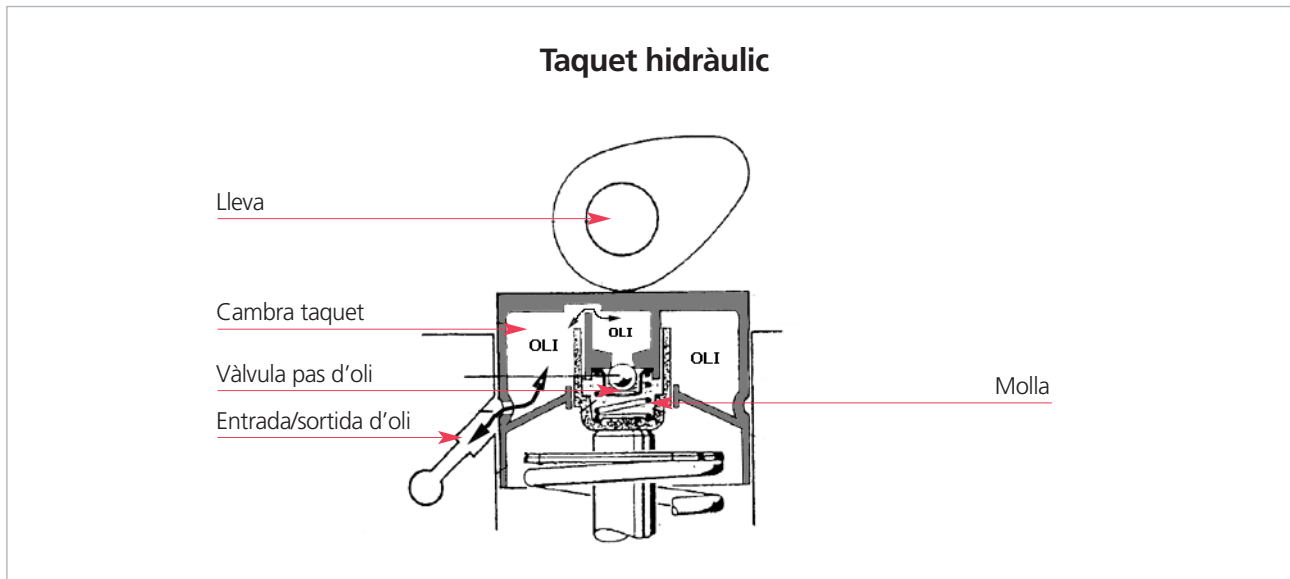


Fig. 4.18

4.5. Distribució variable

Per millorar l'ompliment dels cilindres i, per tant, les prestacions d'un motor, és necessari que les vàlvules obrin i tanquin en el moment adequat segons les revolucions de gir del motor. Atès que les revolucions del motor són en cada moment diferents segons la demanda, es fa necessari poder anar variant la sincronització de l'obertura i tancament de les vàlvules respecte de la posició del cigonyal. Aquesta facultat de poder variar la sincronització del moviment de les vàlvules i el cigonyal s'anomena distribució variable.

Els motors dotats de distribució variable són, per tant, més elàstics, ja que el fet de poder disposar de diferents diagrames de distribució permet obtenir millors prestacions en un marge més ampli de funcionament així com un nivell contaminant més baix.

Hi ha diferents configuracions de distribució variable: per tensor hidràulic de la cadena, per variador de fase hidràulica, per distribució variable, per control de l'elevació (Vtec), etc.

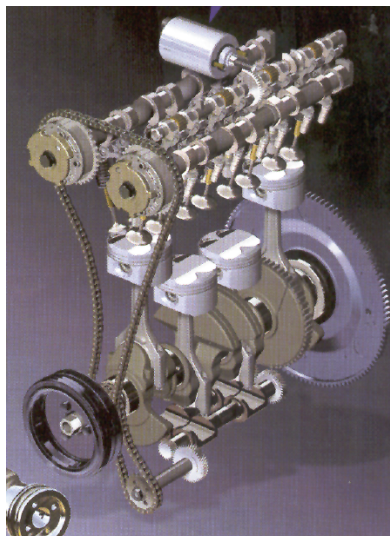


Fig. 4.19

Unitat 5

El sistema de lubricació

5.1. Missió de la lubricació

Durant el funcionament del motor es produeix un gran fregament entre diferents elements metàl·lics, alguns d'ells en moviment, la qual cosa provoca un desgast, escalfament i pèrdues de potència importants. Entre les superfícies que friccionen s'origina una força resistent que absorbeix una quantitat d'energia mecànica determinada que es transforma en calor i provoca dilatacions.

Quan l'excés de calor originat és elevat, les dilatacions produïdes durant el fregament poden arribar a provocar danys com el gripatge o la fosa de les superfícies que friccionen.

La missió principal de la lubricació és la de minimitzar el fregament de les peces en moviment i reduir-ne al màxim els efectes que genera, per això cal intercalar un fluid entre els components en moviment. Aquesta acció s'anomena lubricació i els fluids utilitzats (oli en els motors tèrmics) són els lubricants.

L'oli compleix també altres funcions, com ara:

- Refrigerar les parts lubricades i evacuar la calor generada pel fregament.
- Augmentar l'estanquitat dels acoblaments mecànics. La pel·lícula d'oli millora l'estanquitat del cilindre amb els segments.
- Esmorteir i suavitzar els esforços a què estan sotmesos els coixinets.
- Netejar i transportar les partícules procedents del desgast i de la combustió. Aquesta propietat s'anomena detergència.

- Neutralitzar els àcids produïts durant la combustió, en especial els dels motors dièsel, ja que es forma àcid sulfúric provinent del contingut de sofre del gasoil.
- Protegir el motor contra la corrosió i l'oxidació.

5.2. Oli del motor

En la composició dels olis hi ha dos components fonamentals: l'oli base (amb constituents aromàtics, naftènics i parafínics) i els additius. Els olis utilitzats per a la lubricació del motor poden ser: minerals, sintètics i semisintètics.

- **Olis minerals:** En els olis minerals, l'oli base està format per diferents hidrocarburs d'origen mineral els quals s'extreuen del petroli per destil·lació. Els additius són substàncies químiques que, afegides a la base, li confereixen diverses propietats, potenciant d'altra banda les que ja tenien. La qualitat de l'oli depèn tant de l'oli base com de l'estabilitat dels additius. En aquests casos, la qualitat de l'oli ve donada d'entrada, segons el lloc de procedència del petroli.
- **Olis sintètics:** Un lubricant sintètic consisteix en un oli base de naturalesa sintètica, al qual s'afegeixen una seguit d'additius per millorar-ne les propietats. Per tant, l'oli base no s'obté de la destil·lació del petroli, com en el cas dels olis minerals, sinó de reaccions químiques controlades.
- **Olis semisintètics:** A cavall entre els olis minerals i els sintètics, els olis semisintètics estan creats a partir d'olis base que resulten de barrejar components procedents del petroli amb productes de laboratori.

5.2.1. Viscositat

Es pot definir com la resistència d'un líquid a fluir. La viscositat de l'oli, però, no és constant sinó que varia -i molt- amb la temperatura. D'aquesta manera, l'oli presenta una viscositat alta amb baixes temperatures i es torna fluid quan s'escalfa.

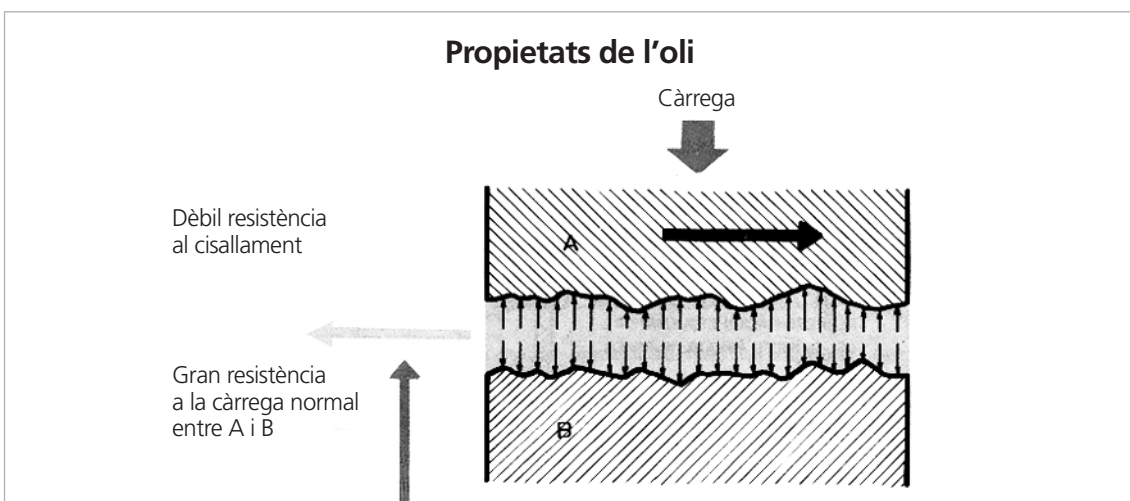


Fig. 5.1

El marge de temperatures a què ha de treballar l'oli dins el motor és molt variat, ja que pot anar des de temperatures inferiors als 0 °C al càrter en el moment de l'arrencada, fins als 85 °C o 90 °C quan el motor funciona a temperatura de règim. Per tant, l'oli serà tant més bo com més estable sigui la viscositat, independentment de la temperatura de funcionament.

5.2.2. Classificació dels olis

Els olis es classifiquen bàsicament en funció de la **viscositat** i de les **condicions d'utilització**.

• **Classificació en funció de la viscositat:** El sistema més generalitzat internacionalment és la classificació SAE (Society of Automotive Engineers). Aquesta classificació, que relaciona la viscositat amb la temperatura d'ús d'un oli però no indica res sobre la qualitat, consta de 10 graus SAE:

- Els sis primers, de 0 a 25, van acompanyats de la lletra W, inicial de “winter” (hivern): SAE 0 W, SAE 5 W, SAE 10 W, SAE 15 W, SAE 20 W i SAE 25 W. Aquests graus fan referència al comportament de l'oli en fred, indicant la temperatura mínima a què pot utilitzar-se un determinat oli sense perdre una viscositat que li permeti fluir pels conductes a la pressió adequada, de tal manera que arribi amb rapidesa als punts que ha de lubricar en situacions especials, com l'engegada en fred.
- L'escala de les 4 unitats restants, de 20 a 50, indica el comportament de la viscositat de l'oli en calent, mesurada a una temperatura de 100 °C.

CLASSIFICACIÓ DE LA VISCOSITAT SAE		
ÍndexSAE	T mínima d'utilització	Viscositat a 100 °C
0 W	– 35 °C	
5 W	– 30 °C	
10 W	– 25 °C	
15 W	– 20 °C	
20 W	– 15 °C	
25 W	– 10 °C	
20		Fluid
30		Semifluid
40		Semidens
50		Dens

Olis monograu i multigrau

Els olis monograu s'identifiquen amb un sol índex SAE o grau de viscositat, que indica els marges de temperatura dins la qual aquest oli té un bon comportament. Per exemple, SAE 30.

Els olis multigrau tenen un marge més ampli d'utilització, a causa de l'ús d'additius que mantenen més estable la viscositat amb els canvis de temperatura. D'aquesta manera, aquests tipus d'olis tenen un comportament excel·lent tant a baixes com a altes temperatures. S'identifiquen amb dos graus de viscositat diferents, que corresponen al comportament de l'oli en fred i en calent. Per exemple SAE 20 W 50.

- **Classificació en funció de les condicions d'utilització:** Els organismes que determinen i classifiquen la qualitat dels olis lubricants són bàsicament l'API, als Estats Units, i l'ACEA, a Europa. A més a més, hi ha altres institucions, associacions de productors d'oli i fabricants de motors que desenvolupen les seves pròpies categories i qualitats exigides als olis.

Els codis ACEA (any 1996) són:

- **A** per a motors de gasolina, **B** per a motors dièsel i **E** per a dièsel pesats:
 1. Nivell específic; 2. Nivell estàndard alt; 3. Prestacions elevades; 4. Motors d'injecció directa; 5. Olis d'última generació amb emissions menys contaminants

Segons les normes API:

- **S** per a motors de gasolina.
- **C** per a motors dièsel.

Aquestes dues lletres van acompanyades d'una segona lletra de l'alfabet en sentit creixent en augmentar la qualitat, i se'n pot llegir la inscripció a les garrafes. A data d'avui les qualitats màximes les trobem en la segona lletra per als motors de gasolina (N) i per als dièsel (J-4). Un mateix oli acostuma a portar les inscripcions de les dues classificacions; així, per exemple, podem trobar en una garrafa la inscripció API: SN/CF.

5.3. Sistemes de lubricació

Tenen la missió de subministrar oli als diferents elements que s'han de lubricar i, consegüentment, garanteixen la presència d'una pel·lícula d'oli en les zones del motor que ho requereixen. Segons el tipus de motor, es fan servir dos mètodes diferents:

- **Lubrificació per mescla**, als motors de dos temps (va caient en desús).
- **Lubrificació a pressió**, als motors de quatre temps, tant de gasolina com dièsel.

5.3.1. Lubrificació per mescla

Es fa servir als motors de dos temps de petita cilindrada, en què el combustible barrejat amb l'oli passa pel càrter del cigonyal abans d'anar al cilindre. D'aquesta manera, l'oli diluït en el combustible s'adhereix per capil·laritat a les superfícies metàl·liques i les lubrica.

Aquest sistema de lubricació requereix afegir un tant per cent d'oli a la gasolina en proporcions

que varien entre l'1% i el 4%. El tipus d'oli que s'ha de fer servir és especial per als motors de dos temps, ja que s'ha de barrejar bé amb la gasolina i ha de deixar un residu mínim quan es crema per mitjà de la combustió. La mescla de l'oli i la gasolina es pot fer de dues maneres: a l'exterior o a l'interior del vehicle.

La mescla a l'**exterior** es fa al mateix dipòsit del combustible i té l'inconvenient que la mescla és la mateixa tant per a revolucions altes com per a baixes, la qual cosa fa que es cremi un excés d'oli a baix règim.

La mescla a l'**interior** es fa mitjançant una bomba que subministra la quantitat adequada d'oli per a cada règim al conducte d'admissió, on es barregen l'oli i la benzina. Aquest sistema consta d'un dipòsit d'oli per a la mescla a part del de benzina. (Fig. 5.2).

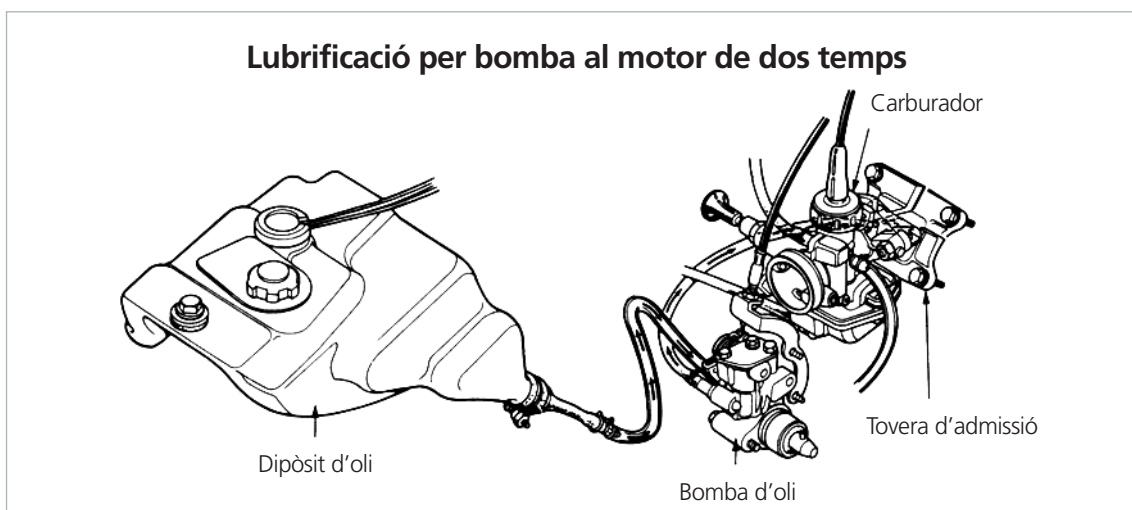


Fig. 5.2

5.3.2. Lubrificació a pressió

Aquest sistema envia oli a pressió als diferents punts que s'han de lubricar i es recupera al càrter, de manera que forma un circuit tancat.

Existeixen dos tipus de lubricació forçada:

- **Càrter humit:** El càrter del motor actua com a dipòsit de l'oli, el qual cal que s'hi mantingui dins uns nivells límits (màxim-mínim) que garanteixen que la bomba pugui aspirar-lo en tot moment.
- **Càrter sec:** El circuit de lubricació disposa de dos dipòsits d'oli: l'un, el principal, està situat a l'exterior del motor i l'altre, situat a la zona inferior. La bomba aspira l'oli des del dipòsit principal i el fa circular pel circuit. Per gravetat cau a la zona inferior del càrter, des d'on una segona bomba l'aspira i l'envia novament al dipòsit principal. Aquest sistema s'utilitza bàsicament en motors de prestacions elevades i vehicles tot terreny, que poden suportar inclinacions molt pronunciades.

Tots dos sistemes tenen un funcionament molt similar, essent el de càrter humit el de més implantació i, per tant, el que es detalla a continuació.

L'oli (fig. 5.3) emmagatzemat al càrter **1**, es recull a través d'un prefiltre **3** per la bomba **2**, que l'envia a pressió al circuit de greixatge a través del filtre principal **4** i d'aquest cap als diferents elements que s'han de lubricar: colls de cigonyal i biela **5**, eix de lleves **6**, eix de balancins **7**, molles i taquets, i, en alguns motors, a més el peu de biela i boló, la part inferior del pistó, els tensors hidràulics de la distribució, els arbres contrarrotants i el turbocompressor o compressor volumètric.

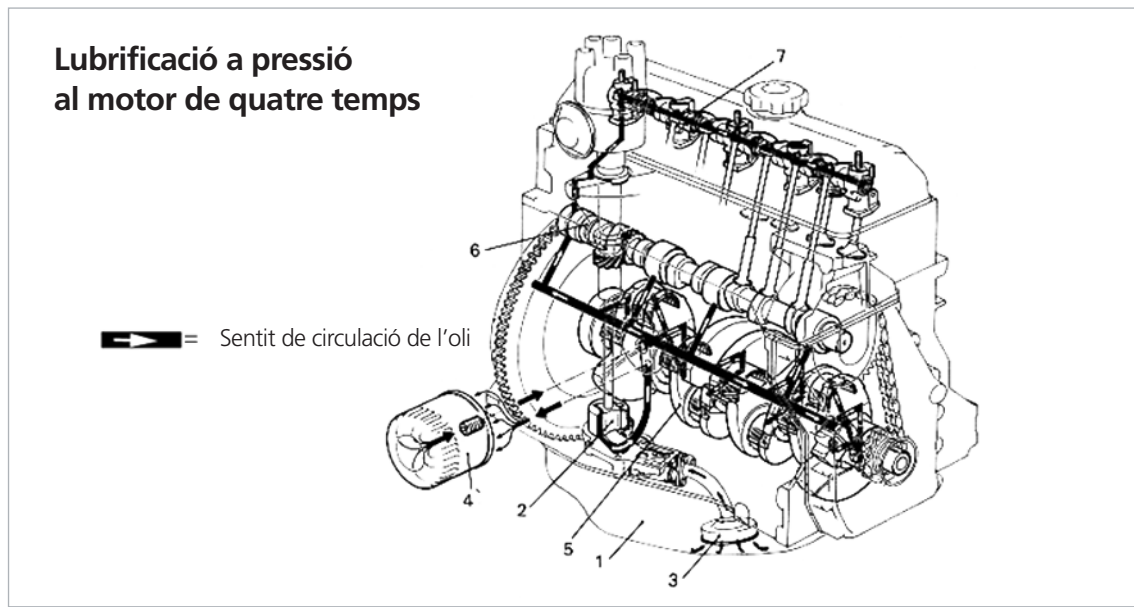


Fig. 5.3

Aquesta pressió d'oli, en els motors OHC i els que porten taquets hidràulics, és el que fa mantenir el contacte constant del taquet amb la vàlvula, i en els motors que porten una cadena de distribució llarga, i per tant porten tensor, és aquella mateixa pressió d'oli la que fa actuar el tensor de la cadena.

El sobreeximent de l'oli, principalment de les peces en moviment, el dispersa, fet que crea una nebulosa que impregna els elements interns del motor, com ara els cilindres, la cadena i/o els pinyons de la distribució, etc. El retorn de l'oli al càrter es produeix per gravetat.

5.4. Elements del sistema de lubricació

- **Bomba de lubricació:** S'encarrega d'enviar l'oli als elements que s'han de lubricar amb la quantitat i la pressió necessària. Rep moviment del cigonyal o de l'eix de lleves quan aquest va al bloc. Com que el règim del motor no és constant, cal garantir una bona lubricació a baixes revolucions i, a partir d'aquí, una vàlvula de descàrrega limita la pressió màxima, en augmentar el motor de revolucions.

Hi ha diversos tipus de bombes, però se'n fan servir majoritàriament dos tipus:

- **Bomba d'engranatges** (fig. 5.4)
- **Bomba de lòbuls** (fig. 5.5)

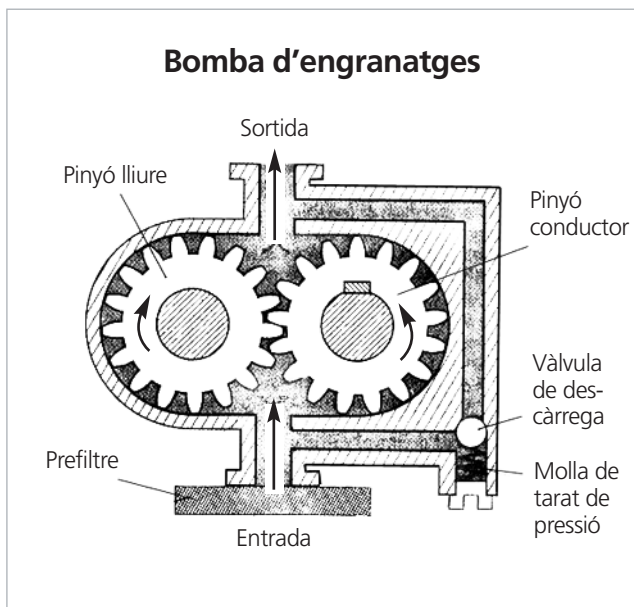


Fig. 5.4

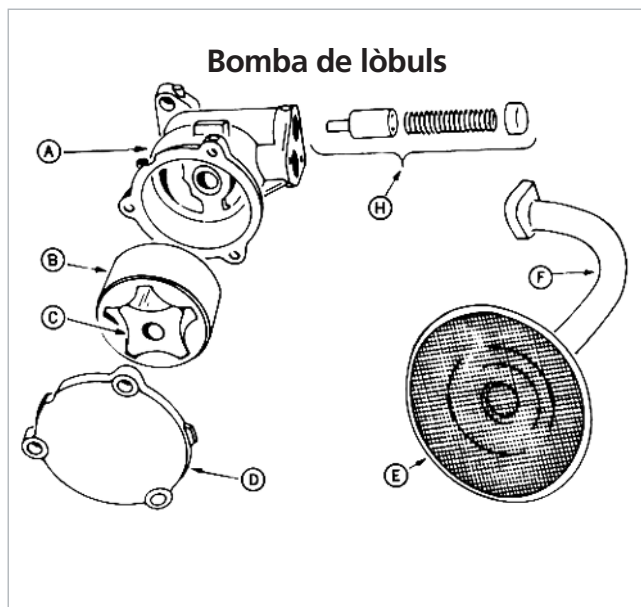


Fig. 5.5

- **Filtre de l'oli:** Cal mantenir net en tot moment l'oli de lubricació. Amb aquesta finalitat es munta al circuit un prefiltre, que forma part del cos de la bomba i que reté les partícules més gruixudes, i un filtre, amb la finalitat que les impureses que pugui dur l'oli (partícules de carbó de la combustió, pols metàl·lica, etc.) no arribin als diferents elements que s'han de lubricar, i així evitar-ne l'esmerilació, efecte que provocaria un desgast prematur. (Fig. 5.3).

El filtre, situat després de la bomba, generalment és de tipus compacte i forma un conjunt monobloc amb la carcassa. A l'interior hi ha un element filtrant de material porós que reté les impureses de l'oli. L'oli entra per l'exterior de l'element filtrant i surt per la part central, ja filtrat, cap al circuit. El filtre acostuma a anar enroscat al bloc i en zones de fàcil accés per afavorir els treballs de manteniment en la seva substitució periòdica i sempre segons les indicacions del fabricant.

- **Aparells de control del circuit:** Són indicadors que informen el conductor sobre la pressió, el nivell i la temperatura de l'oli.
 - **Manocontacte:** És obligatori portar-ne. Informa de la manca de pressió. Està situat en la derivació del circuit i és un interruptor que, mentre no rep pressió d'oli suficient (mínim

0,8 bars), es manté encès un indicador lluminós al quadre de comandament del vehicle. Una pressió superior a 0,8 bars fa separar uns contactes interiors i així talla el circuit elèctric, per la qual cosa s'apaga el llum pilot. (Fig. 5.6).

- **Manòmetre:** No és obligatori. Format pel conjunt manoreductor i rellotge, tradueix el valor de la pressió a una variació de voltatge que alimenta un rellotge elèctric (voltímetre d'escala adaptada a la pressió) situat al quadre de comandament del vehicle. (Fig. 5.7a i 5.7b).
- **Nivell i temperatura de l'oli:** Són els altres sensors de seguretat, que, mitjançant un control elèctric, informen el conductor a través dels rellotges corresponents i, fins i tot, amb un senyal acústic. (Fig. 5.8).



Fig. 5.6



Fig. 5.7a



Fig. 5.7b

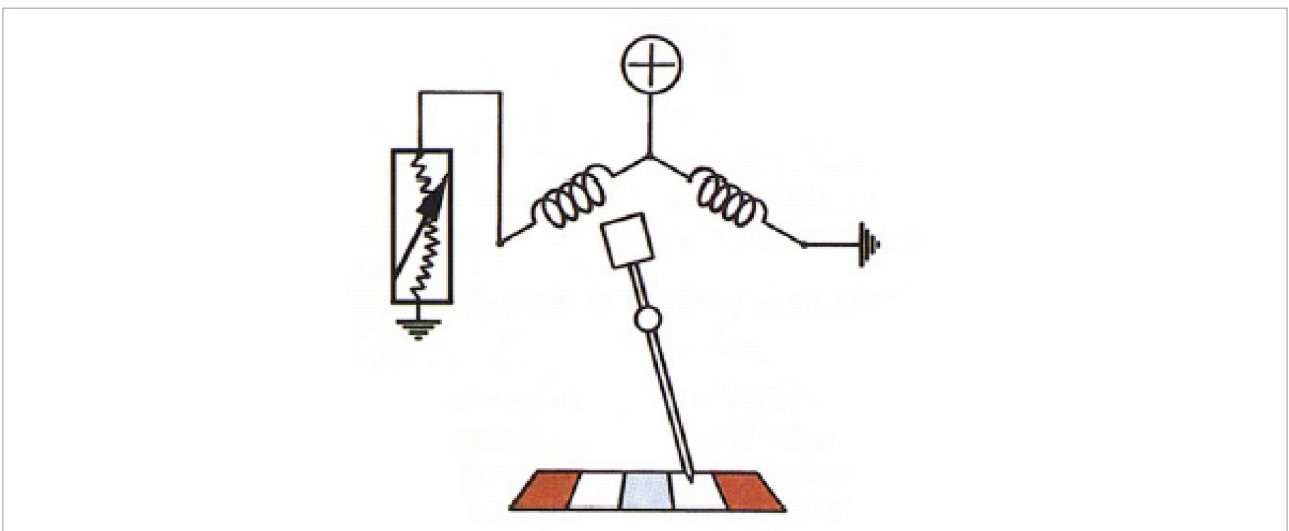


Fig. 5.8

5.5. Refrigeració de l'oli

Com que l'oli transporta la calor generada al motor, això en fa pujar la temperatura i n'altera les propietats, bàsicament la viscositat, la qual cosa fa necessària la refrigeració, sobretot a motors d'alt rendiment o sobrealimentats.

Hi ha diverses maneres de refrigerar l'oli:

- **Refrigeració al càrter:** És la més senzilla i consisteix en la radiació de la calor del càrter a l'atmosfera per efecte del pas de l'aire mentre circula el vehicle. Per millorar aquesta radiació hi ha càrters en què s'hi fabriquen unes aletes, ampliant així la superfície de contacte amb l'atmosfera.
- **Radiador d'oli:** És un radiador semblant al de refrigeració del motor, que se situa en contacte amb l'aire per irradiar la calor. (Fig. 5.9).
- **Intercanviador de calor oli/aigua:** És el que més s'utilitza en l'actualitat, ja que permet mantenir la temperatura de l'oli a una temperatura constant i per tant la variació de la viscositat d'aquest és gairebé nul·la. Posa en contacte el circuit de refrigeració del motor amb els conductes de l'oli. (Fig. 5.10).

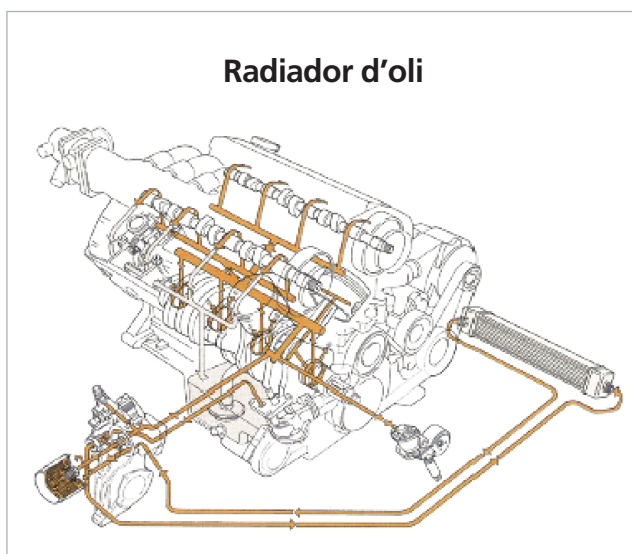


Fig. 5.9

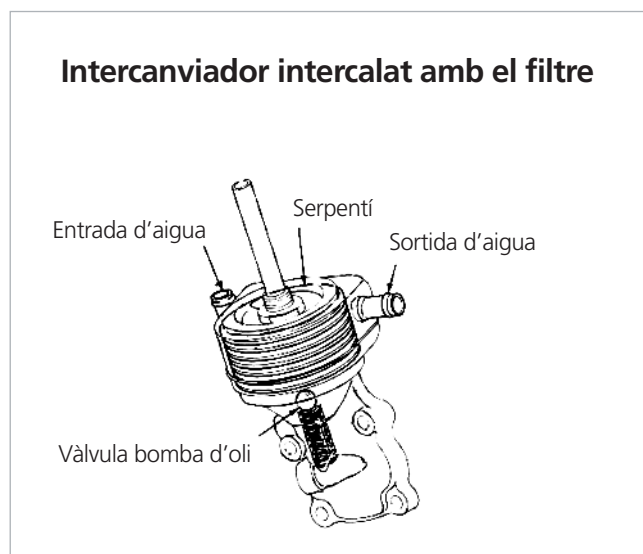


Fig. 5.10

5.6. Sistemes de ventilació del càrter

Durant el funcionament del motor es produeixen, a través dels segments, fuites de gasos procedents de la compressió i la combustió que passen al càrter. Aquests gasos, juntament amb el vapor d'aigua, contaminen l'oli, que va perdent progressivament les propietats lubricants. Per compensar aquest problema, cal un sistema que tregui aquests vapors del motor mentre funciona.

El sistema que s'emptra actualment és el de **ventilació tancada** (fig.5.11), on els vapors recollits s'envien al col·lector d'admissió perquè passin a la cambra de combustió, i, d'aquesta manera, beneficiïn els vapors d'oli, la lubricació de les vàlvules i la part alta del pistó millorant el rendiment del motor, sense contaminar el medi ambient.

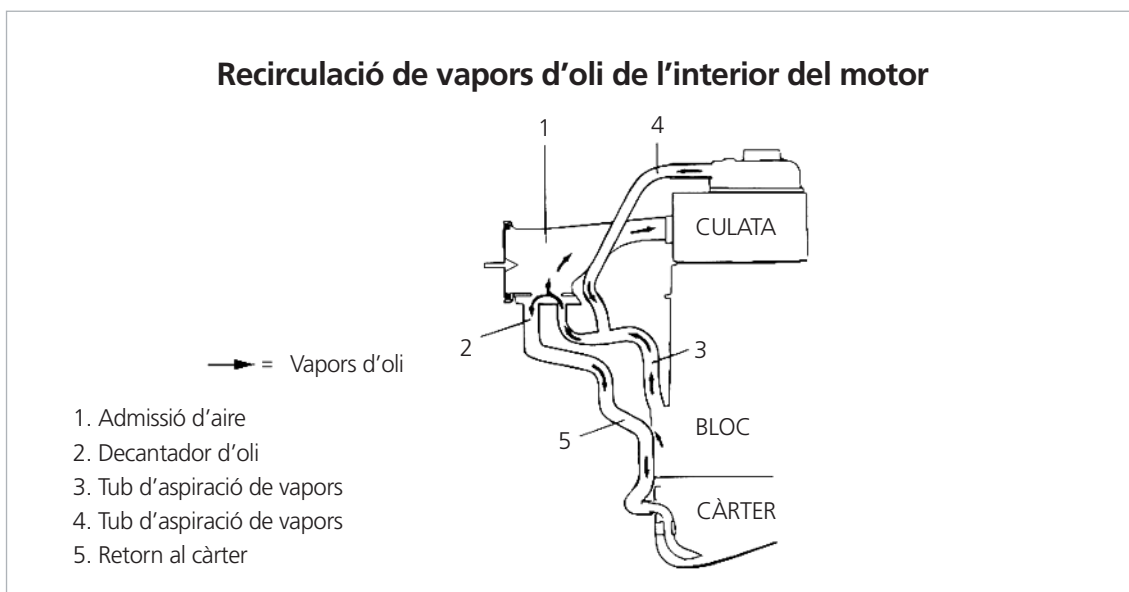


Fig. 5.11

5.7. Manteniment

La durada i el bon funcionament del motor depenen en gran mesura de la qualitat de l'oli utilitzat. Com que les propietats lubricants es van degradant amb el funcionament del motor, cal canviar l'oli i el filtre periòdicament. Al manual de manteniment del vehicle el fabricant indica els intervals de canvi, que poden arribar en alguns models als 30.000 km, amb un mínim d'un cop l'any.

D'altra banda, cal verificar el nivell d'oli mitjançant la vareta graduada que indica el nivell màxim i mínim d'oli al càrter, amb una major o menor freqüència, en funció del consum. Si el nivell és baix, s'hi ha d'afegir oli fins a restituir-ne el nivell màxim, sempre fent servir el mateix oli que ja porta el motor.

- **Centraleta (UCE):** En els vehicles actuals, a més de donar informació al conductor, també s'informa la centraleta de gestió del motor, la qual segons la informació que rep (falta de pressió, nivell insuficient, temperatura elevada, etc.), per tal d'evitar danys al motor,

pren decisions sobre el que permet que el conductor faci amb el vehicle, adoptant postures de protecció tals com no deixar passar el motor d'unes revolucions concretes o el vehicle d'una velocitat de 50 km/h, arribant a poder detenir-lo en cas que sigui necessari i donant informació al conductor mitjançant un indicador vermell amb la inscripció d'STOP o altres indicadors del quadre fins que la situació sigui normalitzada.

Unitat 6

El sistema de refrigeració

6.1. Objectiu de la refrigeració

Als motors de combustió interna, s'hi desenvolupen, a l'interior del cilindre i durant la combustió, temperatures instantànies superiors als 2.000 °C. Per tant, no es disposa d'un sistema de refrigeració, es podria originar grans dilatacions i deformacions permanents dels elements que formen el motor. (Fig. 6.1).

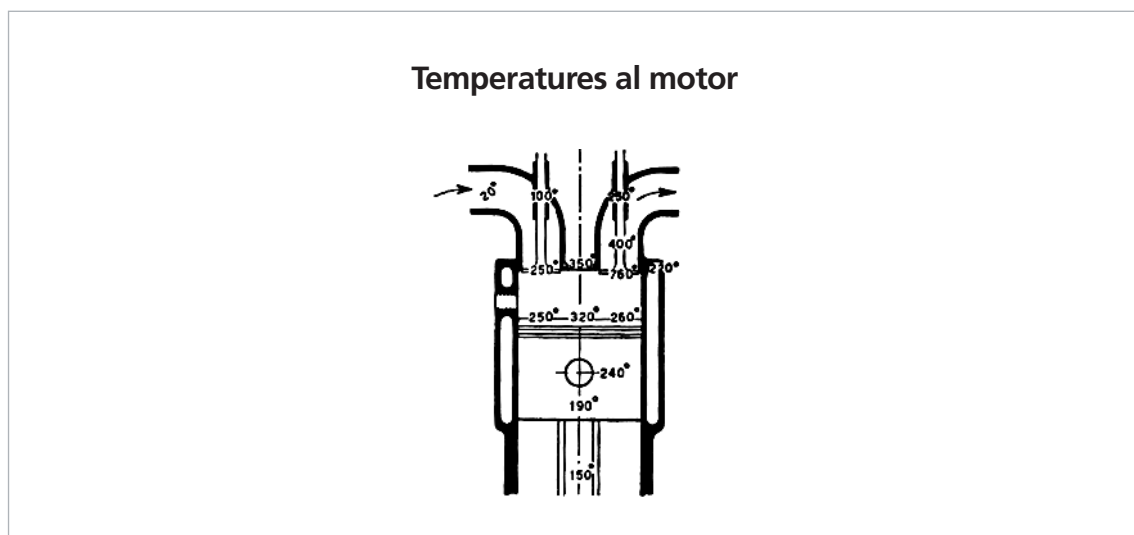


Fig. 6.1

Per solucionar aquest problema cal un sistema que traslladi l'excés de calor a fora del motor, encara que en redueixi el rendiment. (Fig. 6.2).

El rendiment del motor és tant més alt com més alta sigui la seva temperatura de funcionament, però sense arribi a afectar les característiques de cadascun dels components i la densitat de l'oli.

Generalment, el sistema de refrigeració evacua aproximadament un 30% de la calor generada durant la combustió, a través de l'escapament es perd un 35% més i només el 35% restant es converteix en treball útil.

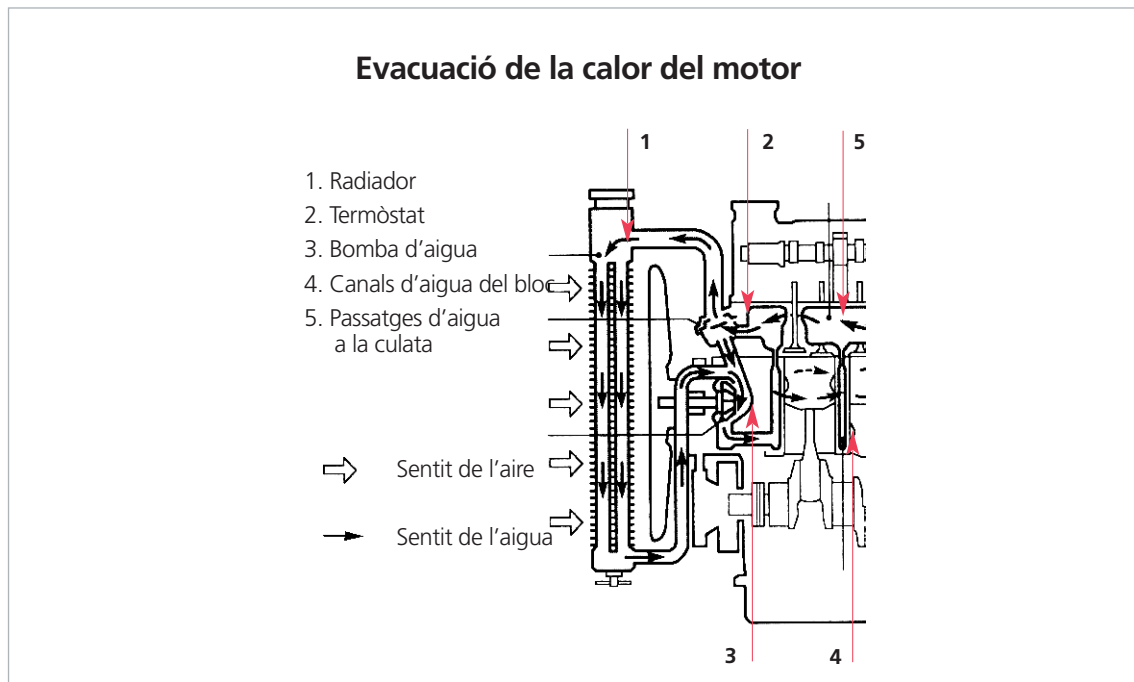


Fig. 6.2

D'altra banda, és important arribar a la temperatura òptima de funcionament del motor en el mínim de temps possible, per tal de reduir el desgast del motor i aconseguir un nivell de contaminació mínim. La temperatura adequada pot anar des de prop de 85 °C fins a valors pròxims als 110 °C.

Evacuar una part de la calor generada durant el funcionament del motor és, doncs, la principal funció del circuit de refrigeració, però no l'única. Compleix també altres funcions auxiliars, aprofitant la temperatura del líquid refrigerant: regular tèrmicament el col·lector d'admissió, refredar l'oli de l'intercanviador de calor oli/aigua, refrigerar el turbocompressor, proporcionar calefacció a l'habitacle, etc. (Fig. 6.3).

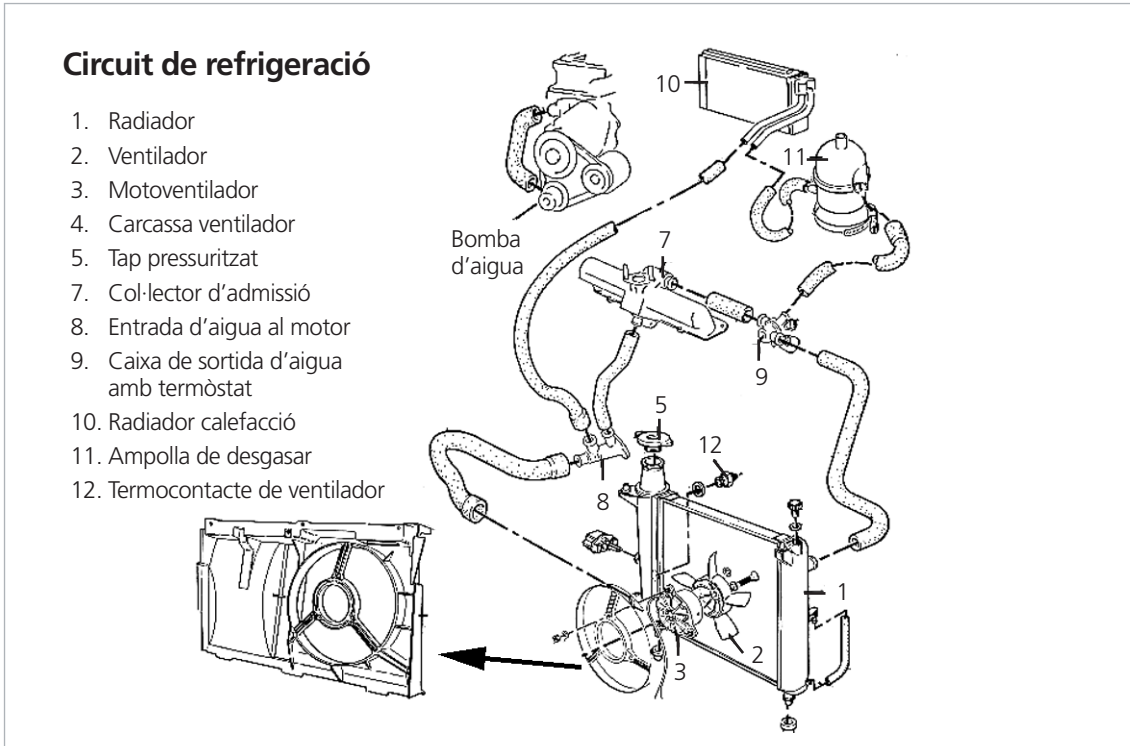


Fig. 6.3

6.2. Sistemes de refrigeració

Hi ha dos sistemes generals de refrigeració:

- Sistema de refrigeració per aire.
- Sistema de refrigeració líquida.

6.2.1. Refrigeració per aire

En aquest tipus de refrigeració, el motor cedeix calor directament a l'atmosfera a través de l'aire que l'envolta. El subministrament d'aire es pot dur a terme de dues maneres:

- Refrigeració directa d'aire.
- Refrigeració forçada d'aire.

Refrigeració directa d'aire

Aquest sistema s'utilitza en motocicletes, on el motor va completament descobert, produint-se la refrigeració per l'impacte de l'aire sobre les aletes durant la marxa del vehicle. (Fig. 6.4)

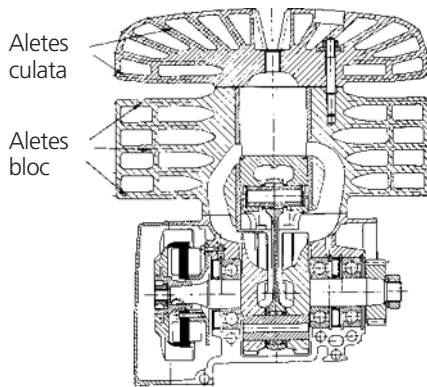
Refrigeració directa d'aire

Fig. 6.4

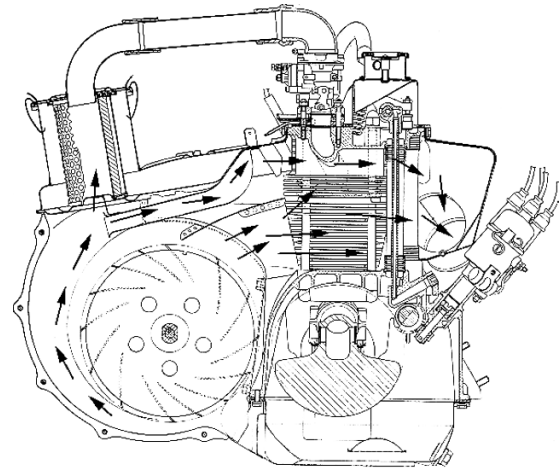
Circuit de refrigeració per aire forçat

Fig. 6.5

Refrigeració forçada d'aire

A l'actualitat és un sistema poc emprat. S'utilitza en vehicles on el motor va tancat dins d'una carrosseria i, per tant, l'aire només té accés al motor de manera forçada.

Un ventilador accionat pel motor genera un corrent d'aire potent, el qual es condueix a través d'un conjunt de xapes i canalitzacions situades al voltant de les parts més calentes del motor. El sistema disposa d'un seguit de comportes, comandades per un termòstat, que minoren el temps d'escalfament del motor i adequen el sistema a la climatologia. (Fig. 6.5).

6.2.2. Refrigeració líquida

És el sistema més generalitzat. Consta d'un circuit tancat que envolta els cilindres i la culata (les parts més calentes), pel qual circula un líquid amb base d'aigua. Aquest líquid, impulsat per una bomba centrífuga, rep i transporta una part de la calor generada pel motor fins al radiador, on es refreda cedint calor a l'aire que el travessa i, seguidament, retorna al circuit per repetir el recorregut. La mateixa marxa del vehicle provoca el corrent d'aire que travessa el radiador i, en la seva absència, un ventilador. (Fig. 6.6).

Per arribar al més aviat possible a la T de funcionament, el sistema disposa d'un termòstat que es manté tancat mentre el motor està fred. Un cop el motor ha arribat a la T de règim, el termòstat detecta aquesta pujada tèrmica i s'obre automàticament. Aleshores el líquid refrigerant passa pel radiador, on es refrigera.

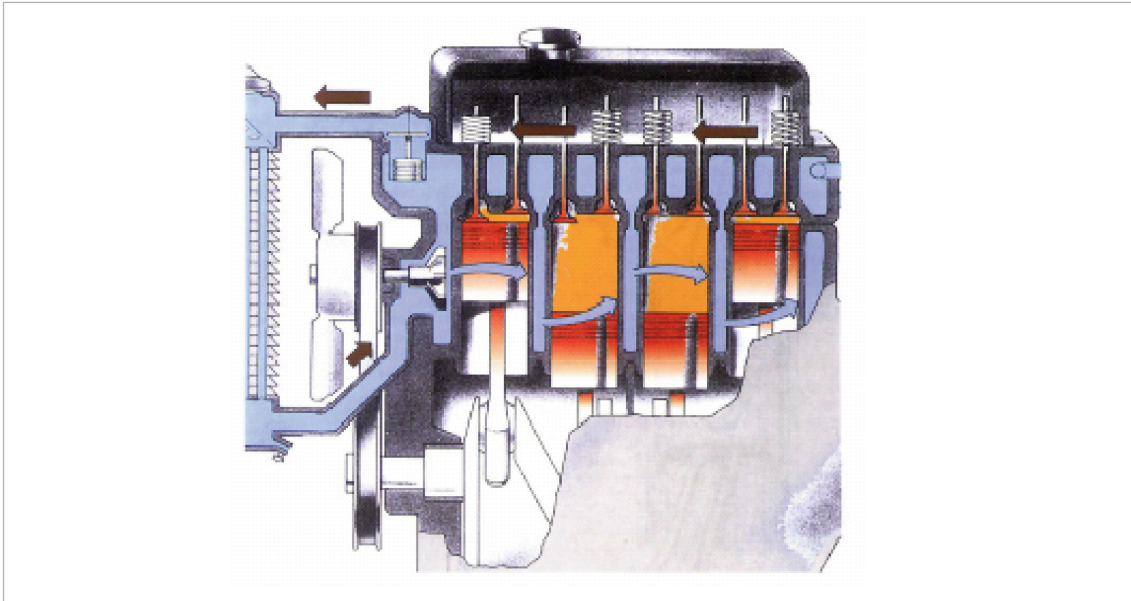


Fig. 6.6

Elements del sistema de refrigeració líquida

El sistema de refrigeració líquida consta dels elements següents:

- Radiador
- Bomba d'aigua
- Ventilador
- Termòstat
- Elements de control

Radiador

És un intercanviador de calor entre el líquid refrigerant i l'aire. Va situat generalment a la part del davant del vehicle, de manera que rep directament el pas de l'aire a través dels seus panells i aletes durant el desplaçament del vehicle i, així, refreda el líquid refrigerant procedent del motor.

La seva eficàcia depèn bàsicament de la superfície exposada a l'aire i del coeficient de transmissió calorífica del material de què està fet (els més comuns són els de coure o alumini).

Està format per dos dipòsits, l'un amb boca d'entrada i l'altre, de sortida, units per un dispositiu de panells de refrigeració. Els dipòsits poden anar situats a dalt i a baix o als costats, depenent de si es tracta d'un radiador de flux vertical o transversal, respectivament. Els més utilitzats són els de flux transversal, ja que permeten abaixar el frontal dels vehicles i, consegüentment, es pot aconseguir un disseny del vehicle més aerodinàmic.

El radiador va fixat a la carrosseria mitjançant suports elàstics de cautxú, per evitar les vibracions (fig. 6.7), i està unit al motor per maniguets també de cautxú i en alguns casos actuals de silicona, de manera que per la part superior entra el líquid refrigerant calent que prové de la culata i per l'inferior en surt refredat cap a l'entrada de la bomba d'aigua.

Si el motor no ha arribat a la temperatura òptima de funcionament, el líquid refrigerant no circula pel radiador, ja que el termòstat està tancat. A la part superior disposa d'un tap que pot dur vàlvules incorporades per assegurar una certa pressurització del circuit.

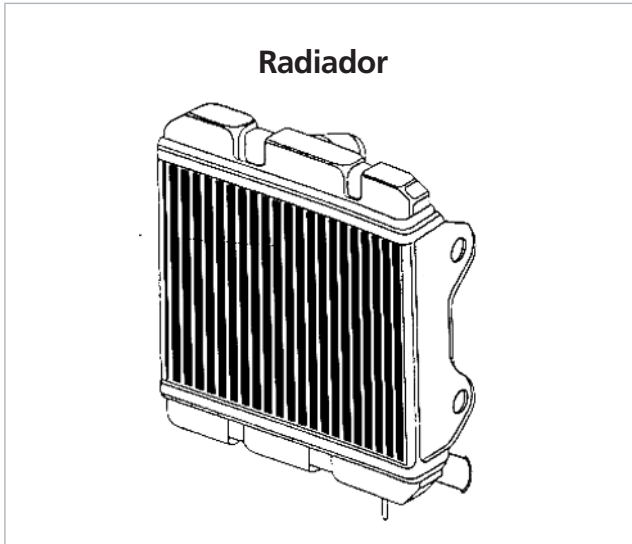


Fig. 6.7

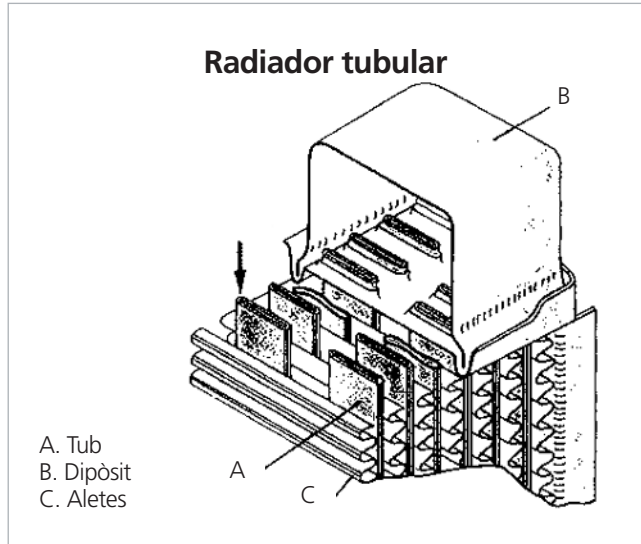


Fig. 6.8

Element refrigerador

Els panells de refrigeració (fig. 6.8) estan formats per un conjunt de tubs que comuniquen un dipòsit amb l'altre. En sentit perpendicular, als tubs hi ha múltiples làmines que estan en contacte amb l'aire i que dissipen la calor a través de la superfície.

Es fabriquen amb tubs i aletes majoritàriament d'alumini, material mal·leable amb bona conductivitat tèrmica. Els dipòsits són de plàstic. Tot plegat fa un conjunt lleuger i resistent.

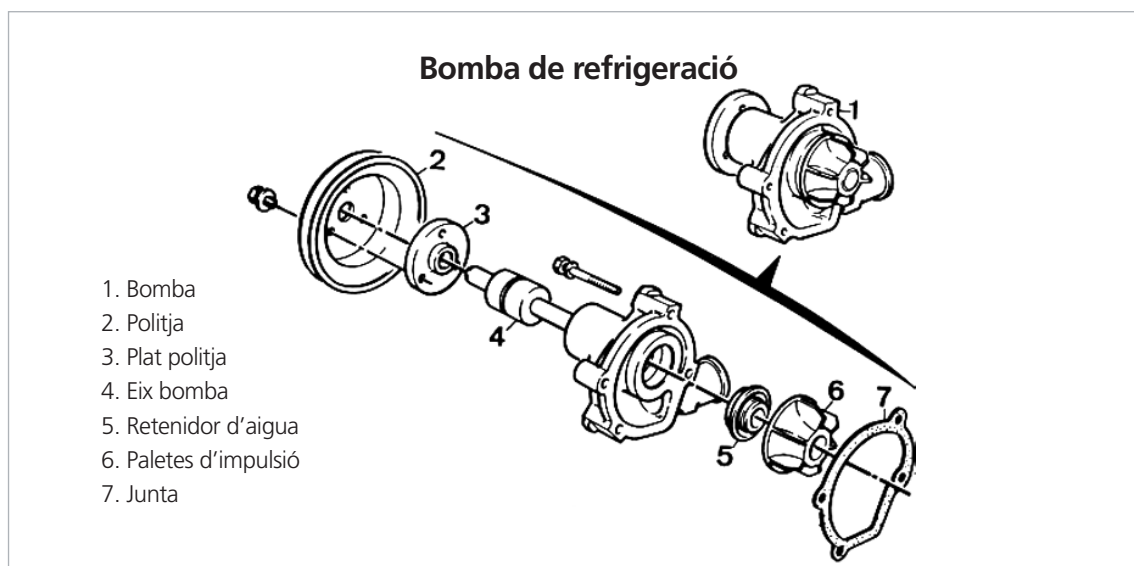


Fig. 6.9

Bomba de refrigeració

És l'encarregada de fer circular el líquid refrigerant per l'interior del circuit. És de tipus centrífug per aportar cabals importants d'aigua a una pressió d'impulsió baixa.

La bomba (fig. 6.9) està formada per una carcassa d'aliatge lleuger, fixat al bloc motor, amb interposició d'una junta per fer estanca la unió. El cos de la bomba disposa dels conductes i cambres d'aspiració i d'impulsió. Els uns s'uneixen a la part inferior del radiador i els altres s'acoblen directament en el bloc motor a les camises d'aigua.

L'accionament de la bomba es pot dur a terme a través de la corretja d'accessoris o de la de distribució. Eventualment s'hi incorpora un accionament elèctric o una bomba elèctrica auxiliar, que funciona només durant uns minuts després d'aturar el motor.

El muntatge de la turbina respecte al cos de la bomba permet que pugui circular líquid per termosifó, amb el motor parat i calent, entre les aletes i la cambra.

Ventilador

Serveix per activar un corrent d'aire que, afegit al que es genera per la marxa del vehicle, passa a través del radiador, lloc on s'intercanvien les temperatures dels dos espais diferents. Estan fabricats habitualment de material plàstic i aprofiten el flux d'aire que generen per refrigerar també els elements externs del motor.

El cabal d'aire subministrat pel ventilador depèn bàsicament de la velocitat de gir, el diàmetre i el nombre i el grau d'inclinació de les pales.

Actualment els ventiladors es controlen per termocontacte i funcionen només quan se sobrepassa una determinada temperatura. D'aquesta manera, el ventilador actua com a element regulador de la temperatura del motor, independentment del règim de gir d'aquest.

Segons com van muntats distingim dos sistemes:

- Muntats sobre el mateix eix de la bomba amb un embragatge de connexió, que pot ser del tipus viscos o bé electromagnètic (Electroembragatge fig. 6.10).

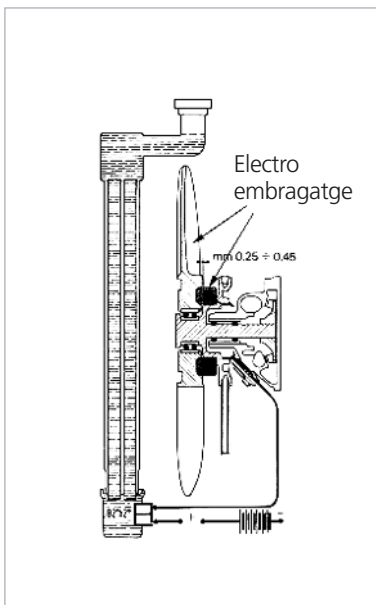


Fig. 6.10

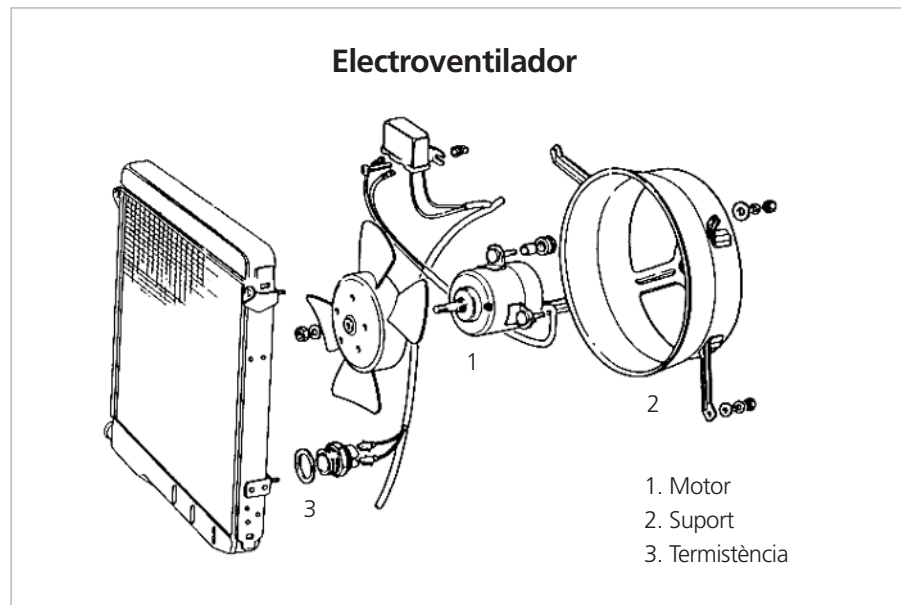


Fig. 6.11

- Muntats sobre una carcassa de plàstic i moguts per un motor elèctric (Electroventilador). Es connecta i desconnecta automàticament a través d'un interruptor tèrmic, muntat en contacte amb el líquid refrigerant, per detectar la seva temperatura. Pot anar subjectat a un costat o l'altre del radiador i la seva velocitat és independent de la velocitat de gir del motor. (Fig. 6.11).

En funció de les diferents necessitats de refrigeració, podem trobar les configuracions següents:

- Un ventilador amb una sola velocitat.
- Un ventilador amb dues velocitats.
- Dos ventiladors de funcionament esglaonat.
- Dos ventiladors de funcionament simultani, units per corretja.

Termòstat

És el dispositiu emprat per regular la temperatura de funcionament del sistema de refrigeració. Perquè el motor agafi el més ràpidament possible la temperatura òptima de funcionament, el termòstat en fred està tancat, per tant no deixa passar el líquid refrigerant cap al radiador, i s'obre automàticament a una temperatura determinada, aproximadament de 85 °C.

Els termòstats utilitzats actualment són de càpsula de cera especial, amb coeficient de dilatació alt. La càpsula està en contacte amb el líquid refrigerant del motor. Quan s'escalfa la cera es dilata i fa obrir la vàlvula, de manera que deixa passar el líquid cap al radiador. Si la temperatura baixa, la cera es torna a contraure i la molla tanca la vàlvula. (Fig. 6.12).

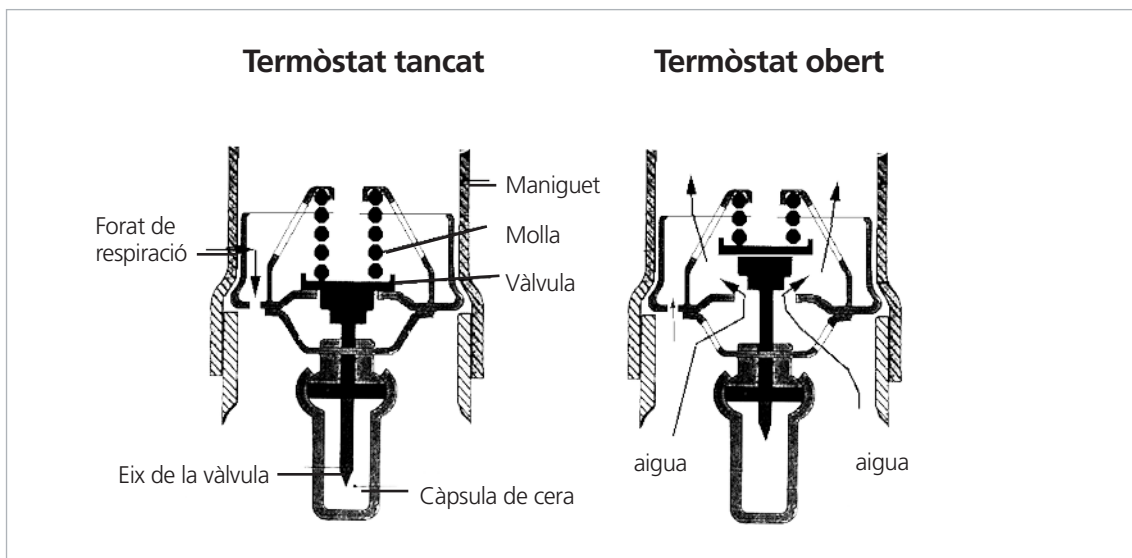


Fig. 6.12

Elements de control

El sistema de refrigeració té circuits elèctrics associats (fig. 6.13) que, com a mínim, informen el conductor de l'excés de temperatura del líquid refrigerant a través de senyals lluminosos, acompanyats, en molts casos, de senyals acústics.

Com a complement d'aquesta informació i de forma generalitzada, el quadre d'instruments incorpora una unitat de comandament que mostra al conductor, a més a més, la temperatura i el nivell del líquid refrigerant.

En els vehicles actuals, donar informació a la centralita de gestió del motor (UCE) de la temperatura del líquid refrigerant, de la temperatura a la culata i de la temperatura del bloc motor és indispensable, ja que a partir d'aquests paràmetres junt amb d'altres la centralita calcula la quantitat de combustible a injectar i en quin moment ha de fer saltar la guspira a la bugia. Aquesta informació es dona a través de termoresistències variables (NTC o PTC) inserides en llocs estratègics del motor.

Circuit de refrigeració pressuritzat

Els circuits de refrigeració actuals són tancats i treballen a pressió. El líquid es dilata quan s'escalfa i, consegüentment, fa pujar la pressió interna del circuit, i es contrau en refredar-se. Per compensar aquests canvis de volum, s'afegeix al circuit un dipòsit d'expansió, que pot formar part del radiador o constituir un element a part; en aquest cas es comunica amb el radiador a través d'un manigueta (fig. 6.14)

El circuit va dotat de dues vàlvules, una de sobrepressió i l'altra de depressió, que es col·loquen en el tap del radiador o bé en el tap del dipòsit d'expansió. Les vàlvules estan tancades a fi i efecte que s'obrin amb una determinada pressió, per sobre i per sota de l'atmosfèrica. Això permet aconseguir temperatures del líquid refrigerant entre 110 °C i 120 °C sense que s'hi produeixi l'ebullició.

En cas que s'arribi a una temperatura del refrigerant elevada i per tal d'evitar que es creï una elevada pressió al circuit, la vàlvula de sobrepressió s'obrirà per l'acció de la pressió interior i en deixarà escapar part del líquid refrigerant en forma de vapor. Si això succeeix, sota cap concepte el conductor ha de manipular el tap, ja que aquest podria saltar degut a la pressió interior i el

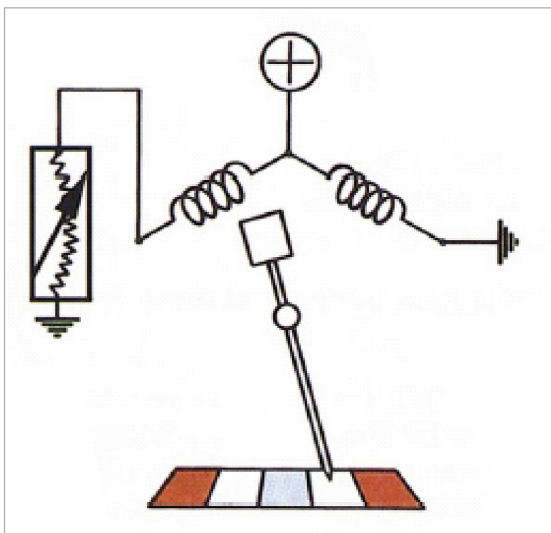


Fig. 6.13

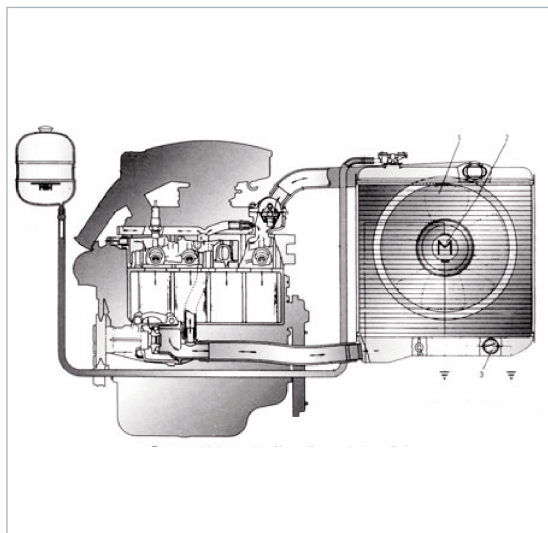


Fig. 6.14

vapor podria sortir de forma descontrolada i provocar fortes cremades, generalment als braços i a la cara. En tot cas, s'haurà d'esperar que el líquid es redredi, fet que farà baixar la pressió interior, i després obrir el tap sense problemes.

Líquids refrigerants

La utilització d'aigua com a líquid refrigerant presenta diversos inconvenients:

- A temperatures d'ebullició és molt oxidant.
- Precipita grans quantitats de sals calcàries.
- Però el més important és que, per sota de 0 °C, es solidifica, i augmenta el volum.

Per pal·liar aquests inconvenients, s'utilitzen els anticongelants, productes químics preparats perquè es barregin amb aigua i amb la finalitat d'obtenir les característiques següents:

- Disminuir el punt de congelació del líquid refrigerant
- Augmentar la temperatura d'ebullició
- Evitar la corrosió de les parts metàl·liques
- Evitar la formació d'escuma

Els components del líquid refrigerant són:

- Aigua destil·lada (o descalcificada)
- Anticongelant (etilenglicol)
- Anticorrosiu (bòrax al 2% o 3%)
- Antiespumants
- Colorants

Els anticongelants es comercialitzen ja preparats i en l'etiquetatge s'indica la temperatura de congelació, que pot arribar a ser de -30 °C i altres característiques.

Per evitar la formació de fangs que deterioreen els elements, en especial els racons del radiador, s'aconsella canviar el líquid anticongelant aproximadament cada dos anys o bé seguint les orientacions del fabricant en el llibre de manteniment.

Manteniment

És important posar atenció especial en aquest circuit, ja que en cas contrari ens exposem a avaries greus i, fins i tot, a la destrucció del motor. Per això, s'ha de seguir un pla de manteniment segons la llista següent:

- Comprovació periòdica del nivell de líquid refrigerant i addició de líquid, si escau. El nivell de líquid ha d'estar comprès entre les marques de màxim i mínim. El recipient no s'ha d'omplir mai completament.
- Neteja periòdica del circuit.
- Neteja periòdica del radiador, tant per la part exterior com per la interior.

- Comprovació i substitució dels maniguets flexibles de conducció del líquid refrigerant entre el motor i el radiador. També les abraçadores han d'estar en bon estat i premudes adequadament.
- Manteniment del bon estat general i de la tensió de la corretja de la bomba.
- Comprovació del funcionament del termòstat: si es queda en posició de tancat, produirà un escalfament del líquid ràpid i excessiu. Per comprovar-ho, n'hi ha prou amb tocar el maniguet que va del motor al radiador: si just després d'arrencar el motor, està fred i, a mesura que passa el temps, es va escalfant, el termòstat està bé. Si no s'escalfa, el termòstat no s'obre, és defectuós i cal substituir-lo, ja que no es pot reparar.
- Comprovació de la posada en funcionament de l'electroventilador.

Unitat 7

El sistema elèctric

7.1. Introducció

El conductor no és només el director d'orquestra que ha de controlar i harmonitzar tots els comandaments. La majoria d'aquests comandaments són accionats per equips elèctrics. És per això que els conductors poden millorar la conducció segura i eficaç amb el coneixement dels fonaments, la naturalesa i el funcionament dels sistemes elèctrics presents durant la conducció.

7.2. Magnituds fonamentals

Formen part de les lleis que regeixen el funcionament dels circuits elèctrics i són la intensitat de corrent, la tensió i la resistència.

Intensitat de corrent: És la **quantitat** de corrent elèctric que circula per un conductor en una unitat de temps. Seria l'equivalent al cabal d'un circuit hidràulic. La unitat de mesura és l'**amper** i es mesura amb l'amperímetre muntat en sèrie.

Tensió: La **força** que empeny els electrons a través del circuit s'anomena força electromotriu (fem). Aquesta força electromotriu, crea una diferència de potencial elèctric (ddp) entre dos cosos. Prenent la mateixa referència hidràulica emprada per la intensitat, la tensió equivaldria al concepte de pressió. També anomenada voltatge o ddp, la seva unitat és el **volt**, la qual es mesura amb el voltímetre muntat en derivació. Per mantenir aquesta diferència de potencial

s'ha de restituir el nivell del dipòsit que es va buidant, bombejant aigua per omplir-lo. Qui fa aquesta feina en el circuit elèctric és el generador d'energia elèctrica, que pot ser de diferents tipus:

Piles: Transformen l'energia química en elèctrica.

Acumuladors: Transformen l'energia química en elèctrica i viceversa.

Generadors: Transformen l'energia mecànica de rotació en energia elèctrica.

Resistència: És l'**oposició** que presenta un cos al pas del corrent elèctric. La unitat de mesura és l'**ohm** i es mesura amb l'ohmímetre.

7.3. Circuit elèctric bàsic

Un circuit elèctric bàsic està format per una font d'energia, un interruptor que obre i tanca el pas del corrent elèctric i un consumidor que transforma l'energia elèctrica en llum, calor, moviment, etc (Fig. 7.1a).

Quan volem instal·lar més d'un consumidor, aquests poden estar connectats en sèrie o en paral·lel. En aquest sentit es poden veure a la figura 7.1b tres consumidors connectats en sèrie i a la figura 7.1c els mateixos tres consumidors connectats en paral·lel.

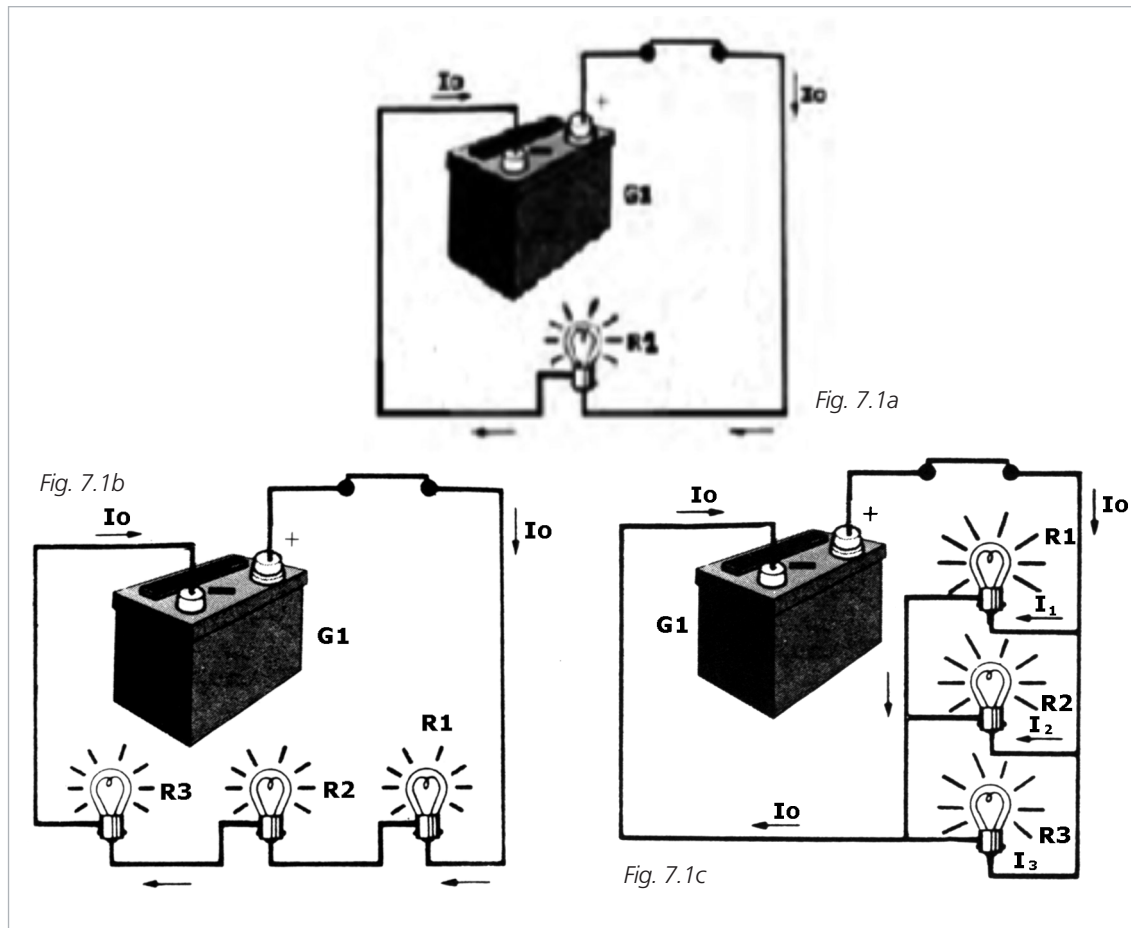
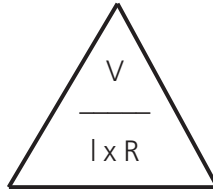


Fig. 7.1

7.4. Llei d'Ohm

La llei d'Ohm relaciona entre si les tres magnituds fonamentals: "La intensitat del corrent elèctric obtinguda en un circuit és directament proporcional a la tensió aplicada i inversament proporcional a la resistència elèctrica del circuit."



Les fórmules originals i deduïdes són:

$$I = V / R \quad V = I \times R \quad R = V / I$$

I = Intensitat en ampers, V = Voltatge en volts, R = Resistència en ohms.

7.5. Calor després del pas del corrent elèctric (efecte Joule)

El corrent elèctric, en passar per un element conductor, allibera calor. Aquesta calor ve definida per la llei de Joule que diu: "la quantitat de calor despesa a un conductor per unitat de temps és proporcional a la seva resistència i al quadrat de la intensitat en què el recorren".

$$E_c = 0,24 R I^2 t \text{ calories}$$

El calor després per efecte Joule és perjudicial. No obstant això, té diverses aplicacions:

Escalfadors elèctrics: Estan formats per resistències de ferro-níquel enrotllades a barres cilíndriques aïllants i refractàries de la calor.

Soldadors elèctrics: Es basen en el mateix principi, però enrotllades a una barra de coure, que transmet la calor per soldar l'estany.

Encenedor de cigarretes: També basat en el mateix principi, aprofita la incandescència de la resistència per encendre cigarretes.

Làmpades d'incandescència: El pas de corrent per un fil de tungstè fins a una temperatura de 2.800 °C emet llum.

Fusibles: El pas de corrent escalfa un fil de plom o d'aliatge, fins a fondre'l quan es sobrepassa un valor predeterminat. Aquesta qualitat es fa servir per protegir els circuits: es crema el fusible enlloc del fil o dels aparells del circuit.

Podem trobar en l'automoció en general aplicacions basades en l'efecte Joule, tals com els escalfadors dels seients, la calefacció elèctrica, els miralls retrovisors calefactats i els vidres tèrmics.

7.6. Components del sistema elèctric

- Bateria d'acumuladors
- Circuit d'encesa
- Circuit d'arrencada
- Circuit de càrrega
- Circuits elèctrics

7.6.1. Bateria d'acumuladors

S'entén per acumulador tot element capaç d'emmagatzemar energia (fig. 7.2) per ser utilitzada posteriorment pel motor d'engegada per a la posada en marxa del motor tèrmic, així com subministrar-la als diferents elements elèctrics, quan sigui necessari.

La bateria transforma l'energia elèctrica en química durant el procés de càrrega i l'energia química en elèctrica durant el procés de descàrrega.

El seu funcionament està basat en el fenomen de l'electròlisi, que es produeix entre un líquid (electròlit) i unes plaques metàl·liques o elèctrodes submergides en el mateix líquid.

Sempre que està en marxa el motor tèrmic, també ho està el generador d'energia, el qual envia l'energia generada a la bateria perquè aquesta la transformi mitjançant una reacció química i l'emmagatzemi fins que estigui totalment carregada. Actualment hi ha vehicles que desconnecten l'alternador quan la bateria està carregada i es disminueix així el consum de combustible.

La bateria està formada per un conjunt de plaques de plom de polaritat positiva i negativa sus-

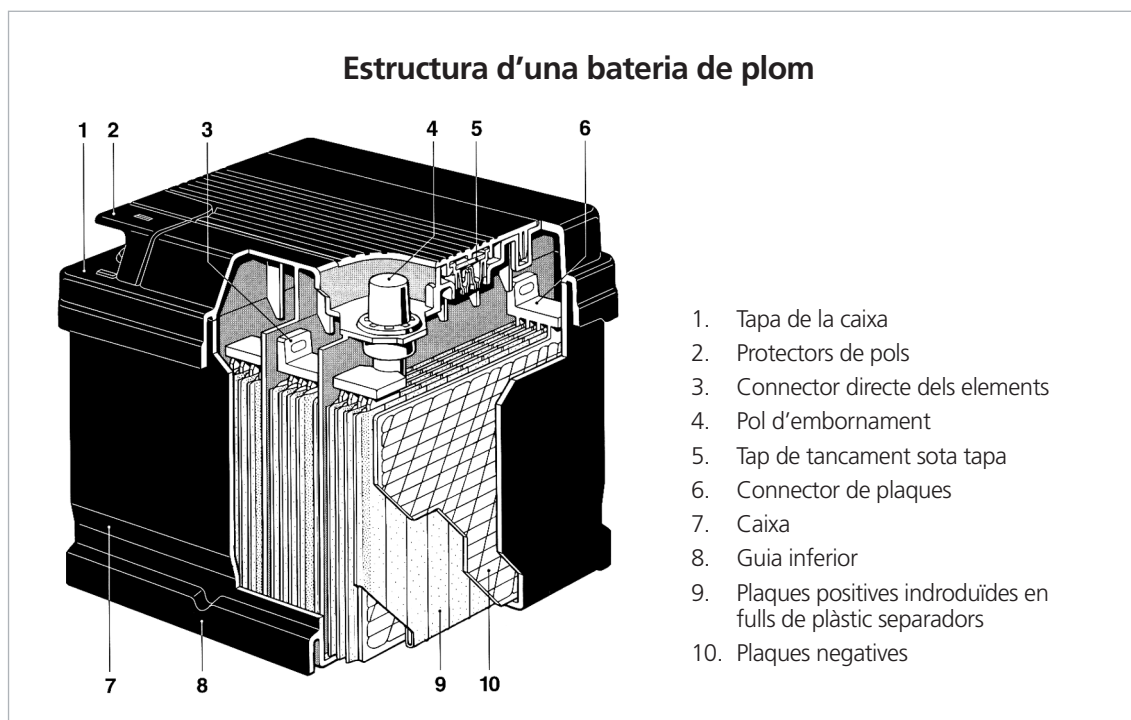


Fig. 7.2

peses sobre àcid sulfúric, intercalades i aïllades entre si. Cada conjunt d'aquestes plaques formen el que s'anomena un got. Cada got pot subministrar una tensió de fins a 2 V, motiu pel qual per obtenir una bareria de 6 V seran necessaris 3 gots i per a una de 12 V seran necessaris 6 gots.

Cada got porta un tap i al seu interior l'electròlit, format per àcid sulfúric i aigua destil·lada fins a un nivell tal que les plaques quedin submergides a l'electròlit. Per qüestions de la temperatura, l'aigua de l'electròlit s'evapora i el nivell disminueix, i això és perjudicial per a la bateria, per la qual cosa només s'ha de reposar aigua destil·lada. Aquest tipus de bateries s'anomenen "humides".

Per obtenir tensions més altes, per exemple 24 V, habitualment s'utilitzen dues bateries de 12 V connectades en sèrie.

A l'actualitat i degut a l'augment de la quantitat de consumidors elèctrics de què disposa un automòbil ha sorgit la necessitat de trobar nous tipus de bateries. Així, podem trobar en el mercat actual, entre d'altres, les següents:

Bateries de CALCI, similars a les humides, amb la diferència que les plaques tenen un aliatge de calci.

Bateries VRLA (Valve Regulated Lead Acid).

Disposen de vàlvules de seguretat que estan pressuritzades dins de la caixa de la bateria. És a dir, no pot perdre líquids perquè el gas està pressuritzat en estat líquid.

Podem diferenciar-ne dos tipus: les AGM i les de GEL.

Bateries AGM: conegudes com a bateries "seques", separen els electròlits per mitjà de fibra de vidre i els mantenen fixats, fet que provoca que hi hagi poca resistència interna. Gràcies a aquest sistema no es fa servir aigua o gel. És una tecnologia innovadora en el món de les bateries de plom.

Bateries de GEL: utilitzen una silicona per aconseguir que l'àcid quedi més dens, en forma de gel. Són bateries que aguanten molt bé les descàrregues profundes, és a dir, són perfectes per a vehicles amb equips elèctrics exigents.

Bateries de cicle profund

Les de cicle profund tenen la capacitat de proporcionar energia durant un període llarg de temps, però també s'autodescarreguen molt més ràpid. La diferència d'aquestes bateries és que tenen unes plaques més gruixudes que la resta, que augmenten la seva capacitat de càrrega. Normalment les trobarem en cotxes elèctrics i en altres tipus de vehicles que facin un alt ús de l'energia elèctrica.

Bateries de ions de Liti (Li-ion)

Aquesta classe és igual a les que podem trobar en els nostres telèfons mòbils, portàtils, càmera de fotos, etc., però a una mida molt més gran per a l'ús en els cotxes. Són bateries que fan servir una sal de liti per al seu funcionament. Incorporen un circuit per protegir-les de les sobrecàrregues. Un petit inconvenient és que el seu rendiment en temperatures fredes és inferior respecte a la resta. La seva autonomia és molt bona i el pes és molt més lleuger que el de la resta, però també tenen un preu elevat. Són molt utilitzades en cotxes de gamma alta o en cotxes elèctrics.

Característiques elèctriques de la bateria

Les característiques elèctriques d'una bateria venen determinades, bàsicament, per la seva tensió nominal i la seva capacitat. El fabricant indica a l'etiquetatge aquests valors, entre d'altres.

Tensió nominal: Depèn del nombre de vasos o elements: 3 per a una de 6 V, 6 per a una de 12 V i 12 per a una de 24 V. Per tant, la tensió total de la bateria correspon a la suma de la tensió de cada element (2 V), ja que estan connectats en sèrie entre ells.

Capacitat: És la quantitat d'electricitat per unitat de temps que pot subministrar quan està totalment carregada. Es mesura en amper-hora i depèn de la quantitat de matèria activa de què disposi la bateria per reaccionar. Així, podem trobar etiquetatges que indiquen 74 Ah, cosa que ens indica que per exemple pot subministrar 7,4 A durant 10 h.

Corrent d'arrencada en fred: Quantitat màxima de corrent que pot subministrar una bateria en el moment d'arrencada del motor en fred durant un curt temps. Com més alt és aquest número, millor arrencarà el motor fred. S'indica a l'etiquetatge, per exemple, 680 A.

Manteniment de les bateries

- Mantenir neta la bateria, sobretot les parts conductores del corrent elèctric (borns i terminals) per tal d'evitar que les sals conductores contribueixin a l'autodescàrrega.
- Comprovar l'estat de cables i terminals, així com la fixació als borns.
- Comprovar la fixació de la bateria en el seu allotjament, per evitar que les vibracions puguin provocar desprendiments de la matèria activa de les plaques. No se supera la ITV si la bateria no està ben fixada.
- En aquelles bateries en què es permet obrir els taps, revisar periòdicament el nivell d'electròlit (aproximadament 1 cm per sobre de les plaques). En cas necessari, cal afegir-hi només aigua destil·lada fins a restituir-ne el nivell.
- Si és necessari desconnectar la bateria, per exemple per a la seva substitució, sempre ho farem primer desconnectant el born negatiu i després el positiu, i en el procés de muntatge tot just a la inversa; així evitarem la producció d'un curtcircuit fortuït amb les eines en tocar algun punt de la carrosseria.
- Si en el moment d'arrencada en fred no tenim prou càrrega a la bateria, podem ajudar-nos amb el suport d'una altra bateria connectant-la en paral·lel; això vol dir el pol positiu d'una bateria amb el pol positiu de l'altra, i el negatiu d'una amb el negatiu de l'altra.

7.6.2. Circuit d'encesa

La missió del sistema d'encesa (fig. 7.3) en els motors Otto és fer saltar una guspira elèctrica a l'interior dels cilindres, per produir la combustió de la barreja aire-gasolina. Aquesta guspira té lloc entre els elèctrodes de les bugies, elements situats a la cambra de combustió del motor, en sotmetre'ls a una descàrrega elèctrica.

Perquè aquesta descàrrega elèctrica salti entre els elèctrodes, és necessari que estiguin separats una distància controlada i aplicar-los una tensió suficientment elevada que superi la resistència que ofereix l'aire situat entre aquests. D'aquesta manera, es necessiten tensions de l'ordre dels 30.000 volts perquè l'espai disruptiu entre elèctrodes sigui electroconductor.

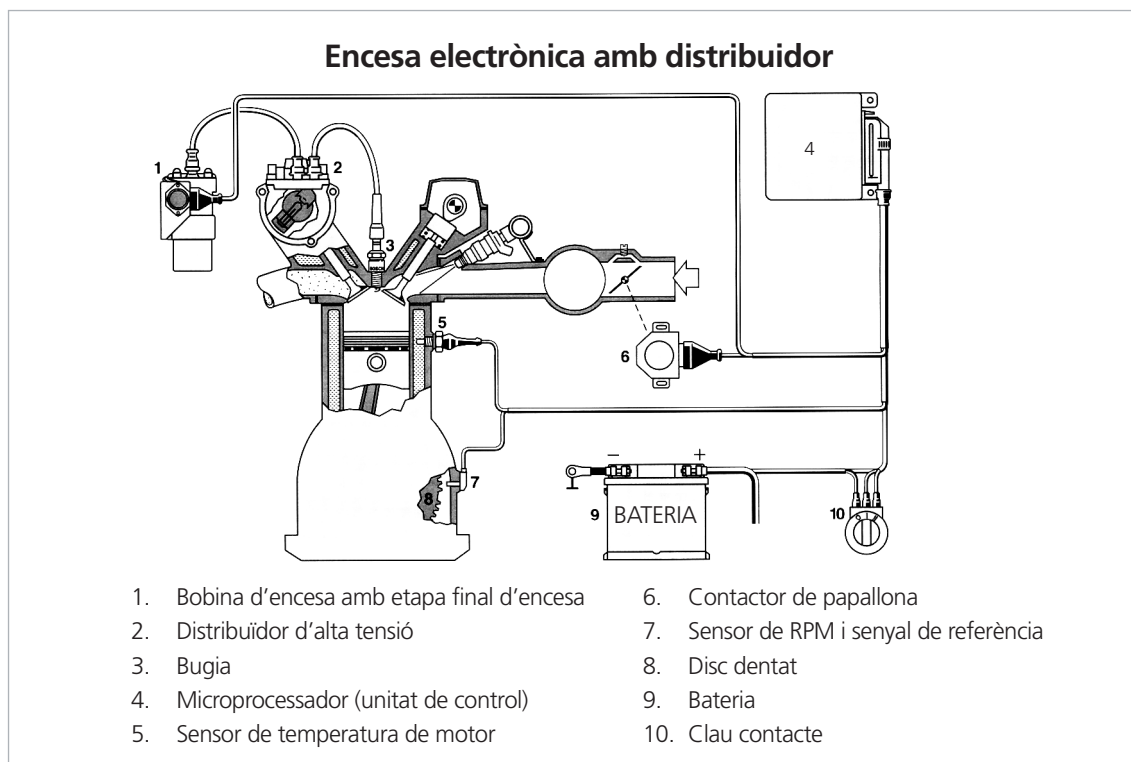


Fig.7.3

Components del circuit d'encesa

El circuit d'encesa està constituït bàsicament pels elements següents:

Bobina (fig. 7.4): El seu funcionament es basa en els fenòmens d'inducció electromagnètica. Transforma la baixa tensió de la bateria (generalment 12 V) en alta tensió (aproximadament de 20.000 a 30.000 V), necessària per fer saltar una guspira entre els elèctrodes de les bugies.

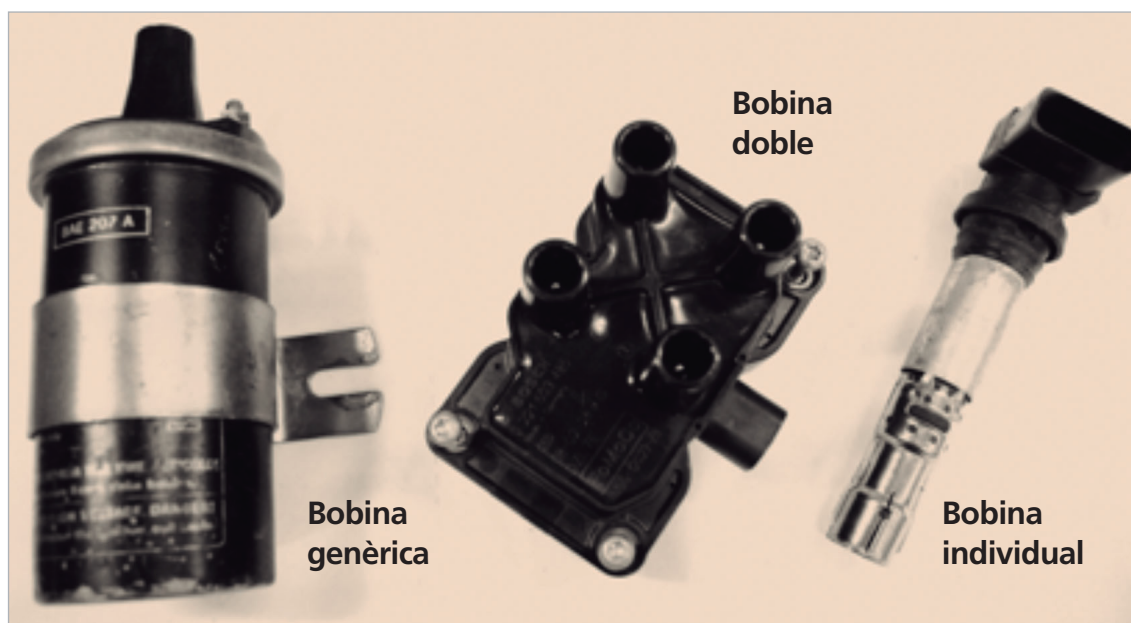


Fig. 7.4

Està formada per un nucli de làmines de ferro dolç, amb un bobinat secundari de fil molt prim (de 0,06 a 0,08 mm) i moltes espires (unes 30.000), que l'envolta. A l'entorn del secundari, du un bobinat primari de fil més gruixut (de 0,5 a 0,8 mm) i poques espires (unes 300). Tot el conjunt va muntat dins una carcassa.

Segons el tipus de circuit d'encesa amb què està equipat el vehicle, podem distingir tres tipus de bobines:

- Una sola bobina per a tots els cilindres, motiu que fa necessari l'ús d'un distribuïdor.
- Dues bobines dobles de doble espurna, que produeixen el salt de guspira a dos cilindres a la vegada.
- Bobines individuals per a cadascun dels cilindres.

Distribuïdor: (Fig. 7.5) Té com a finalitat, com el nom indica, distribuir l'impuls d'alta tensió generat per la bobina a cadascun dels cilindres del motor en el moment oportú. Va acoblat al motor i rep moviment de l'arbre de lleves o d'un eix específic. D'aquesta manera, el moviment està perfectament sincronitzat amb el del motor: dona una volta per cicle, girant, per tant, a la meitat de revolucions que el cigonyal.

Bugies (fig. 7.6): És l'element encarregat d'inflamar la barreja aire-gasolina, comprimida a la cambra de combustió, fent saltar una guspira elèctrica entre els seus elèctrodes central i el de massa.

La bugia està formada per metall, ceràmica i substàncies vítries.

Les parts principals de la bugia són: el cos, l'aïllant i els elèctrodes.

- **El cos de la bugia** és d'acer i serveix per fixar-la a la culata. La part superior és hexagonal i la inferior va cargolada. Està acoblat amb l'aïllant mitjançant pressió i temperatura.
- **L'aïllant** és de material ceràmic especial. Aïlla l'elèctrode central de la part metàl·lica. Allotja l'elèctrode central i el pern de connexió al corrent positiu. El material emprat és òxid d'alumini, juntament amb altres substàncies en petites proporcions. Té bona conductivitat tèrmica, alta resistència elèctrica i resistència mecànica i química.

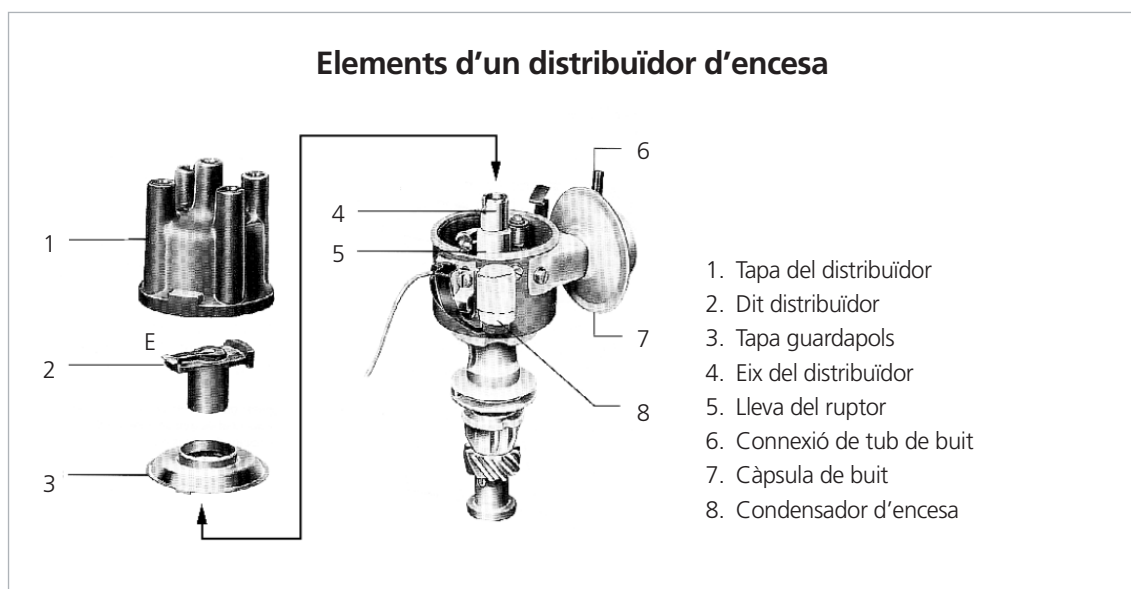


Fig. 7.5

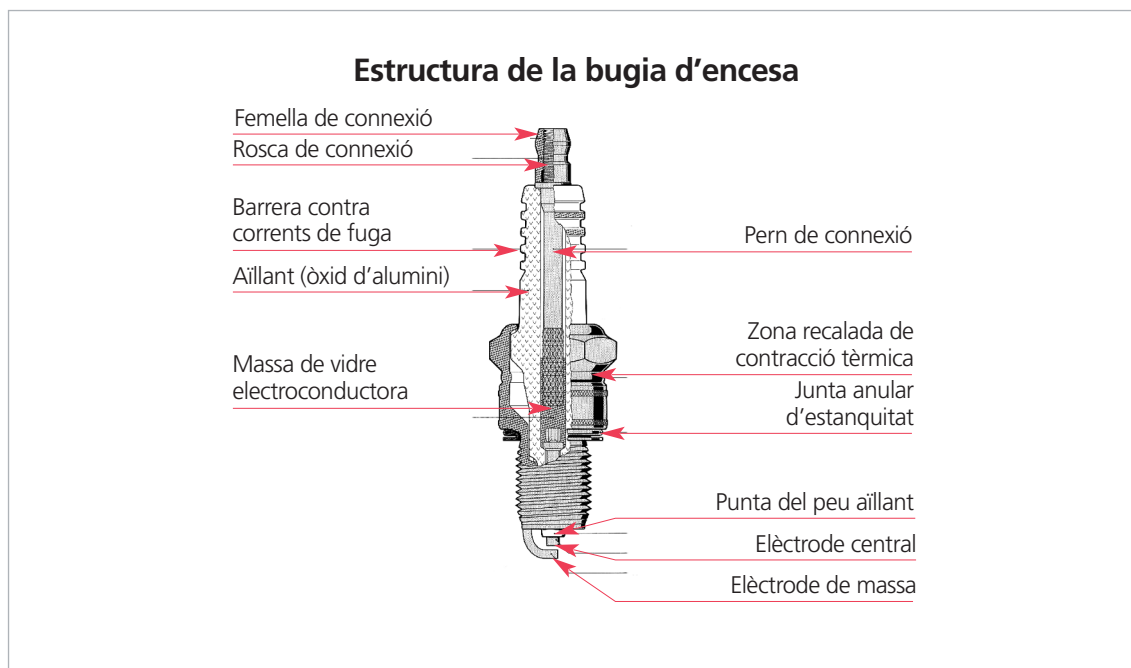


Fig. 7.6

- **Els elèctrodes** estan sotmesos a un desgast per erosió provocat per les guspires i a un desgast per corrosió a causa dels atacs químics i tèrmics. Han de dissipar bé la calor, la qual cosa obliga a fer servir diferents materials segons l'aplicació de la bugia. Avui existeixen bugies amb un nombre d'elèctrodes variable, 2, 3 o 4 (Fig. 7.7).
- **Elèctrode de massa:** Està fixat a la bugia i connecta amb el cos d'aquesta, per tant, amb el material de la culata i el pol negatiu. Pot variar de forma i material segons l'aplicació.
- **Elèctrode central:** Està inserit a l'aïllant de forma estanca mitjançant una massa vidriosa elèctricament conductora. Sobresurt de l'aïllant. Pot estar fet de materials nobles o de nucli de coure revestit de níquel, de platí o iridi, la qual cosa fa que la seva durada hagi variat des d'aproximadament els 5.000 km antigament fins als 120.000 en molts models de vehicles actuals.



Fig. 7.7

Grau tèrmic (fig.7.8): És la capacitat de la bugia d'evacuar la calor. El fixa el fabricant i està adaptat a les característiques del motor.

Les bugies han de treballar dins de la temperatura d'autoneteja. Les parts del peu de l'aïllant que estan en contacte amb la cambra de combustió no han d'estar a temperatures inferiors als 400 °C ni tampoc per sobre dels 850 °C. En el primer cas, és a dir, amb la bugia treballant freda, els pòsits de la combustió podrien derivar el corrent d'alta tensió i no produir-se la guspira; en el segon cas es podria produir l'autoencesa.

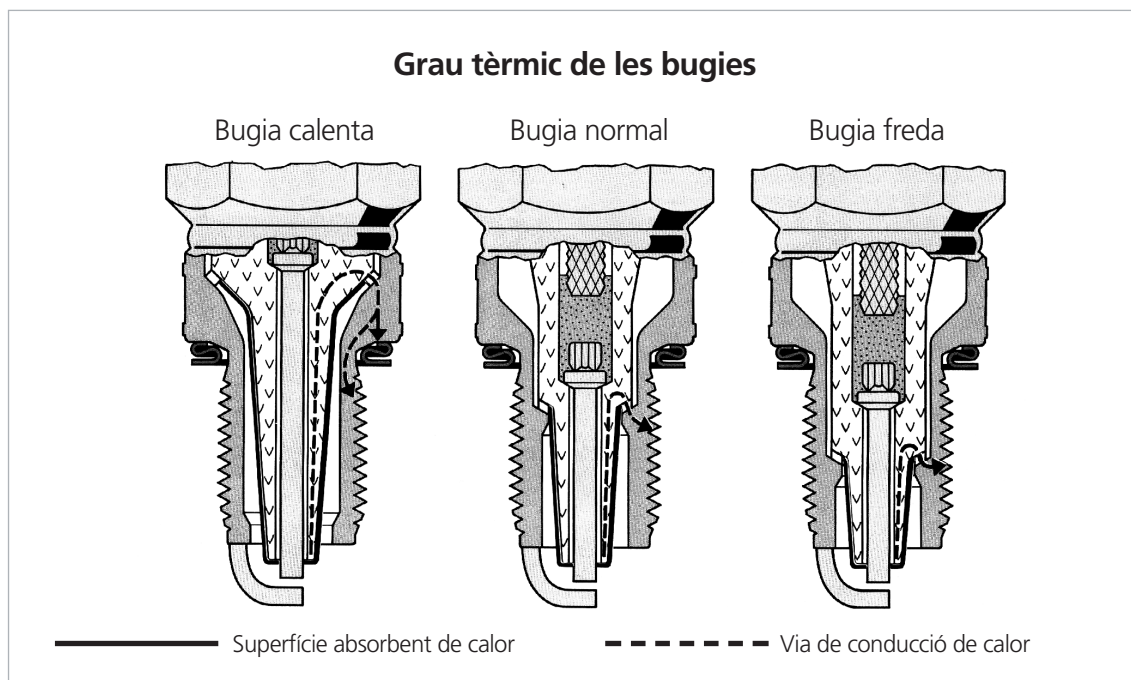


Fig. 7.8

Podem distingir el grau tèrmic de la bugia segons la part d'aïllant que estigui en contacte amb la combustió. Es considera una bugia freda quan té poc aïllant exposat directament a la combustió i calenta, quan en té molt.

Sistemes de regulació de l'encesa: El procés de combustió de la mescla no és instantani, ja que s'inicia en els elèctrodes de la bugia i es propaga en un front de flama per tota la cambra. Això requereix un cert temps (aproximadament 0,001 s). Per tant, si coincidís el salt de guspira amb el PMS, s'iniciaria la combustió i el pistó ja estaria baixant i, com a conseqüència, no s'aprofitaria tota la pressió dels gasos.

Per tant, per obtenir el màxim rendiment del motor, s'avança l'inici de la combustió fent saltar la guspira un temps abans que el pistó arribi al PMS, per tal de fer coincidir el final de la combustió amb l'instant que el pistó passa pel PMS. Amb aquesta finalitat es dota el sistema d'encesa d'uns dispositius d'avançament automàtic que ajusten el moment d'encesa en funció de les rpm i la càrrega del motor (Fig. 7.9). En aquest sentit, actualment la centralita de gestió del motor (UCE) disposa a la memòria d'un mapa o una sèrie de mapes mitjançant els quals la centralita dona el senyal a la bobina perquè aquesta faci saltar la guspira a la bugia en el moment precís (AE). Hi ha models de vehicles en els quals el conductor pot escollir el tipus de mapa a emprar segons les condicions de la conducció (terreny mullat, conducció esportiva, conducció econòmica).

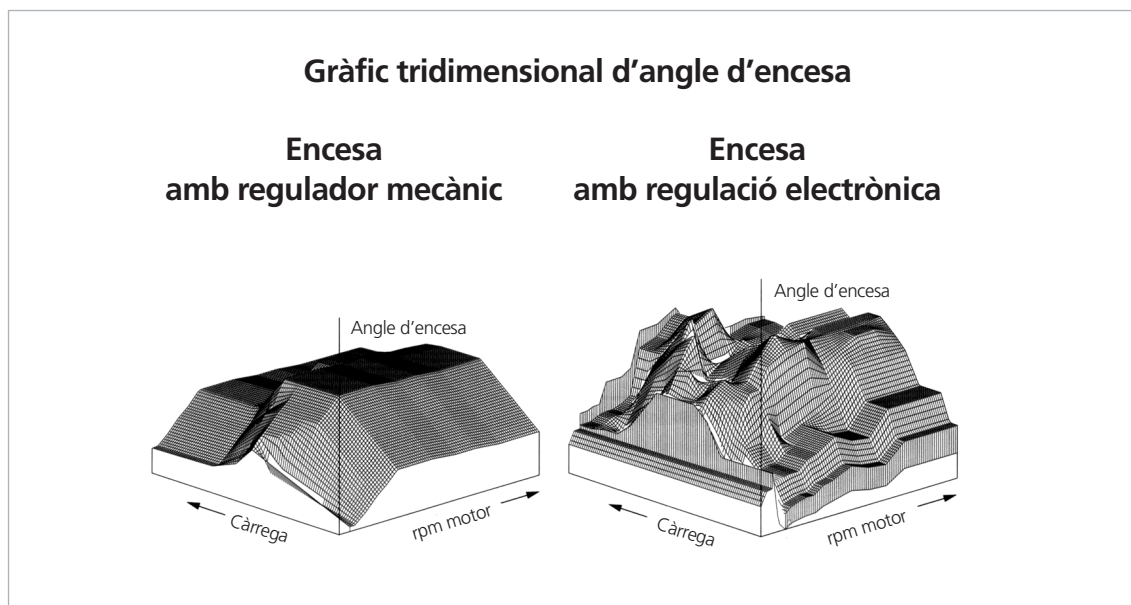


Fig. 7.9

Observació:

Hi ha tallers especialitzats en modificar aquests paràmetres per tal d'obtenir més potència, ja que això es fa amb mitjans informàtics de lectura de dades i gravació de memòries. Aquestes modificacions, pràctica molt estesa entre els joves (reprogramació del xip), comporta un canvi amb les característiques termodinàmiques del motor, pel qual el vehicle es veu immers en una reforma d'importància que cal legalitzar. No fer-ho pot comportar que el vehicle no estigui en condicions administratives per poder circular, amb les conseqüències que això pot comportar.

Cables d'alta tensió: Els cables destinats a transportar l'alta tensió han de reunir unes característiques especials. Per una banda, pel que fa al seu aïllament, han de tenir prou rigidesa dielèctrica per aïllar de l'exterior l'elevada tensió que suporten i, per l'altra banda, la seva resistència ha de ser l'adequada per suprimir els paràsits que pugin afectar els equips de ràdio instal·lats als vehicles.

Encesa electrònica sense distribuïdor

Aquest tipus d'encesa prescindeix del distribuïdor, substituint-lo per bobines estàtiques. Això simplifica molt el sistema de connexions d'alta tensió i redueix els paràsits provocats per les guspies de dins la tapa del distribuïdor. A més, no hi ha cap peça giratòria que es desgasti (fig.7.10).

Pel que fa a la distribució de l'alta tensió, en podem distingir dos tipus:

- **Dues bobines de doble encesa simultània** (fig.7.4), que alimenten, en els motors de quatre cilindres en línia, els cilindres 1 i 4, l'una, i l'altra, els 2 i 3, respectivament. Salten dues espurnes a la vegada, l'una en el cilindre en temps d'explosió i l'altra en el cilindre, també en PMS, però en temps d'escapament. Aquesta última es considera perduda.
- **Bobines individuals per a cada bugia**, cosa que fa que no siguin necessaris els cables d'alta tensió, perquè la bobina fa també de connector amb la bugia (fig.7.4).

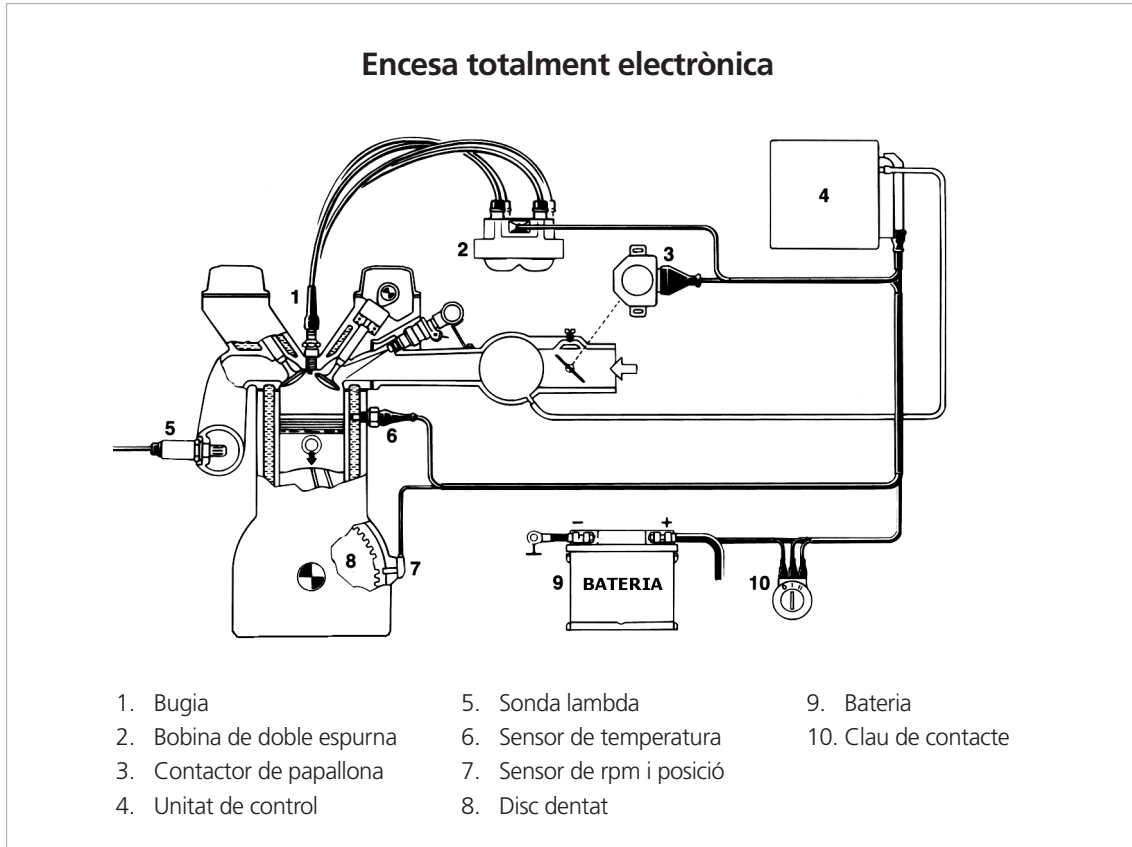


Fig. 7.10

7.5.3. Circuit d'arrencada

Per posar en funcionament el motor d'un automòbil, cal fer un treball capaç de posar en moviment els òrgans del motor perquè, posteriorment, aquests mantinguin el motor tèrmic en el seu règim de funcionament.

El nombre de revolucions mínim perquè un motor Otto es posi en marxa és de 60 a 100 rpm, mentre que per a un motor dièsel és de 80 a 200 rpm.

Aquesta funció, la realitza el sistema d'arrencada format, generalment, per un motor de corrent continu (fig. 7.11), alimentat per la bateria i dotat d'un sistema d'acoblament comandat entre el motor d'encesa i el tèrmic.

Per poder posar en marxa el motor tèrmic a través d'un motor elèctric de dimensions reduïdes, és necessari canviar revolucions per parell en el volant d'inèrcia. Això s'aconsegueix per la reducció entre el pinyó del motor d'encesa i la corona del volant d'inèrcia (d'1/8 a 1/15).

Actualment els vehicles s'equipen amb arrencadors més potents atesa la implantació de noves tecnologies per tal de reduir les emissions contaminants a l'atmosfera, com ara els sistemes *starstop*, el funcionament dels quals ocasiona un gran augment del nombre d'arrencades que farà el motor tèrmic.

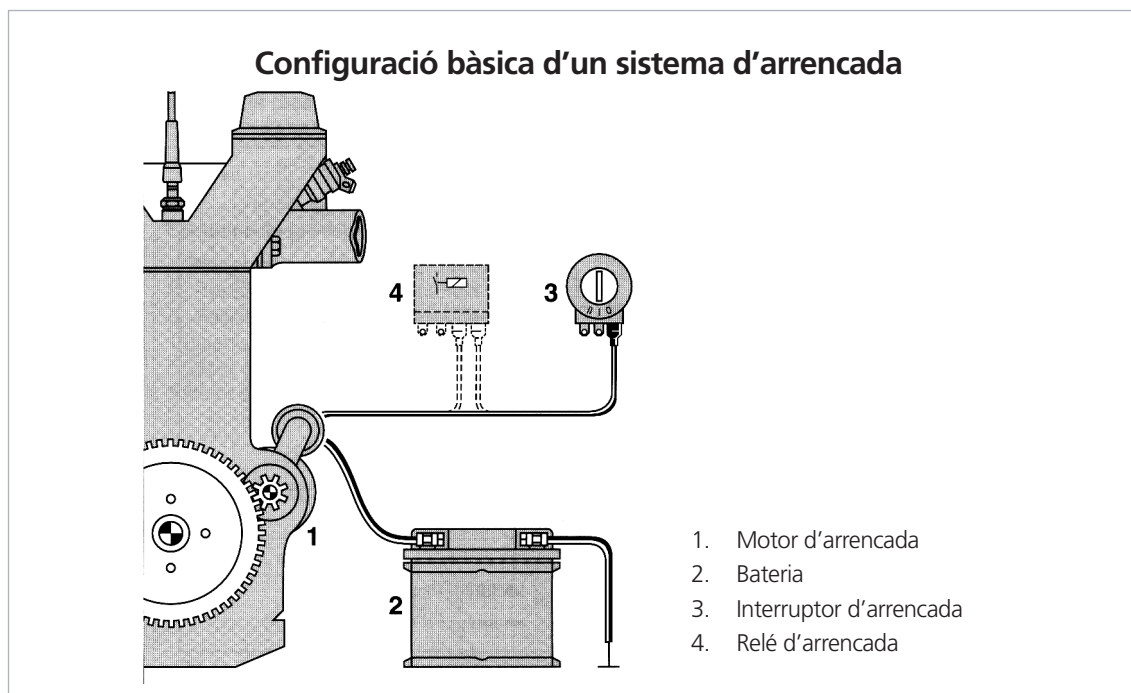


Fig. 7.11

7.5.4. Sistema de càrrega: alternador

L'alternador (fig.7.12) és un generador de corrent que transforma l'energia mecànica que rep del motor per l'acció de la corretja de serveis en energia elèctrica, necessària per carregar la bateria.

L'alternador genera corrent altern, que mitjançant els díodes la rectifica transformant-la en corrent continu.

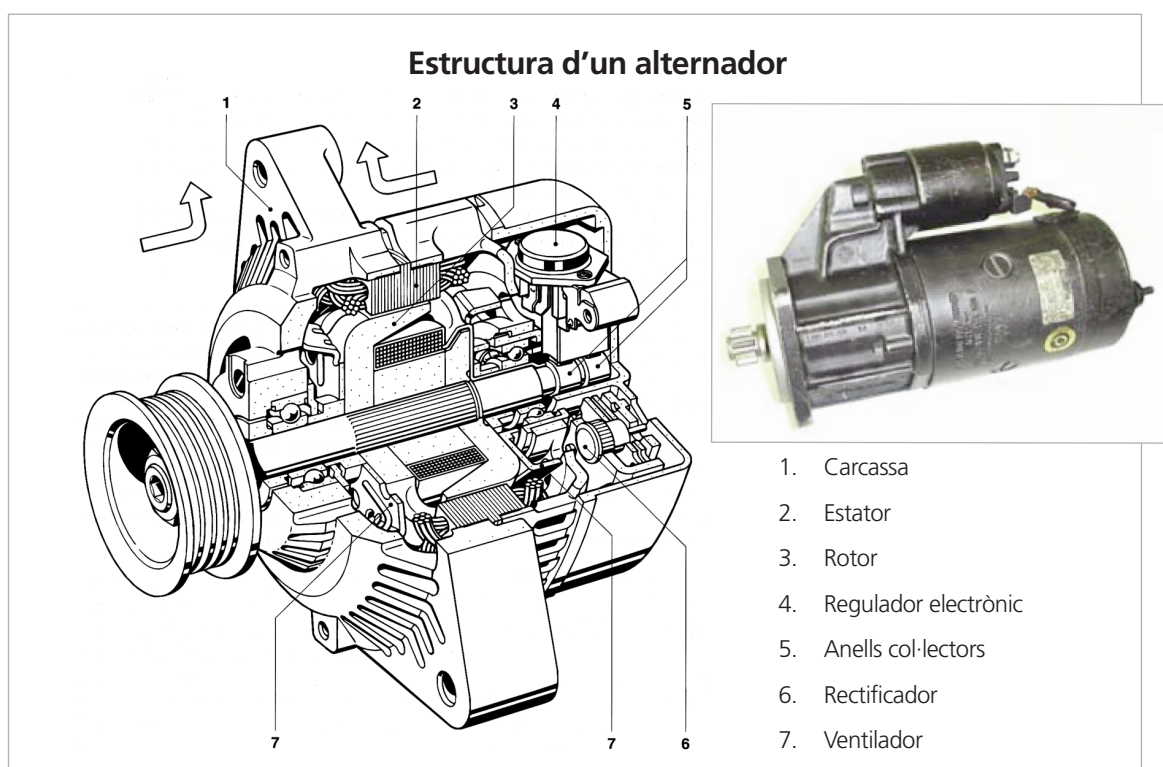


Fig. 7.12

La tensió generada per l'alternador és tant més elevada com més gran sigui la velocitat de rotació. Per aquest motiu, cal un element que eviti que la tensió superi uns valors establerts. Aquest element és el regulador, que va incorporat a l'alternador mateix.

Pel que fa al manteniment és recomanable revisar de manera preventiva l'estat de la corretja de serveis, tant per tal de controlar l'existència de punts febles per on es pugui trencar com de controlar la tensió adequada de la corretja.

7.5.5. Circuits elèctrics

Disposició de la instal·lació elèctrica: cablejat

La instal·lació elèctrica dels vehicles actuals és molt complexa per la gran quantitat de nous dispositius incorporats a l'automòbil. Els cables, que segueixen el recorregut més convenient en funció de la ubicació dels diferents components, estan reunits per grups específics de cablejats. (Fig.7.13).

La instal·lació elèctrica es distribueix en zones:

- **Cablejat davanter:** Alimenta els elements situats a la part del davant del vehicle (òptiques, electroventilador, etc.).
- **Cablejat motor:** Poden compartir part del recorregut amb l'anterior. Connecta els elements elèctrics muntats en el motor.
- **Cablejat del quadre d'instruments:** Connecta els elements del quadre amb la resta de la instal·lació.
- **Cablejat de l'habitacle:** Connecta els elements de l'interior de l'habitacle, com llums de cortesia, lluneta tèrmica, etc.
- **Cablejat posterior:** Alimenta els components de la part del darrere del vehicle.
- **Cablejats auxiliars** (fig.7.14): Alimenta elements auxiliars com el circuit de tancament centralitzat, l'alçavidres, miralls retrovisors exteriors, etc.

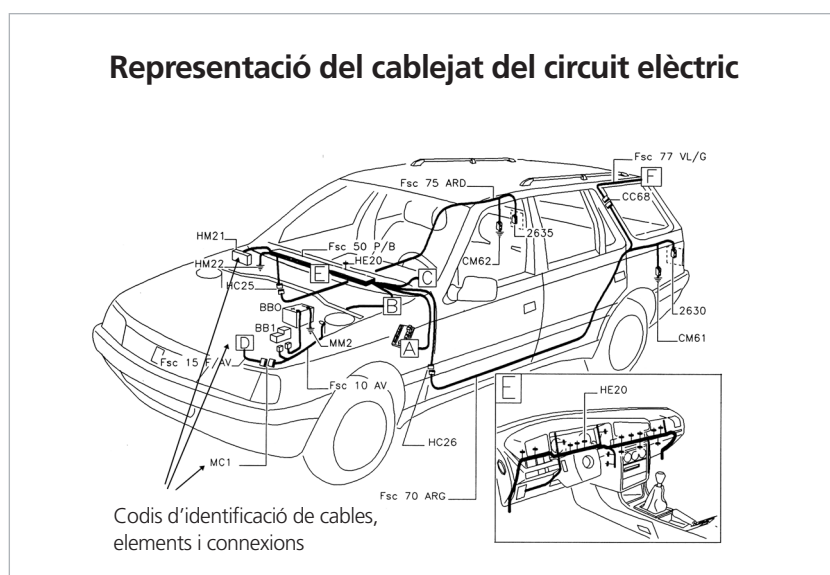


Fig. 7.13

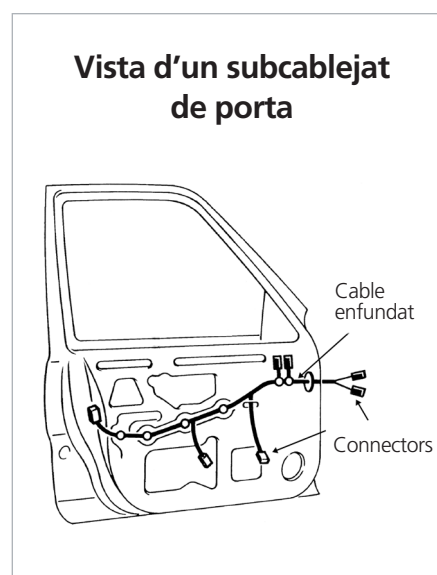


Fig. 7.14

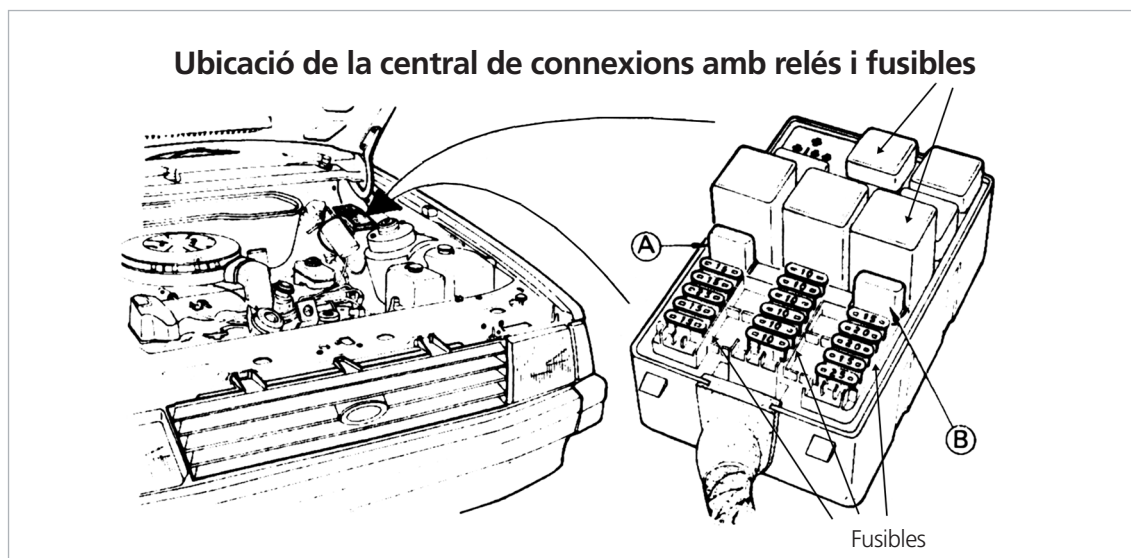


Fig. 7.15

- **Central de connexions** (fig.7.15): És una caixa on, mitjançant connectors, s'interconnecten entre ells els cablejats del vehicle. Incorpora diferents relés de comandament i el conjunt de fusibles de protecció.

Conductors elèctrics

Segons el consum dels components elèctrics que s'hagin d'alimentar, es necessitaran conductors de major o menor secció. Aquesta ha de ser la mínima, però la suficient per garantir el bon funcionament dels diferents receptors, sense que es produeixi en el cable ni un escalfament excessiu, ni una caiguda de tensió superior a l'establerta (aproximadament un 3% del valor nominal de tensió).

Fusibles

Són elements de protecció dels circuits elèctrics que es fonen i interrompen el pas de corrent quan es produeix un consum superior a l'establert per a cada circuit.

Està constituït (fig.7.16) per un fil d'aliatge de plom i estany, i es classifiquen pel consum màxim que suporten. És important respectar el valor d'un fusible quan aquest s'ha de substituir i solu-

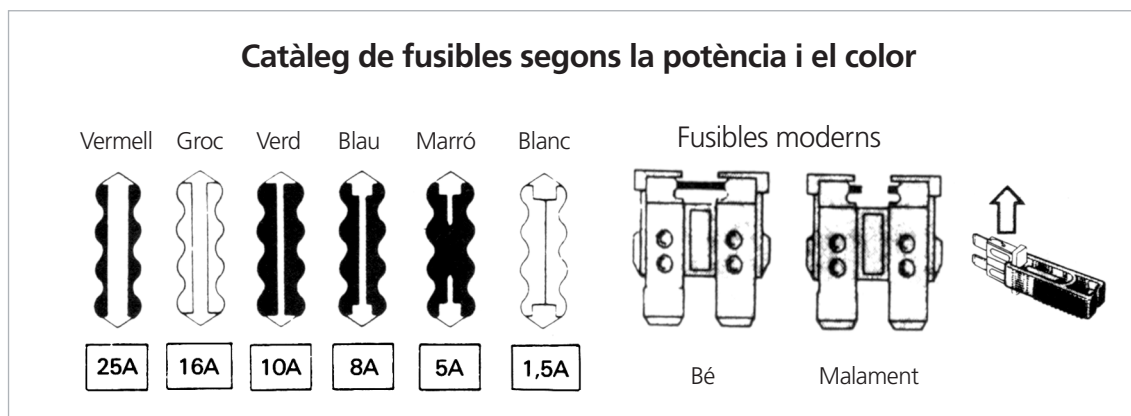


Fig. 7.16

cionar l'origen del problema, ja que, en cas contrari, el nou fusible es tornarà a fondre un cop substituït.

Els fusibles estan catalogats segons la potència i hi ha un color associat a cada valor.

Per poder extreure del seu lloc els fusibles moderns, el fabricant ens facilita una pinça juntament amb el vehicle.

Interpretació d'esquemes elèctrics

A causa de la complexitat de les instal·lacions dels vehicles actuals, és imprescindible utilitzar esquemes per localitzar avaries o bé per fer intervencions i muntatges en els diferents circuits. En els esquemes elèctrics s'utilitza una simbologia que no està unificada i, per tant, difereix sensiblement d'un fabricant a un altre.

Multiplexat: bus CAN (*Controller Area Network*)

Els circuits multiplexats, combinats amb els sistemes clàssics, suposen una reducció important de cablejat.

El multiplexat utilitza una sèrie de mòduls electrònics, interconnectats entre ells, que enllacen els diferents aparells receptors amb els seus elements de comandament i control, de manera electrònica i no convencional, i aconseguen una reducció notable d'instal·lació.

El multiplexat permet també:

- la utilització d'elements de comandament més petits i senzills, ja que no van intercalats en el circuit de potència;
- el control de circuits diferents amb un sol comandament;
- el control d'un circuit amb comandaments diferents, i
- la facilitació de la funció d'autodiagnosi.

Bus CAN: Xarxa multiplexada per on circulen diverses informacions digitals entre diferents equips elèctrics a través d'un sol canal de transmissió (molts senyals per una via única), que permet la comunicació entre diferents sistemes electrònics. Tots els calculadors estan units en xarxa a través del bus CAN, que disposa de dues línies de bus de dades: la *high* i la *low* (Fig. 7.17).

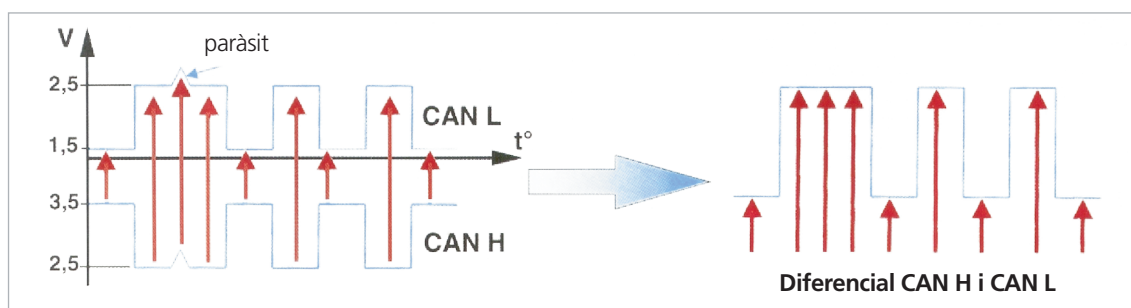


Fig. 7.17

Enllumenat de l'automòbil

Està format per un conjunt de llums adossades al vehicle, que tenen la finalitat de proporcionar tots els serveis de llums necessaris i prescrits per llei per poder circular i els serveis auxiliars de control, seguretat i confort per a la circulació del vehicle.

Les funcions principals són:

- facilitar una perfecta visibilitat al conductor per poder circular de nit en ciutat i carretera,
- posicionar i fer visible el vehicle i la seva mida,
- indicar els canvis de maniobra i
- administrar serveis auxiliars de confort al conductor i als ocupants.

El conjunt de llums que formen part d'un vehicle, en funció de la ubicació i missió específica, els podem classificar en:

Enllumenat: Cruïlla, carretera, antiboira, posició i matrícula, de dia.

Maniobra: Indicadors de direcció, fre i marxa enrere.

Especials: Emergència, gàlib i serveis públics.

Interiors: Quadre, control, enllumenat interior i de compartiments.

Fonts lluminoses

Poden ser radiadors tèrmics o fonts lluminoses per descàrrega de gas.

- **Radiadors tèrmics** (fig.7.18): Generen una llum tant més intensa com més alta sigui la temperatura del filament. En podem distingir dos tipus:

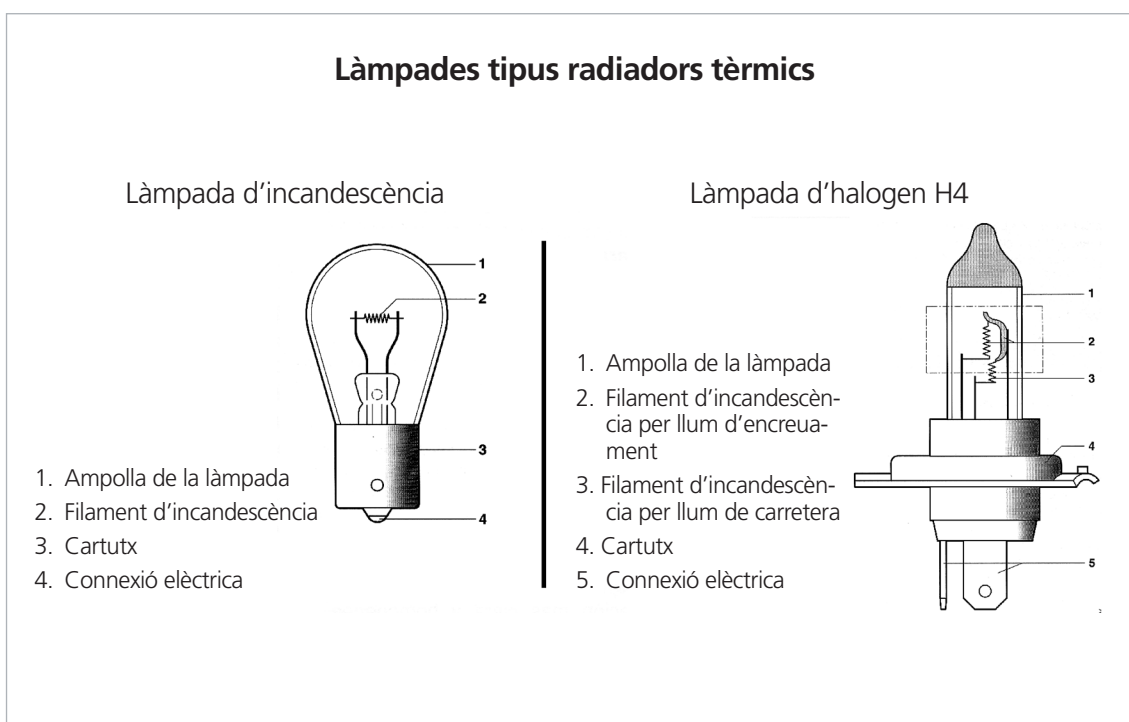


Fig. 7.18

- **Làmpada d'incandescència convencional:** Està formada per un filament, generalment de tungstè, col·locat a dins d'una ampolla de vidre, a la qual s'ha practicat el buit. L'ampolla s'omple amb un gas inert, generalment argó. El pas del corrent a través del filament fa que, per efecte Joule, es posi incandescent ($2.600\text{ }^{\circ}\text{C}$) i emeti llum. Es produeix, doncs, una transformació de l'energia elèctrica en lluminosa.

- **Làmpada d'halogen:** Té més poder d'il·luminació gràcies a la temperatura del filament, que pot arribar als $3.400\text{ }^{\circ}\text{C}$. En aquests tipus de làmpades, s'hi substitueix l'argó per un gas halogen, generalment iode. A causa d'aquesta temperatura de funcionament més alta, el vidre de l'ampolla és substituït per quars. Com que hi ha una regeneració del filament, l'ampolla pràcticament no s'ennegreix i, per tant, la potència lluminosa no disminueix durant tota la seva vida.

En aquestes làmpades, a l'hora de substituir-ne una s'ha de prendre la precaució de no tocar el quars amb els dits, ja que el greix de la suor amb l'alta temperatura es crema i provoca ombres a la zona enllumenada.

- **Fonts lluminoses per descàrrega de gas** (fig. 7.19): Funcionen per la descàrrega elèctrica produïda entre dos elèctrodes en passar a través d'un gas (no hi ha filament). El gas és xenó barrejat amb halurs metàl·lics. Per crear l'arc lluminós en una làmpada de xenó, s'aplica, a través d'un transformador-alimentador (balast), una tensió de 20 KV en els borns dels elèctrodes. Un cop encesat, la descàrrega es manté amb una tensió d'aproximadament 100 V.

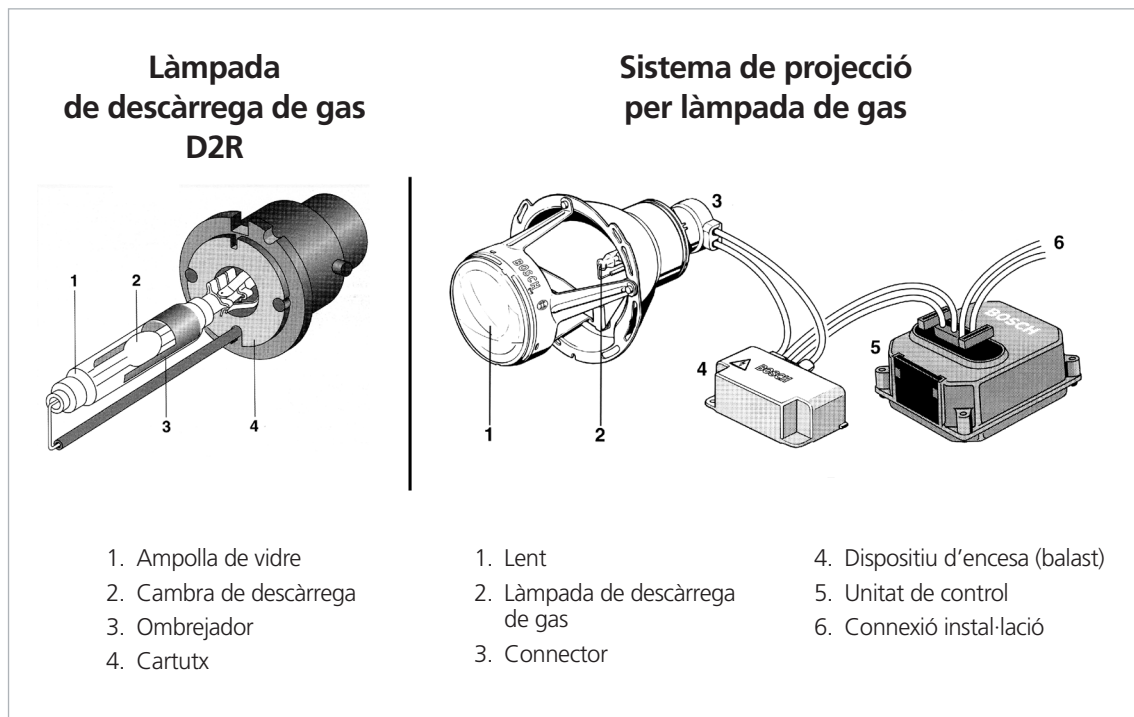


Fig. 7.19

Projectors

Per obtenir un bon rendiment del sistema d'enllumenat d'un vehicle, cal la combinació de les làmpades i un bon projector capaç de reflectir la llum que emeten. Bàsicament, està format per una làmpada, un reflector i un vidre de dispersió.

El reflector (fig. 7.20): És l'encarregat de dirigir el feix de llum cap a la direcció correcta.

Vidre de dispersió (fig. 7.21): Té la missió de desviar amb precisió la llum emesa pels reflectors, agrupant o dispersant la llum per produir l'efecte desitjat sobre la calçada.

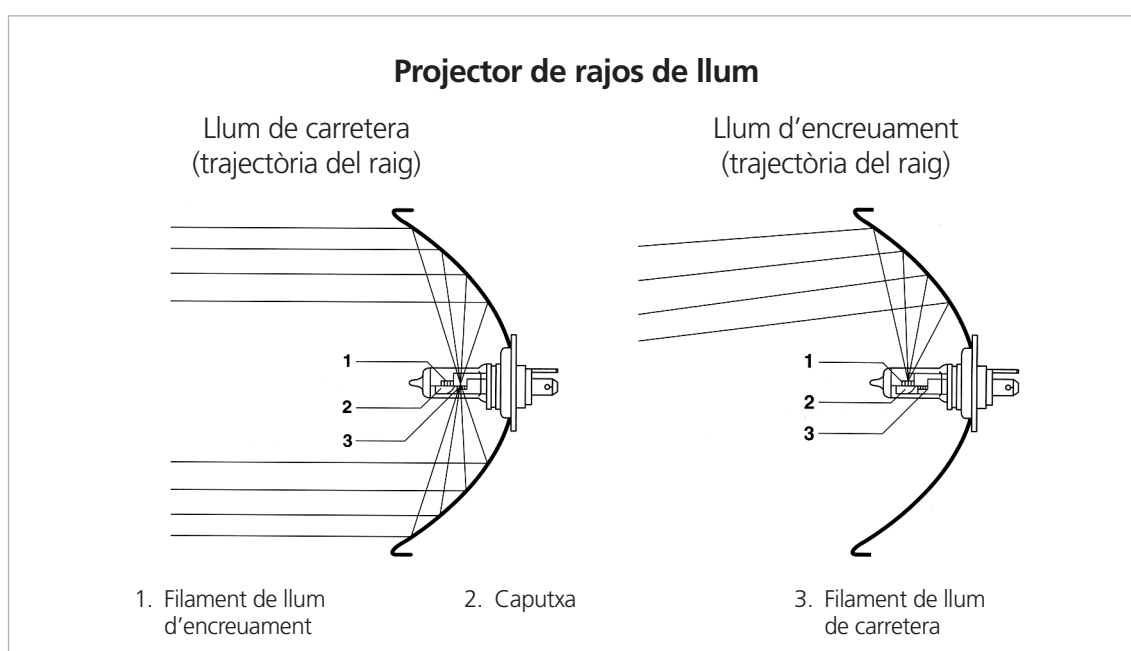


Fig. 7.20

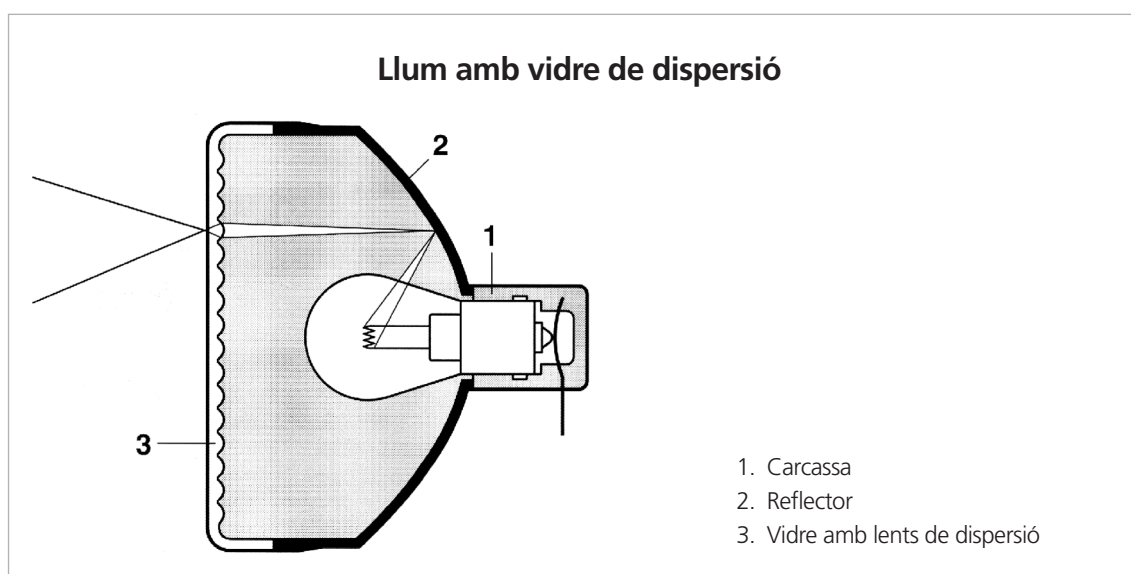


Fig. 7.21

Comprovació i ajust dels fars

És important ajustar els fars per tal de no enlluernar els conductors dels vehicles que circulen en sentit contrari. L'ajust es fa mitjançant un aparell (fig. 7.22) que mesura la intensitat de llum i la posició sobre una superfície de comprovació estandarditzada.

Un altre aspecte a tenir en compte és que actualment s'utilitza el policarbonat com a superfície externa dels fars. Aquest material té l'inconvenient que amb el sol es deteriora, engrogeix i es matisa i es torna opac, motiu pel qual el feix de llum que el travessa es veu molt disminuït. Es pot restaurar fent-li un poliment.

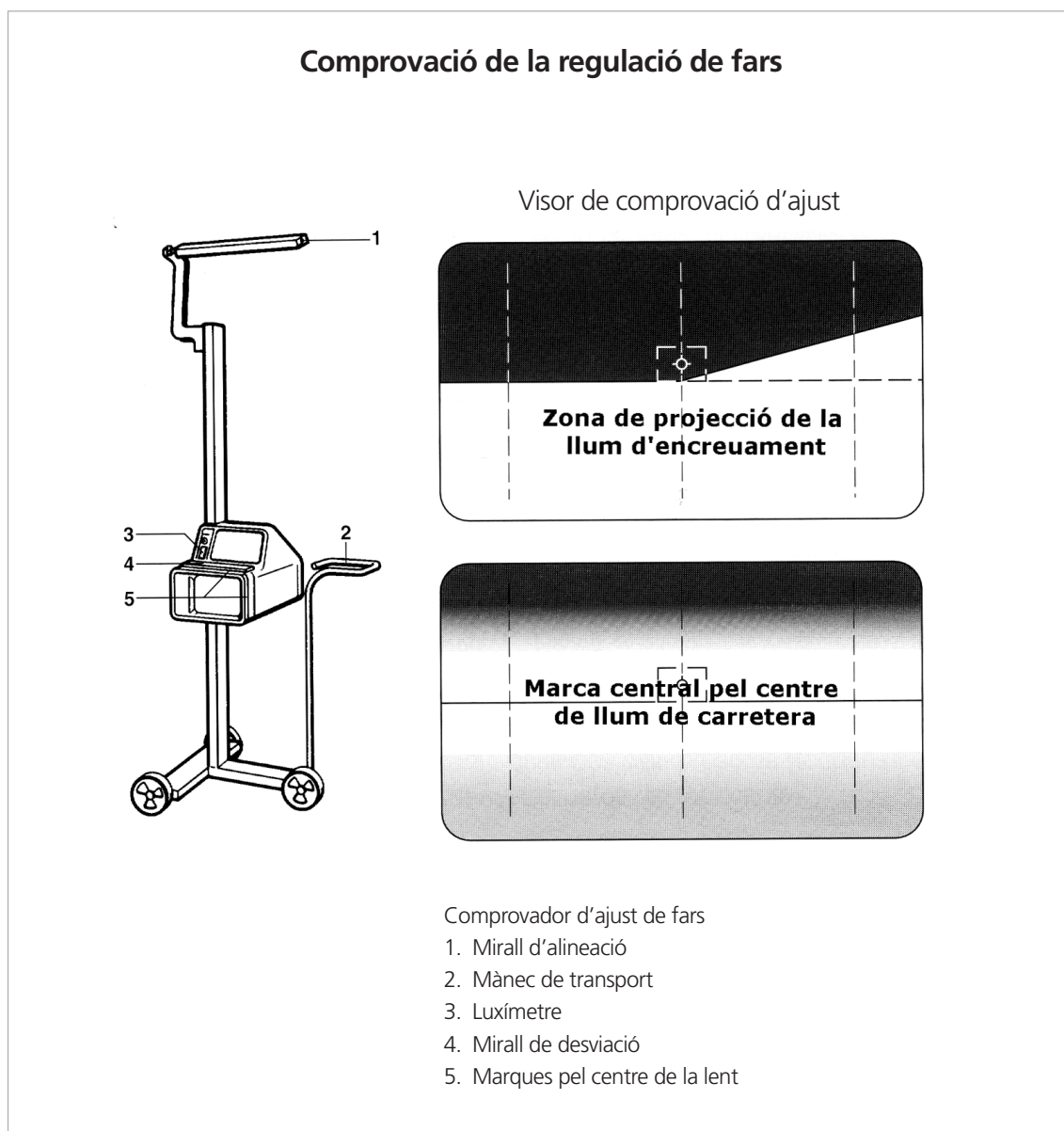


Fig. 7.22

Quadre de comandaments

Ens informa, mitjançant indicadors lluminosos, sobre el funcionament dels elements del vehicle. A més, dona informació sense distreure el conductor i sense constituir un impediment per a la conducció. (Fig. 7.23)

La solució més clàssica és posar bombetes darrere d'uns panells gravats amb els motius d'informació o bé per visualitzadors de cristall líquid o per díodes LED, de consum molt baix i força lluminosos.

Eixugaparabrises

És l'encarregat de netejar el parabrisa d'aigua i altres elements que dificulten la visió del conductor. Està format per un motor elèctric, una transmissió mecànica i les escombretes, que amb el moviment pendular freguen el vidre del parabrisa. Sol incorporar funcions diverses, com la funció automàtica intermitent, les diferents velocitats d'escombrada i, fins i tot, un sistema totalment automàtic que engega l'eixugaparabrises quan cauen les primeres gotes de pluja.

Disposa d'un sistema de líquid rentaparabrises impulsat per una bomba submergida dins d'un recipient específic (fig. 7.24) i que també neteja els fars en el cas que aquests siguin de xenó.

El motor elèctric gira entre 2.500 i 3.000 rpm i, mitjançant una reducció, fa anar les escombretes entre 50 i 70 oscil·lacions per minut (Fig. 7.25)..

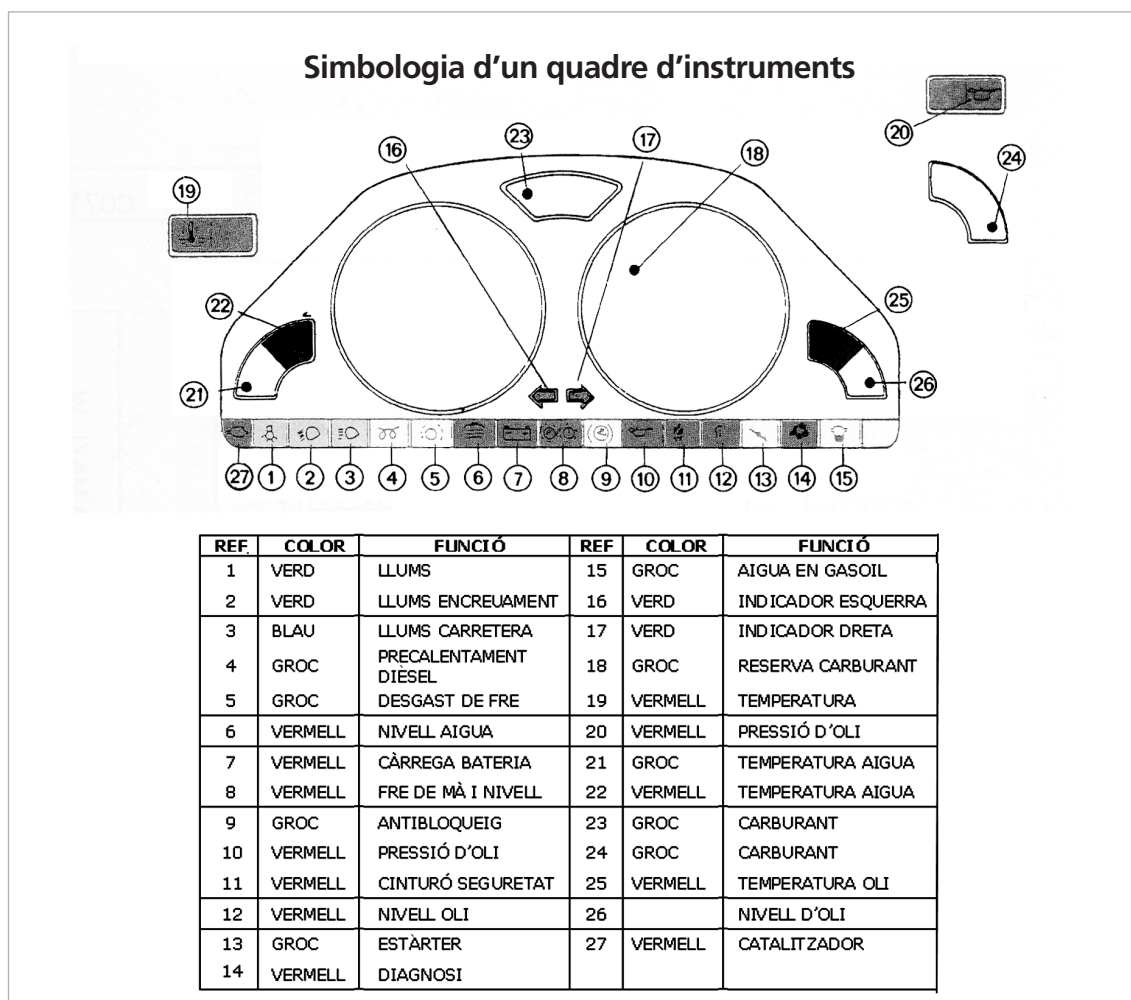


Fig. 7.23

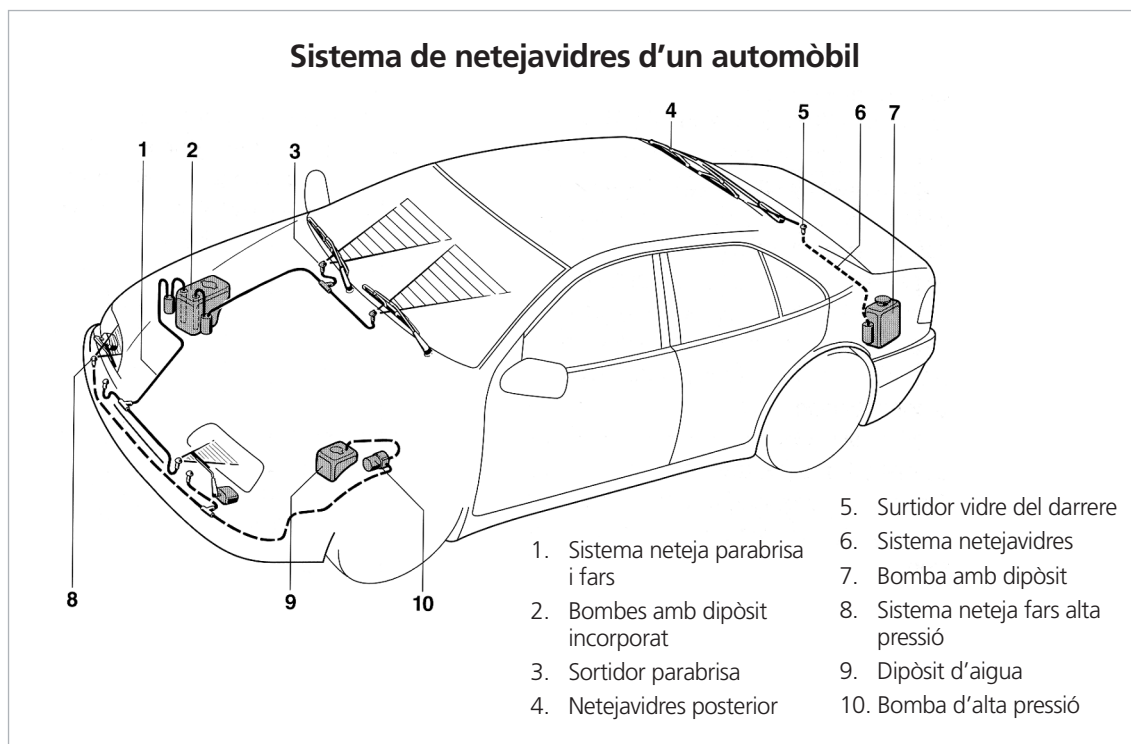


Fig. 7.24

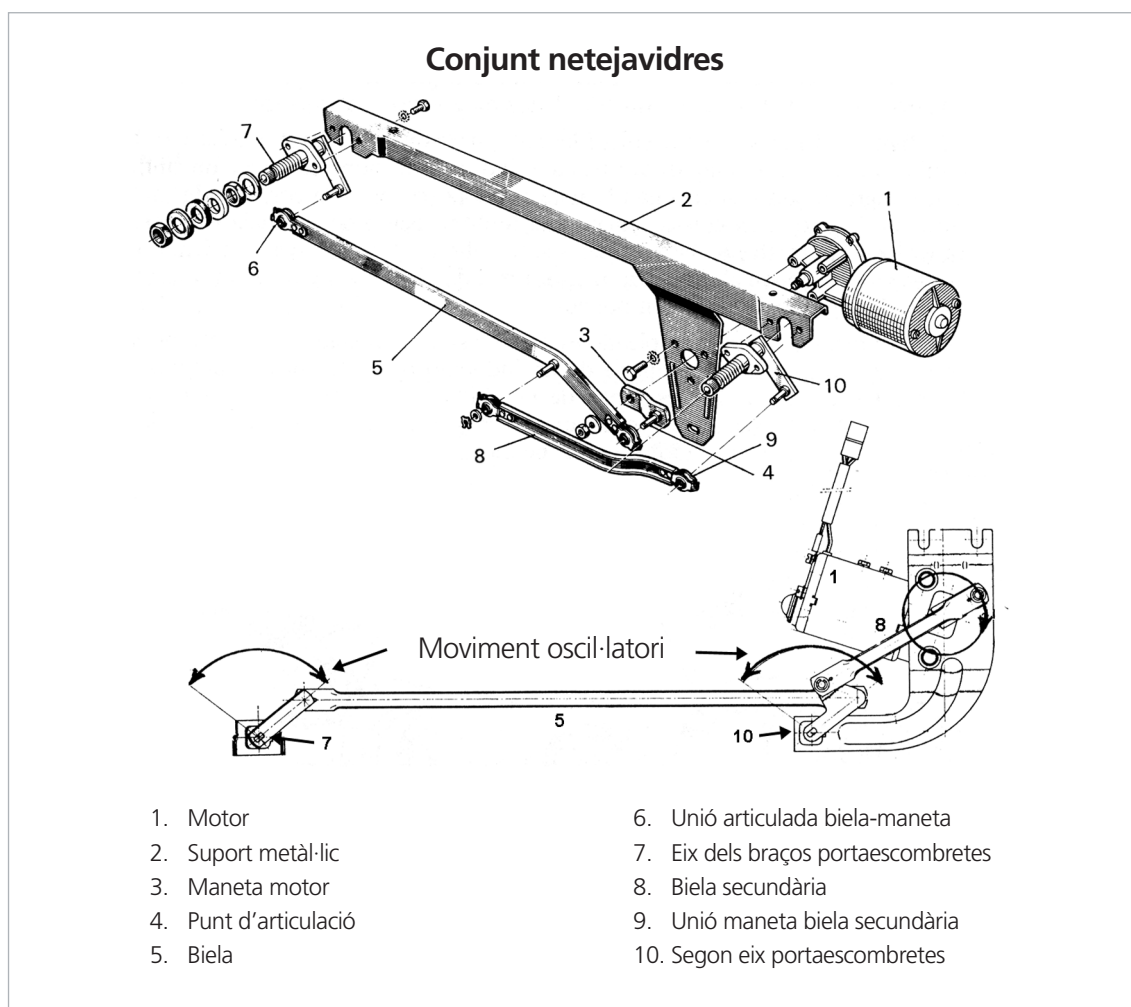


Fig. 7.25

Tancament centralitzat

El tancament centralitzat (fig. 7.26) és un sistema que, quan es tanca una porta i s'acciona el sistema d'enclavament, tanca la resta d'enclavaments del vehicle (les altres portes, la porta del portaequipatges, el tap del dipòsit de la benzina, etc.). Per contra, quan s'obre o es desenclava una porta, ja sigui accionant els pius asseguradors, la clau de la porta o un mecanisme per infrarojos o radiofreqüència, se'n desenclaven la resta.

En els vehicles actuals, per tal d'evitar accidents per obertura fortuïta d'una porta en marxa, els mecanismes d'enclavament s'accionen automàticament quan el vehicle es desplaça a velocitats per sobre dels 10 km/h, tot i que es poden obrir des de l'interior quan el vehicle s'atura.

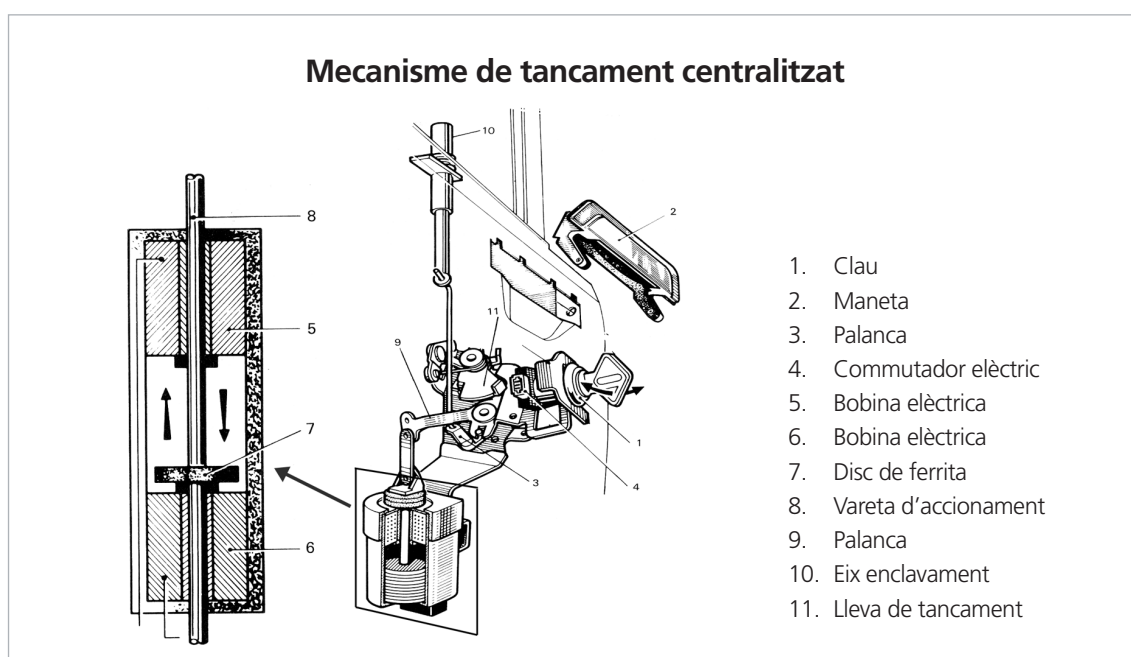


Fig. 7.26

Alçavidres elèctric

El sistema consisteix a substituir la manovella d'accionament del mecanisme alçavidres per un motor elèctric amb finals de cursa incorporats (permet que el vidre s'aturi quan arriba al màxim permès, tant per a la part de baix com per a la part de dalt) (fig. 7.27).

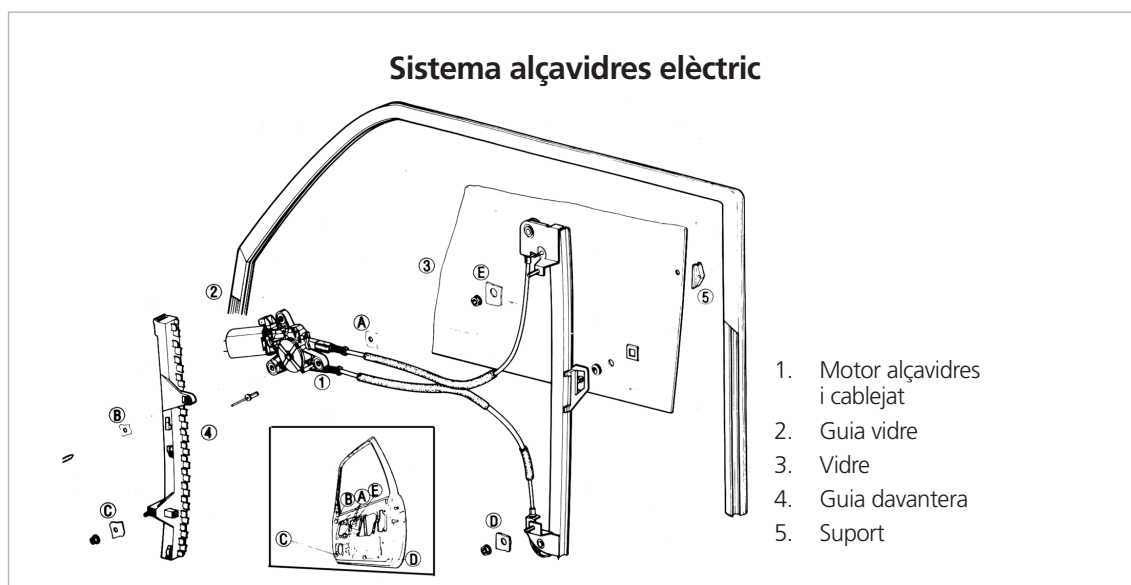


Fig. 7.27

Sistema de ventilació i calefacció

El sistema de ventilació té com a objectiu renovar l'aire de l'habitacle mitjançant entrades i sortides d'aire que en permeten la circulació. El sistema incorpora un ventilador que pot ajudar a augmentar-ne la intensitat (fig. 7.28).

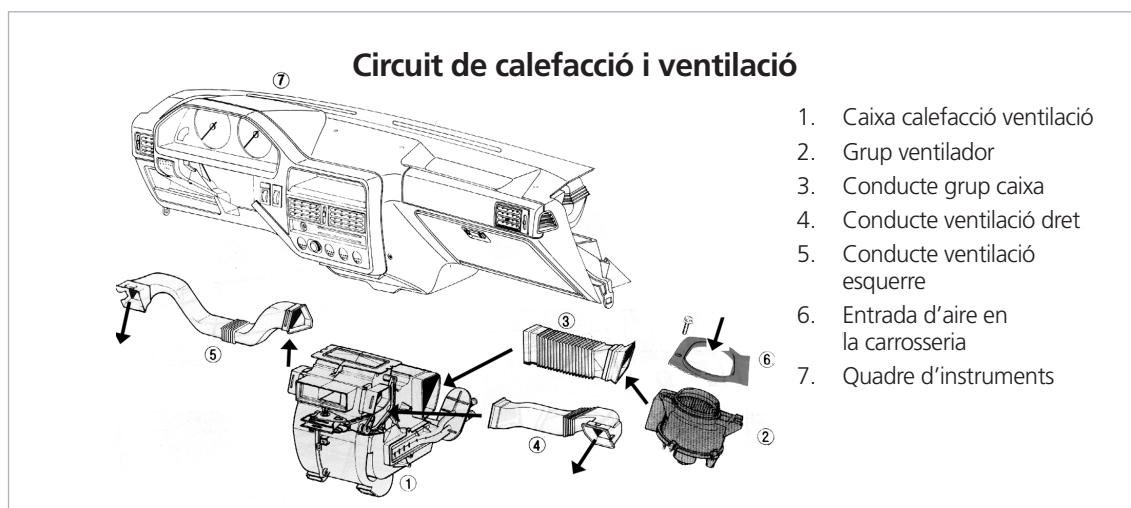


Fig. 7.28

Intercalant un radiador d'aigua connectat amb el circuit de refrigeració del motor, aconseguim escalfar l'habitacle amb la calor del motor dissipada al radiador de calefacció. Governant un sistema de portes instal·lades al circuit (fig. 7.29), podem reconduir l'aire, tant fred com calent, cap a on vulguem.

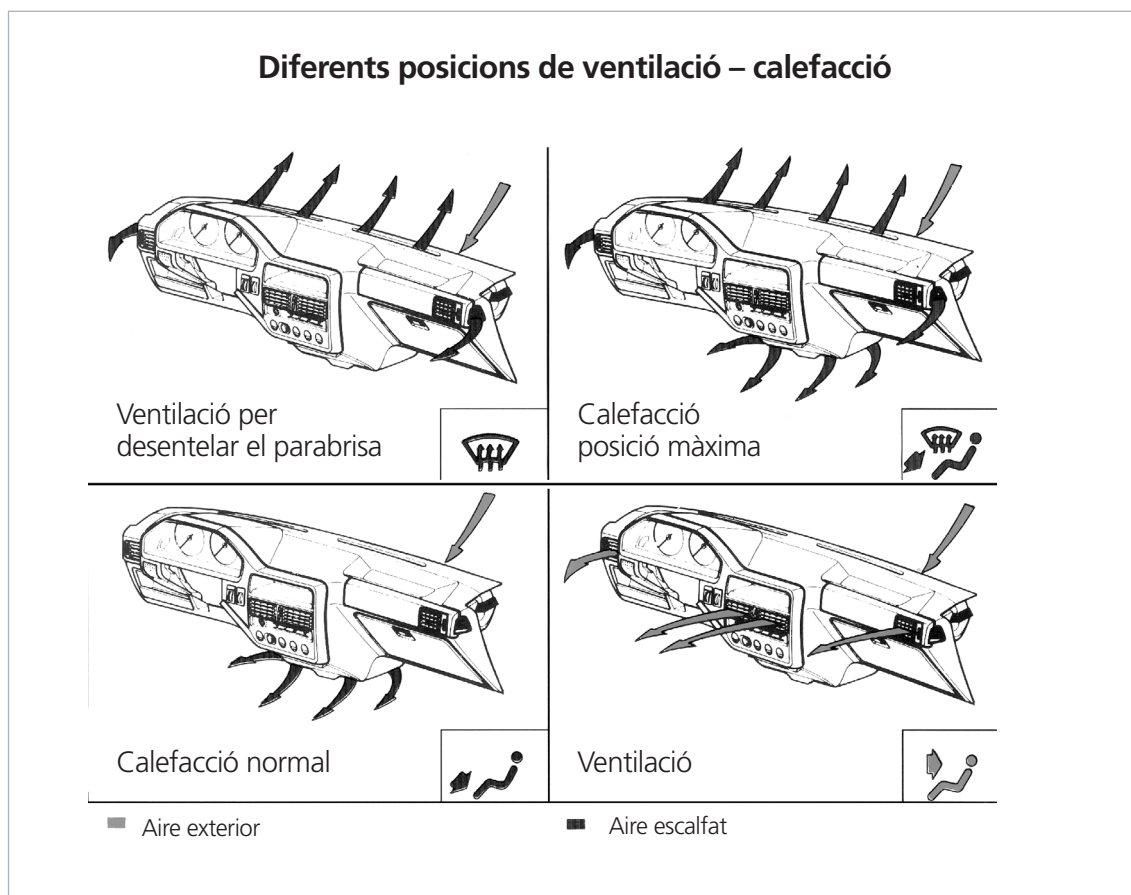


Fig. 7.29

Sistema de climatització

La climatització o aire condicionat neix de la necessitat d'una conducció més confortable i a la vegada més segura -a una temperatura idònia de conducció situada entre els 21 °C i els 26 °C. Una altra característica de l'aire condicionat és que "asseca" l'aire, fet molt idoni per desentelar el parabrisa.

Components principals del circuit (fig. 7.30)

- Compressor
- Condensador
- Evaporador
- Filtre deshidratador
- Vàlvula d'expansió
- Dispositius de seguretat

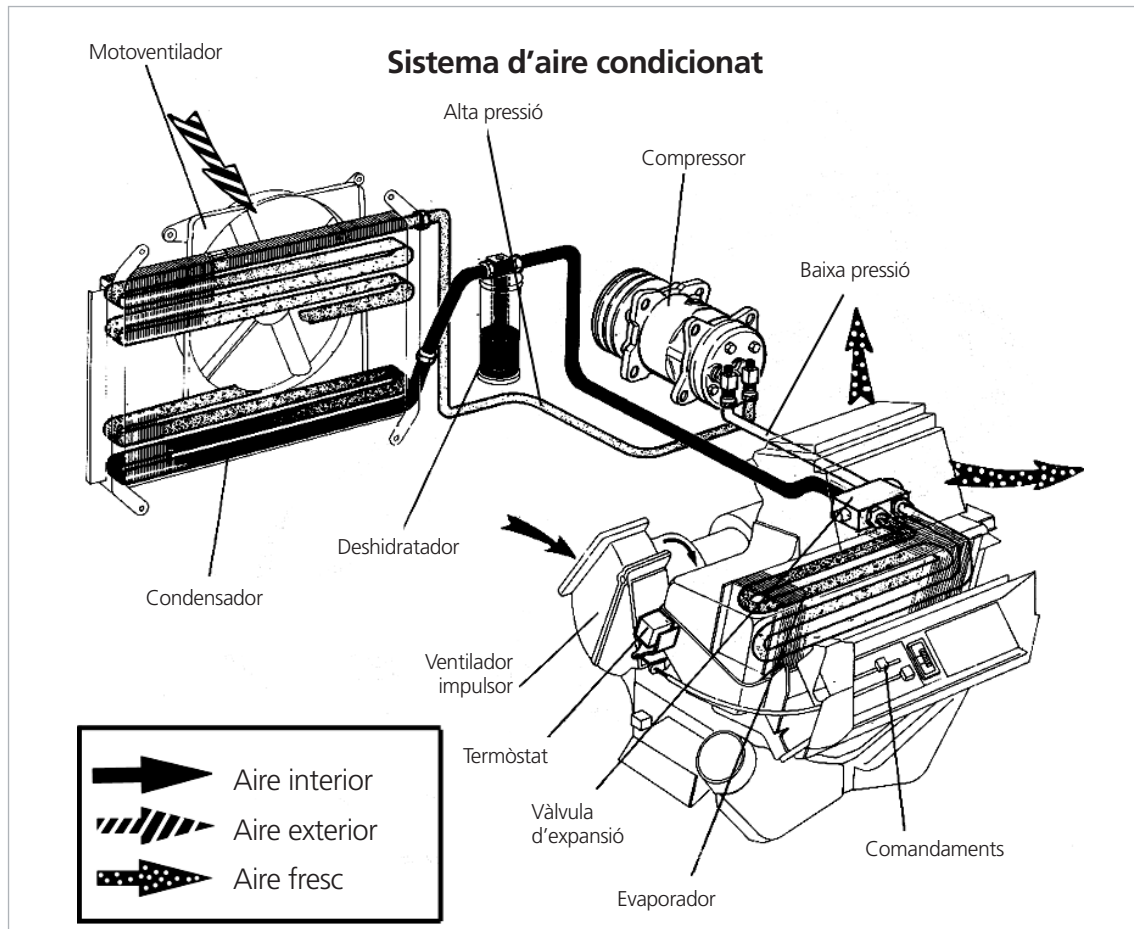


Fig. 7.30

Funcionament del circuit

- El compressor aspira el refrigerant en estat de gas a baixa pressió. El comprimeix i el refrigerant s'escalfa.
- El refrigerant calent en forma de gas entra en el condensador, on es refrigera, ajudat per l'aire exterior i es condensa.
- S'expansiona, amb una caiguda de la pressió, i arriba en forma líquida a alta pressió a la vàlvula d'expansió.
- El refrigerant alliberat per la vàlvula d'expansió, entra a l'evaporador. Es refrigera fortament per caiguda de pressió i es transforma en gas. D'aquesta manera, absorbeix calor de l'aire que el travessa i el refrigera i l'asseca.
- El refrigerant és reaspirat pel compressor en forma de gas i el cicle es repeteix.

Sistemes de seguretat activa

La seguretat activa és un concepte que cal tenir en compte a l'hora de dissenyar i construir un automòbil que sigui al màxim de segur per evitar, en la mesura del possible, els accidents.

- **ABS:** Anti Blockier System o Anti-Lock Braking System (fig. 7.31). Són probablement les sigles més utilitzades en el món de l'automòbil i les més conegudes pel públic en general.

S'apliquen al dispositiu electrònic antibloqueig de frens desenvolupat per Bosch.

- **Sistema de control de tracció (ASR):** Actuant sobre la gestió del motor i els frens, el sistema regula en tot moment la tracció de les rodes i n'evita el lliscament que ocasiona l'excés de força aplicada i la corresponent pèrdua de direccionalitat mitjançant la informació que rep sobre la velocitat de les rodes a través d'uns sensors. El sistema es nodreix de part dels elements del sistema ABS.
- **ESP:** Control electrònic de l'estabilitat (fig. 7.32). Actuant de manera precisa i simultània sobre els frens i la gestió del motor, evita (dintre dels límits de les lleis de la física) la pèrdua de control del vehicle, i el manté en la seva trajectòria.

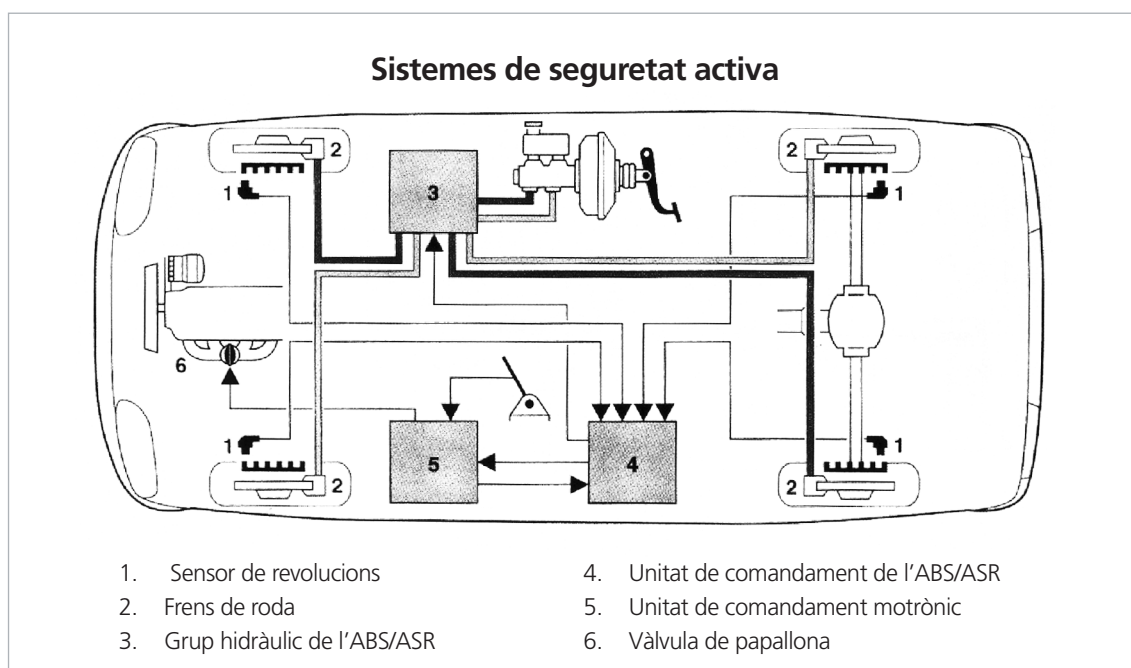


Fig. 7.31

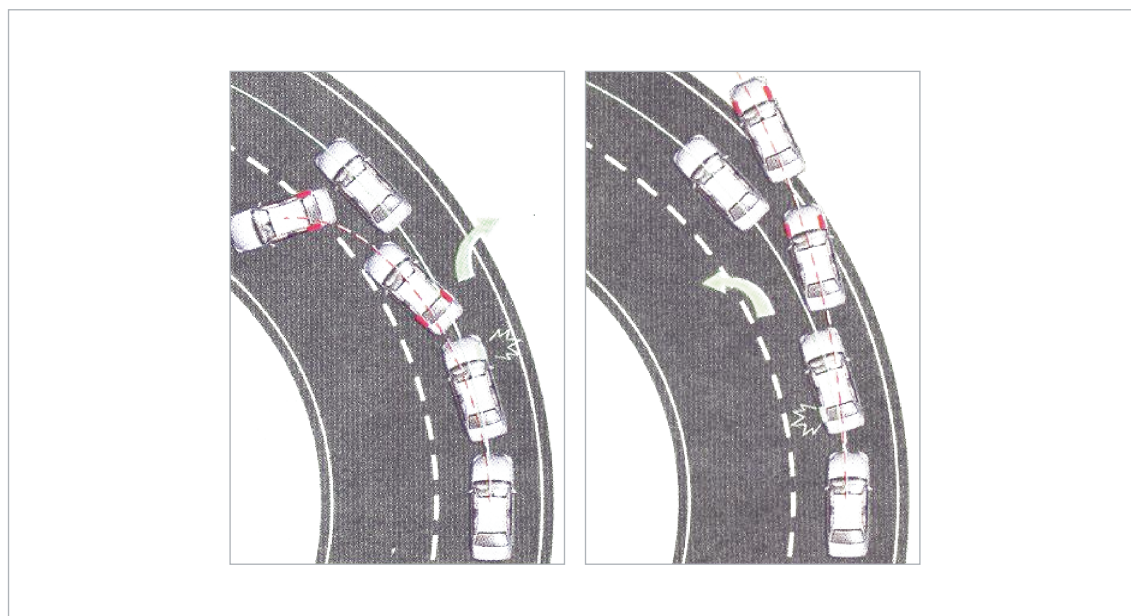


Fig. 7.32

Els tres sistemes anteriors ja tenen uns anys d'antiguitat pel que fa a la seva instal·lació en els vehicles. Amb els nous objectius fixats per la Unió Europea per reduir al màxim el nombre de morts a la carretera, el Parlament Europeu ha aprovat una sèrie de mesures que hauran d'incorporar els vehicles nous a partir de l'any 2022, i entre aquestes n'hi ha que fan referència a la seguretat activa i que, catalogades com a ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), ja trobem de manera habitual en molts dels vehicles, tals com:

- **Detector de somnolència i sistemes de reconeixement i prevenció de distraccions:** A través d'una sèrie de sensors que monitoritzen el comportament dels ulls, el vehicle envia un senyal sonor en cas de detectar signes clars de somnolència en el conductor per avisar i que pugui fer una parada per descansar. El mateix passa si el vehicle detecta que el conductor està distret o utilitzant el telèfon mòbil.
- **Alerta de canvi involuntari de carril (LDW):** (Fig. 7.33) Aquesta tecnologia que ja inclouen molts vehicles alerta el conductor quan comença a envarir el carril contrari de manera involuntària mitjançant un senyal sonor i si no hi ha activat cap dels intermitents.

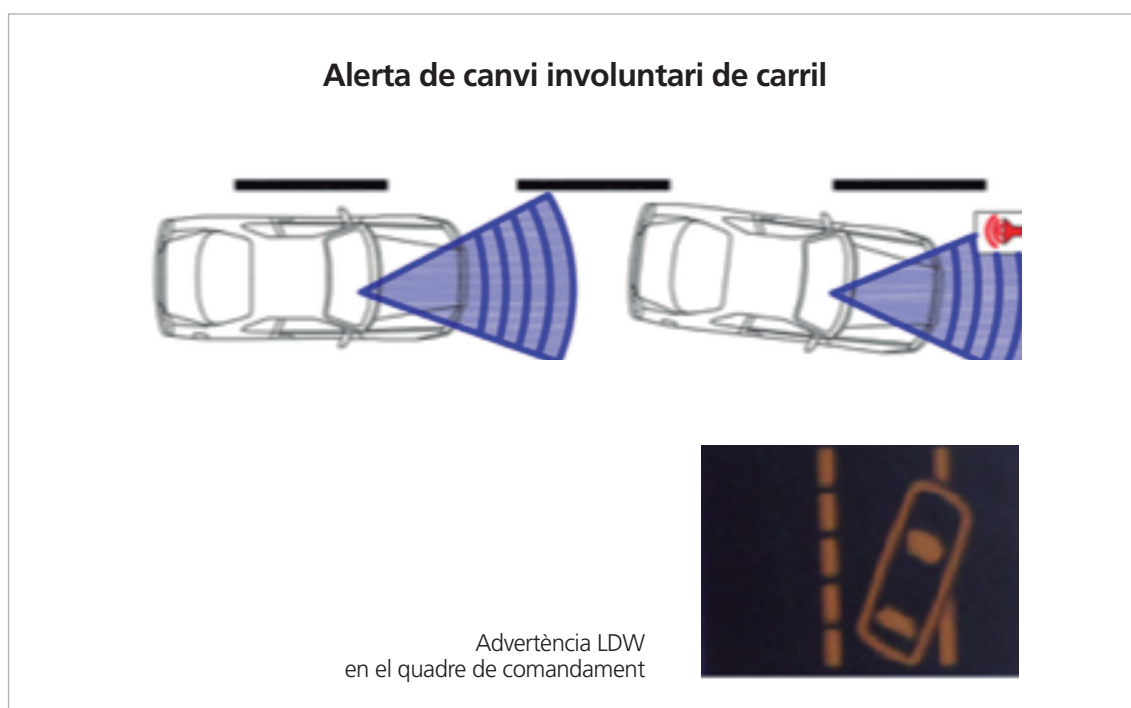


Fig. 7.33

- **Assistent avançat de mitigació de col·lisió frontal amb encesa automàtica de llums d'avis (FCM):** (Fig. 7.34) Aquest sistema també s'inclou en molts vehicles i la seva funció consisteix a avisar el conductor a través de senyals acústics o visuals en cas de detectar la presència d'algun obstacle a la carretera, la qual cosa ajuda a prevenir la col·lisió frontal o a reduir els danys en cas que la col·lisió sigui inevitable. Funciona tant en vehicles com en vianants gràcies a una càmera i un radar làser. Si el conductor no reacciona davant d'aquests primers avisos, el sistema intervé sobre el sistema de frenada del cotxe en funció dels riscos que ha detectat.
- **Control de velocitat de creuer adaptatiu (ACC):** (Fig. 7.35) El sistema ACC manté la distància seleccionada entre el vehicle i el vehicle del davant gràcies a un radar. Contribueix especialment a reduir la tensió del conductor en els embussos en carreteres i autopistes.

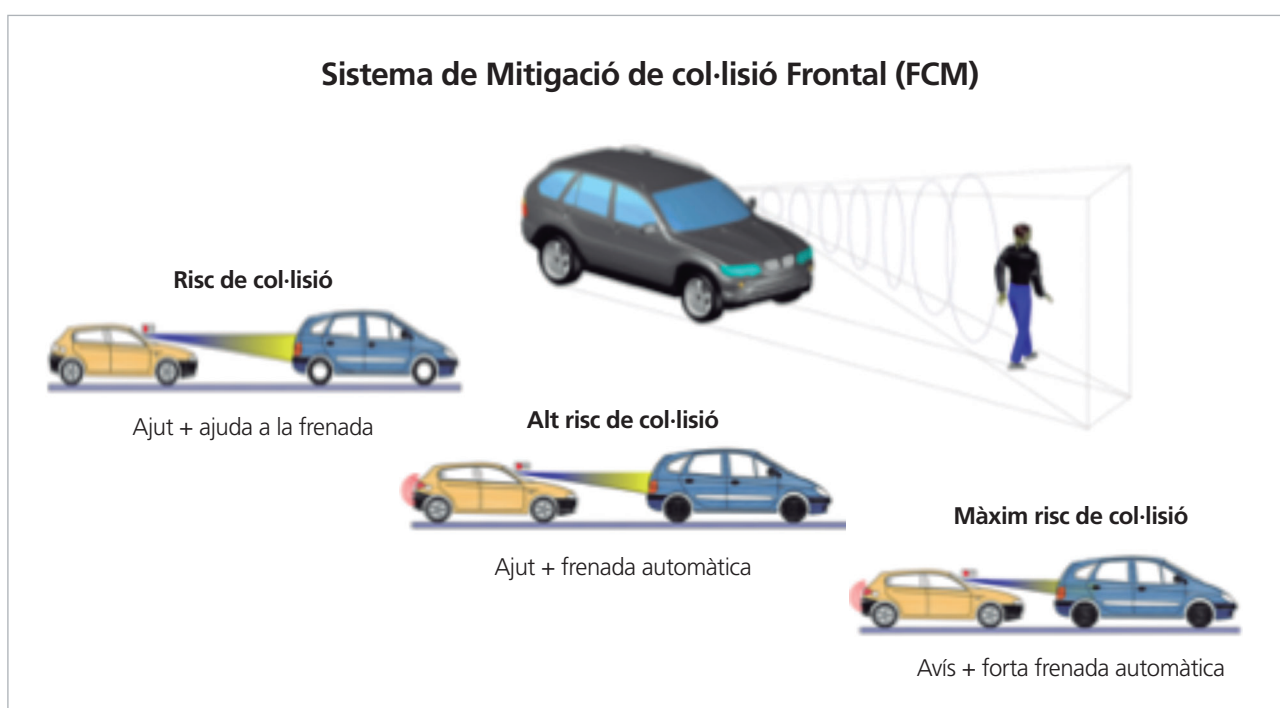


Fig. 7.34

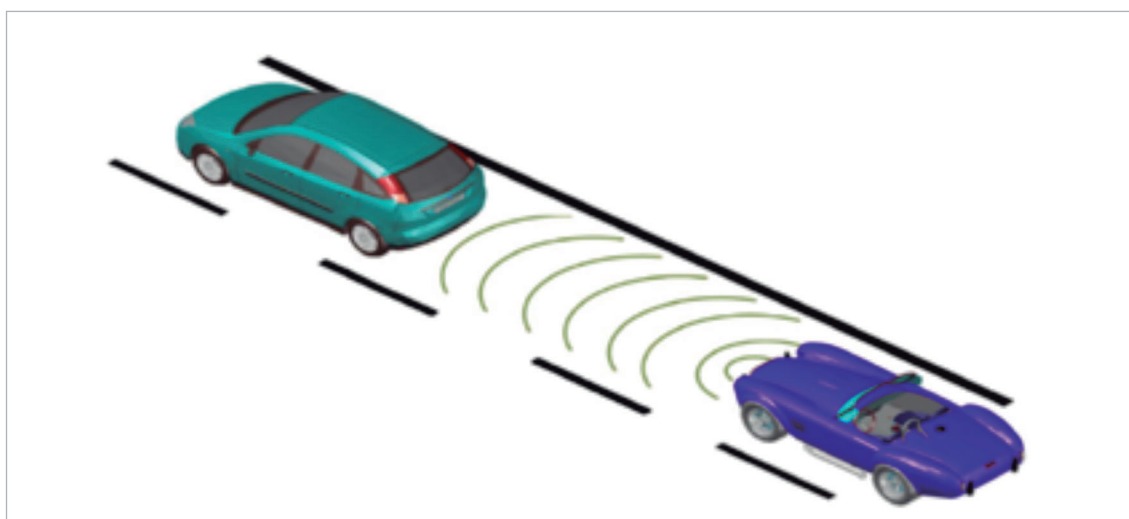


Fig. 7.35

- **Sistema de detecció de trànsit del darrere (RCTA):** (Fig. 7.36) Quan el sistema RCTA està actiu hi ha un indicador en el quadre d'instruments. Si els sensors de radar de para-xocs, quan tenim la marxa enrere posada, detecten que un vehicle s'aproxima sonarà un senyal acústic i els indicadors dels retrovisors exteriors perpellegaran.



Fig. 7.36

Sistemes de seguretat passiva

És el concepte a tenir present en el disseny de les peces i vehicles per tal de minimitzar tant com sigui possible els efectes d'un accident o col·lisió sobre els ocupants del vehicle. El primer que s'aplica és el cinturó de seguretat d'actuació mecànica, que ha passat a ser de control electrònic (pirotècnics) i, per tant, actualment és més segur gràcies a la rapidesa i eficàcia de resposta. L'altre sistema que pràcticament equipa la majoria de vehicles actuals és el coixí de seguretat (airbag), un dispositiu que amorteix, mitjançant una sac de gas inert, l'impacte contra els elements del vehicle.

- **Cinturons de seguretat amb pretensors:** El pretensor és un dispositiu integrat al mecanisme d'enrotllament del cinturó. En cas d'impacte, un sensor fa detonar un explosiu (pirotècnic) que retrau el cinturó uns centímetres de manera que manté l'ocupant fermament lligat al seient i evita el perillós moviment de cap que pot danyar les vèrtebres (fig. 7.37).
- **Coixí de seguretat** (fig. 7.38): Considerat actualment com a equip de seguretat imprescindible, el nombre de coixins de seguretat en els vehicles més recents ha augmentat considerablement. Nascut als EUA el 1973, els constructors europeus, malgrat no ser obligatori, l'han integrat ja com a equipament de sèrie. Consta de diversos sensors repartits pel vehicle i que actuen per inèrcia, de manera que a partir d'uns 18 km/h de velocitat d'impacte, aquests sensors tanquen un circuit elèctric i activen una central electrònica que envia un senyal elèctric al sistema de coixins. El coixí de seguretat consta d'un sac tèxtil que s'infla mitjançant una explosió (gas nitrogen) quan el cos s'abalança endavant i es desinfla immediatament després per evitar l'asfíxia de l'ocupant. Tot el procés d'inflament i desinflament es fa en un màxim de 70 mil·lisegons.

Dispositiu pirotècnic pretensor de cinturó

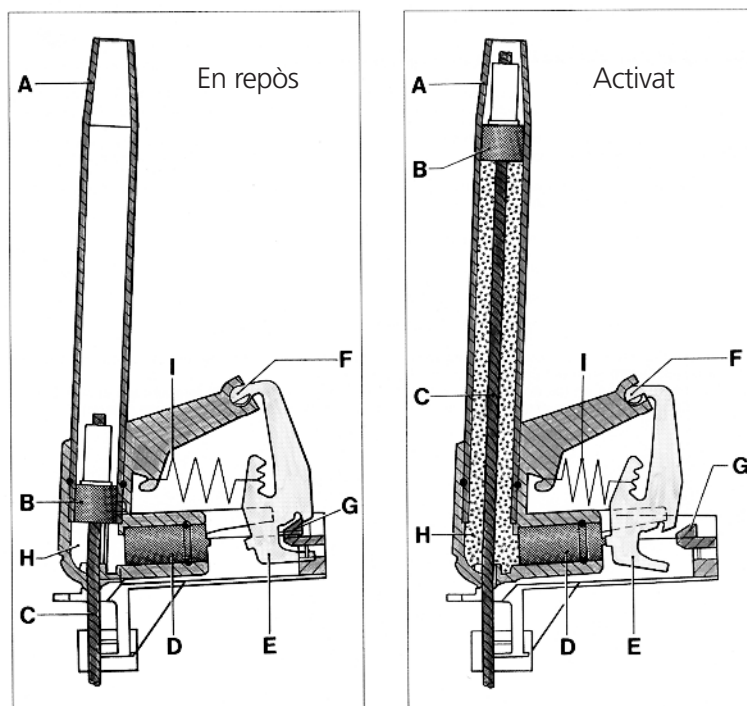


Fig. 7.37

Seqüència temporal de funcionament de l'airbag

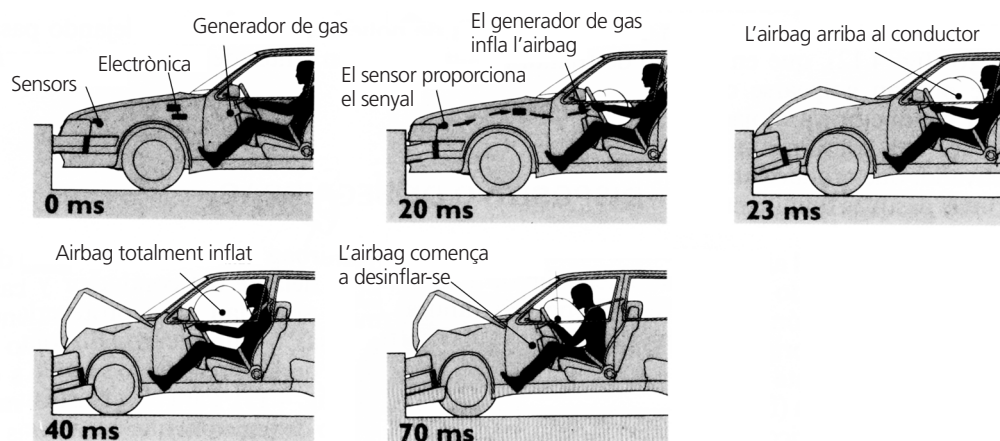


Fig. 7.38

S'estan implantant variants laterals, de cortina, antiesfondrament, d'expansió variable en funció de la magnitud del cop, etc., per aconseguir un efecte de protecció total dels ocupants (fig. 7.39).

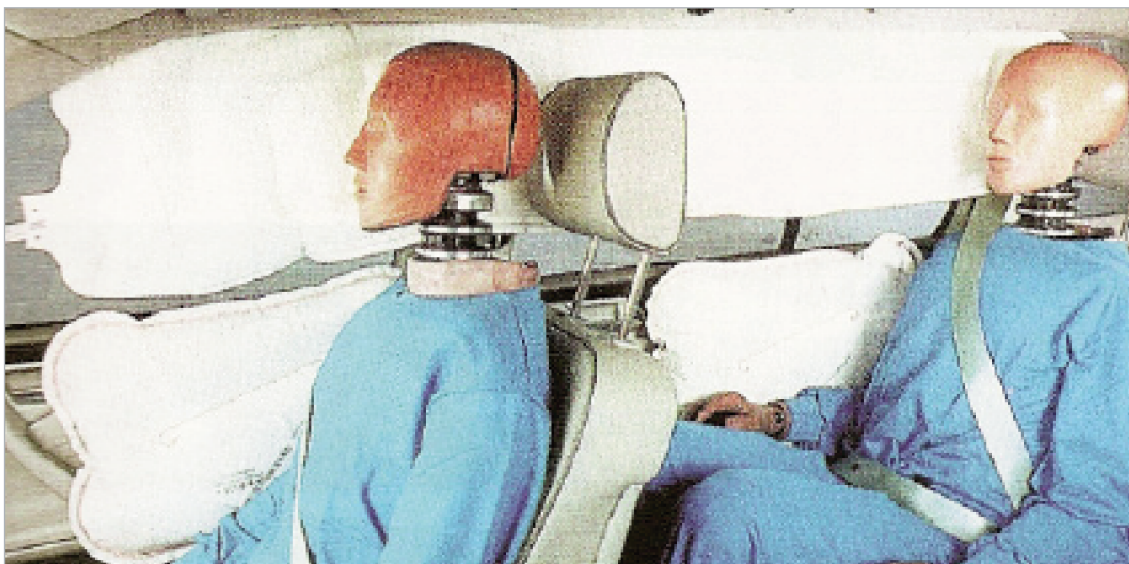


Fig. 7.39

Unitat 8

Sistemes d'alimentació i anticontaminació

8.1. Circuit d'alimentació de gasolina

La funció del circuit d'alimentació és proporcionar al motor la quantitat necessària d'aire i gasolina en funció de les necessitats de circulació del vehicle. El circuit inclou els òrgans necessaris per portar la barreja d'aire i gasolina fins al motor.

8.1.1. Elements del circuit d'alimentació

L'aire s'agafa de l'exterior i el combustible, d'un dipòsit. D'aquesta manera, el sistema queda format per (fig. 8.1):

- Un filtre d'aire, que el depura de les partícules abrasives de l'exterior.
- Un dipòsit de combustible, on s'emmagatzema la gasolina.
- Una bomba d'alimentació, per transportar el combustible fins al sistema d'injecció.
- Un sistema d'injecció, per proporcionar al motor la quantitat de combustible necessari, en funció d'uns paràmetres.
- Uns col·lectors d'admissió, per on passa la mescla per entrar als cilindres.

8.1.2. Motor Otto. Combustible i combustió

El **combustible** utilitzat en els motors Otto és la gasolina. Entre d'altres, les principals característiques normalitzades són la densitat, la volatilitat, la resistència a la detonació i els additius. En funció del seu poder antidetonant, índex d'octà (NO), existeixen dos tipus de gasolina, la de 95 NO i la de 97 NO.

La detonació o "picat", conseqüència d'una combustió anormal, es produeix quan el combustible s'inflama de manera espontània, independentment de la guspira. El combustible a utilitzar està en funció de la relació de compressió del motor.

L'autoencesa és un fenomen produït per la combustió instantània d'una porció determinada de la mescla, provocada per algun punt calent (carbonissa) a dins de la cambra de combustió.

Aquests fenòmens resulten perjudicials per al motor, ja que es produeixen de manera incontrolada.

Per aconseguir una **combustió** completa s'ha de barrejar l'aire i la gasolina amb una proporció exacta, que es calcula a partir de la formulació química de la gasolina i l'aire amb una relació de pes de 14,7 g d'aire per cada gram de gasolina. Aquesta relació s'anomena relació estequiomètrica, es representa amb el símbol lambda (λ) i serveix per definir si una mescla és pobre o rica en benzina.

λ és el resultat de dividir la quantitat d'aire aspirat pel motor entre la quantitat d'aire teòric (14,7 g). Així, si el valor λ és inferior a 1, diem que la mescla és rica (excés de benzina), i si el valor de λ és superior a 1, llavors la mescla és pobre (manca de benzina).

Al motor s'ha de fer compatible un bon rendiment amb una emissió mínima de gasos contaminants. Això fa que estableixi tres etapes característiques:

- **Etape de ralenti:** Cal una mescla rica per mantenir el motor en funcionament.
- **Etape de mig règim:** Durant aquesta etapa es pot treballar amb mescles pobres. Correspondria, per exemple, a règims de creuer, en què no es necessita un gran parell motor.
- **Etape de plena càrrega:** Durant aquesta fase s'ha d'enriquir una altra vegada la mescla, perquè la corba de potència no caigui en picat.

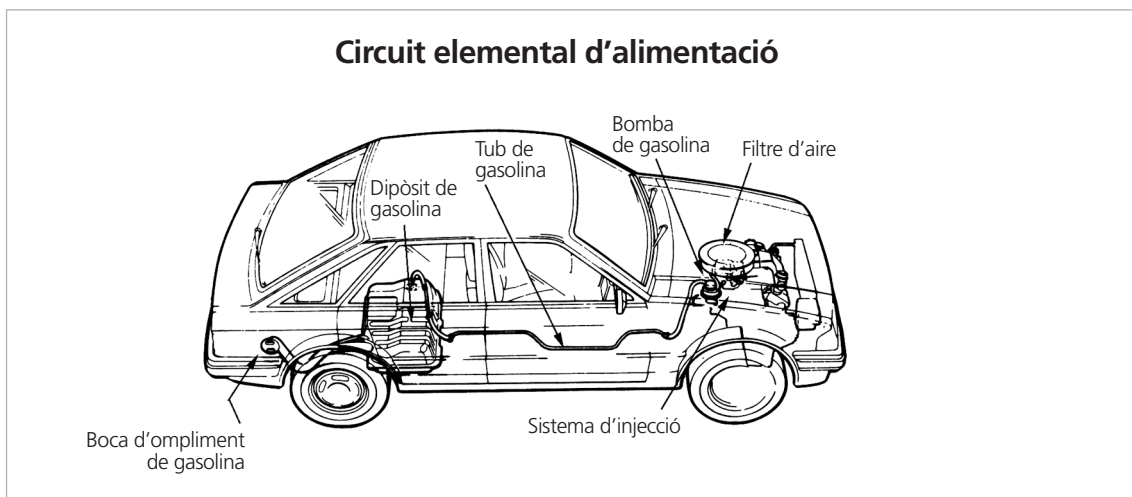


Fig. 8.1

8.1.3. Sistemes d'injecció de gasolina

Les necessitats actuals pel que fa a consums i l'estricta normativa europea sobre emissió de gasos contaminants (actual EURO VI) obliguen a disposar de sistemes d'alimentació que resolguin satisfactòriament aquestes exigències legals.

Els sistemes d'injecció de gasolina (fig. 8.2) aconsegueixen aquest objectiu, dosificant exactament la quantitat de combustible necessària per a cada circumstància i d'aquesta manera optimitzen el rendiment del motor, amb un consum i un nivell d'emissions contaminants més baix.

A continuació presentem unes quantes classificacions segons alguns paràmetres que intervenen en els sistemes d'injecció de gasolina.

Antigament les injeccions van començar amb sistemes mecànics i van evolucionar a sistemes electromecànics amb alguns controls elèctrics.

Amb l'arribada de l'electrònica, totes les injeccions actuals són electròniques, de manera que un processador, mitjançant informació de diferents sensors, determina la quantitat de gasolina que cal injectar.

Poden estar formades per un sol injector (monopunt) o per diversos injectors (multipunts), un per cilindre.

Aquests injectors poden injectar de manera contínua (habitual en injeccions monopunt), com si es tractés d'un carburador, o discontinua, on tots els injectors ho facin a la vegada (simultània), o bé de manera sincronitzada (seqüencial), amb l'obertura de la vàlvula d'admissió del cilindre corresponent. Una variant és injectar en dos cilindres amb la mateixa cursa descendent a la vegada (semiseqüencial).

Les injeccions del combustible es poden realitzar al col·lector d'admissió (indirecta), o directament a la cambra de combustió (directa).

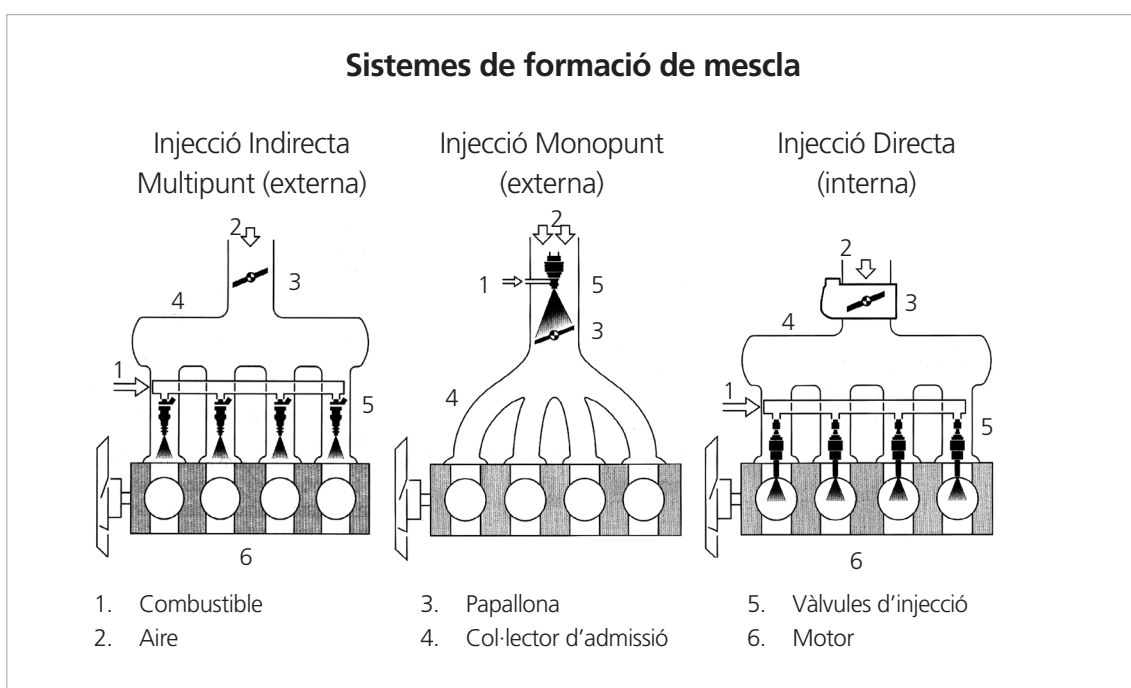


Fig. 8.2

Injeccions electròniques

La normativa vigent sobre emissió de gasos contaminants imposa als fabricants d'automòbils el desenvolupament de sistemes de regulació de mescla electrònics, perquè només d'aquesta manera és possible una regulació eficaç.

Actualment, quan parlem d'un sistema d'injecció electrònica, parlem d'un sistema electrònic de gestió completa del motor (Fig. 8.3) on no només es gestiona la injecció, sinó també l'encesa, els sistemes antipol·lució, els sistemes d'augment del rendiment, els sistemes de confort de marxa, etc.

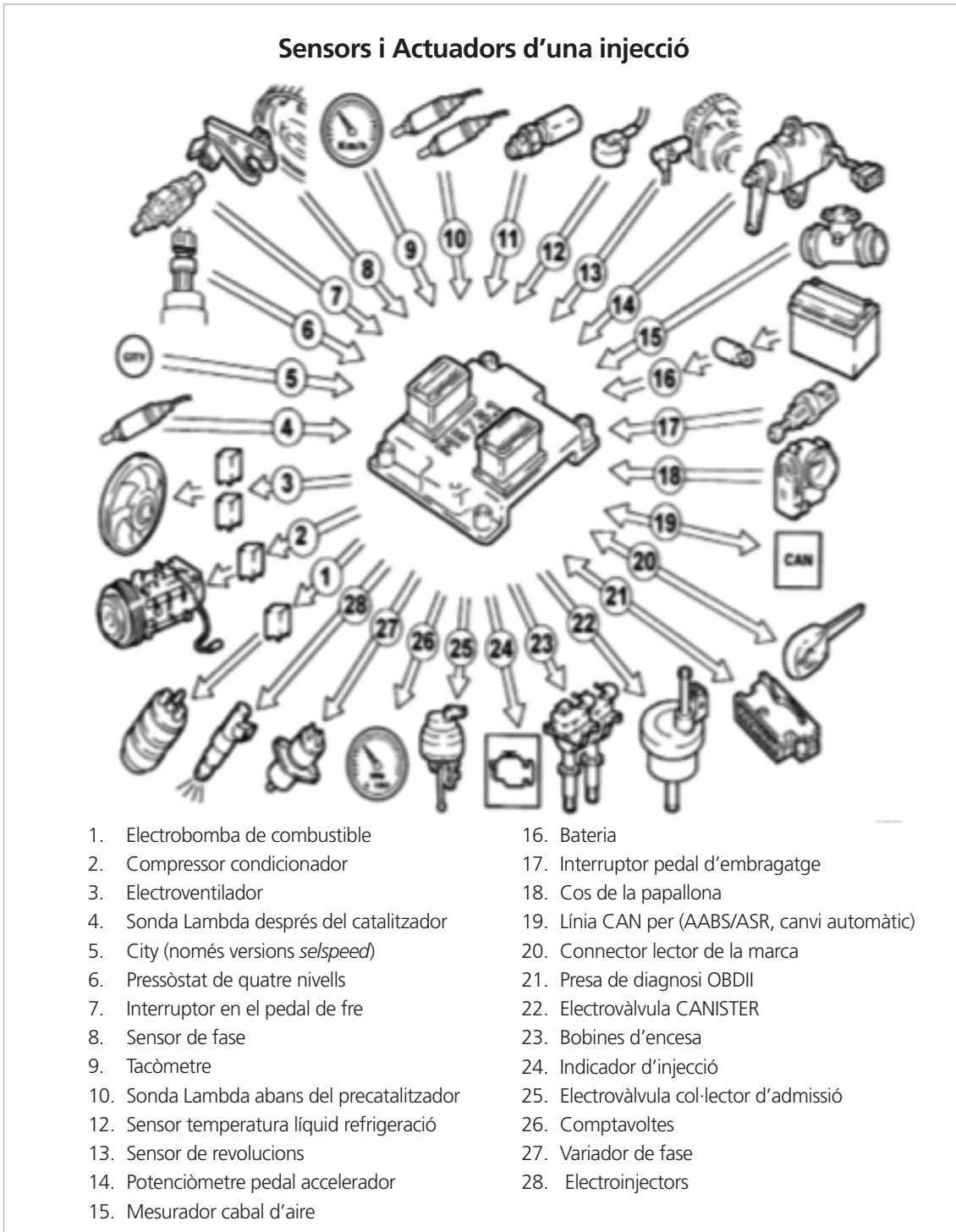


Fig. 8.3a

D'aquesta manera, la injecció electrònica funciona en tres blocs:

- **Sensors:** Un nombre important de sensors repartits per la perifèria del motor informen la UEC de les diferents condicions de funcionament del motor: rpm, càrrega, T del motor, etc. D'aquesta manera, els sensors converteixen diverses magnituds físiques en senyals elèctrics.
- **Unitat de comandament amb microprocessador (UEC):** Processa la informació i, en funció de determinats algoritmes de regulació, respon amb senyals elèctrics de sortida.
- **Actuadors:** Converteixen en magnituds mecàniques els senyals elèctrics de sortida de la unitat de comandament: electroinjectors, estabilitzadors de ralenti, electrovàlvules de recirculació de gasos d'escapament (EGR), etc.

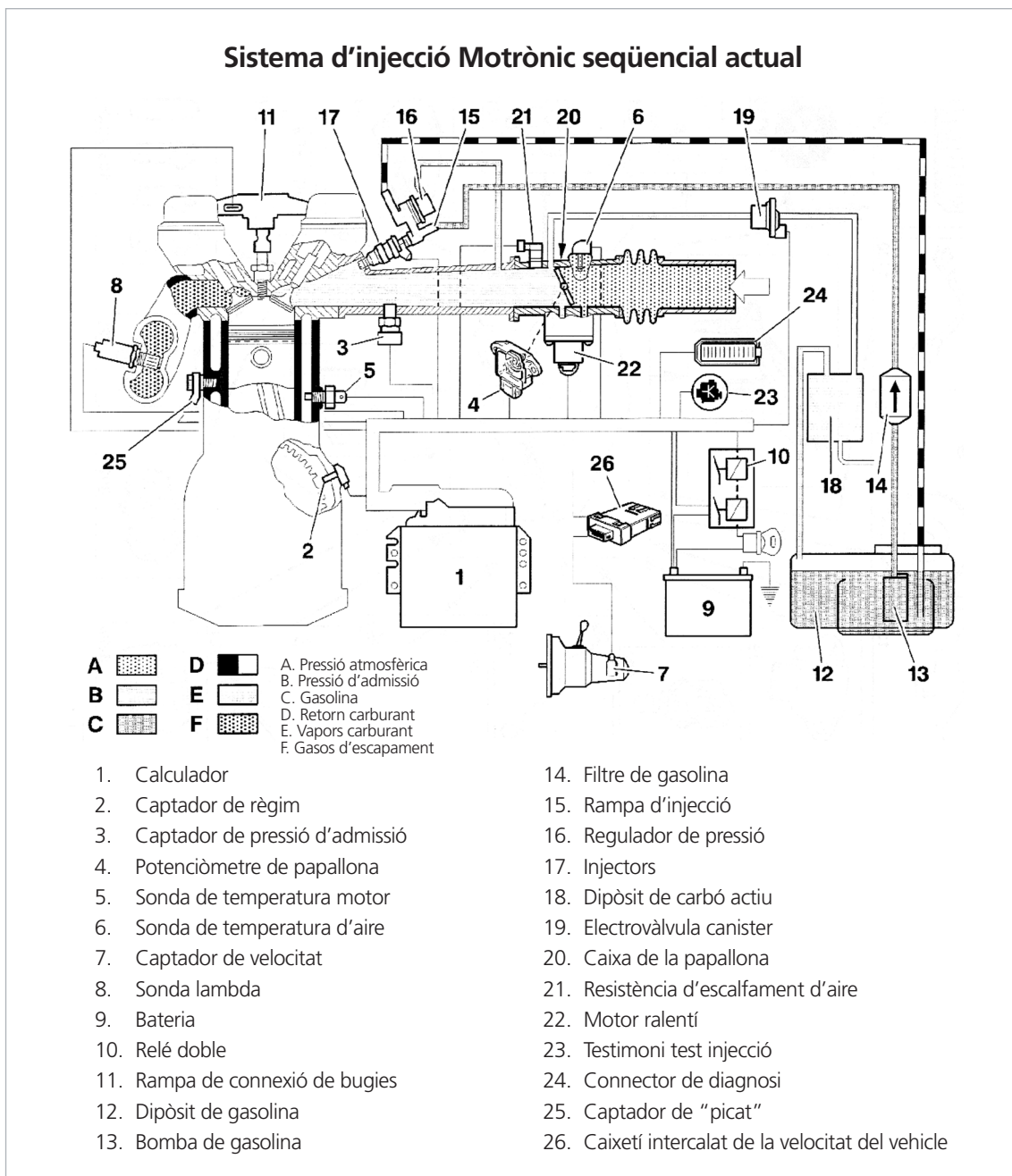


Fig. 8.3b

Injecció directa

La injecció directa (fig. 8.4) és la versió més actual de les injeccions electròniques, amb consums i emissions de contaminants a l'atmosfera inferiors. L'increment de la temperatura de combustió en aquests motors, però, fa aparèixer òxids de nitrogen, la qual cosa obliga a fer servir vàlvules EGR, que reenvien gasos d'escapament a l'admissió per tal de reduir els NOx. També calen catalitzadors més complexos.

Aquest sistema injecta directament a l'interior de la cambra de combustió a una pressió molt més elevada que la injecció indirecta (entre 60 i 120 bars) i pot treballar de forma homogènia o estratificada (amb mescles molt pobres). Això vol dir que s'ha de concentrar un petit volum de mescla al voltant de la bugia perquè s'encengui i, a partir d'aquí, el front de flama faci cremar la resta de la mescla, molt més pobre. És el sistema més nou i l'estan comercialitzant diferents marques.

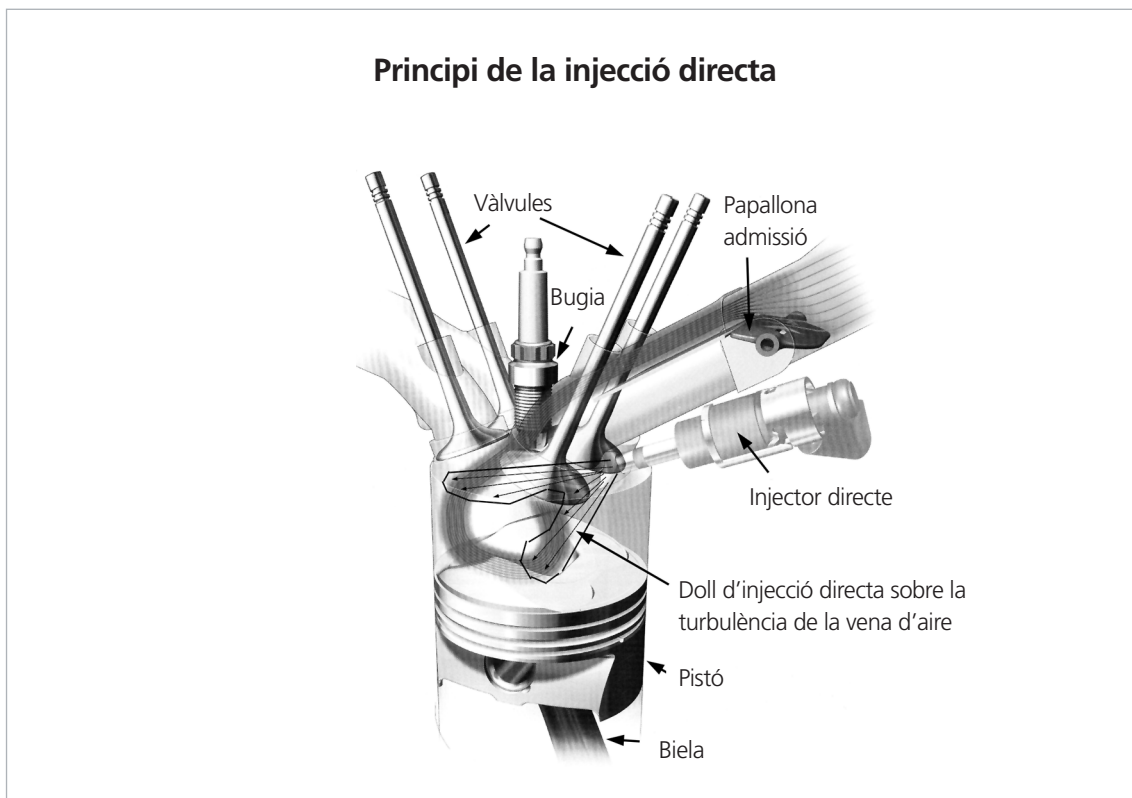


Fig. 8.4

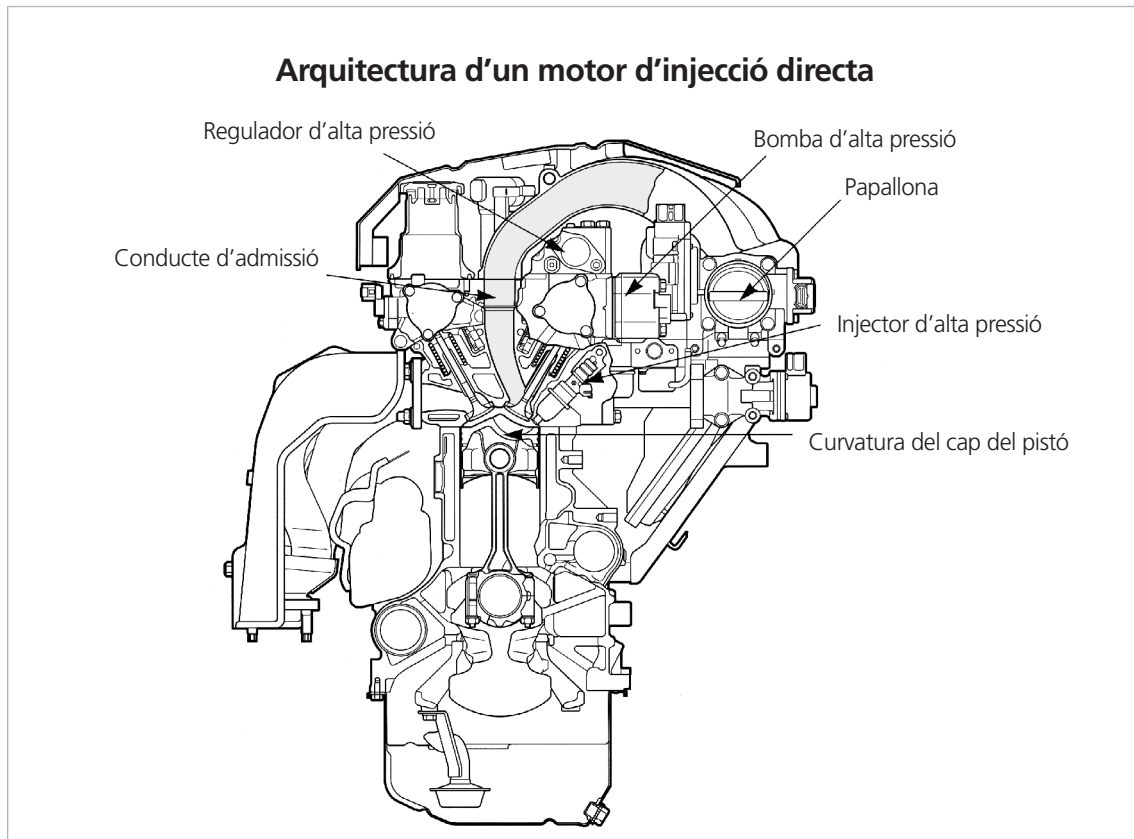


Fig. 8.5

8.2. Motor dièsel. Combustible

Per funcionar, el motor dièsel utilitza gasoil. El gasoil és un carburant obtingut per destil·lació del petroli, amb una densitat d'aproximadament 0,85 kg/l a 15 °C i un poder calorífic que oscil·la prop de les 10.000 kcal/kg.

8.2.1. Característiques del gasoil

Les característiques més importants del gasoil són:

- **Temperatura d'inflamació baixa:** La facilitat d'inflamació es mesura per l'índex de cetà: com més alt sigui aquest, menor serà la temperatura necessària per inflamar-lo.
- **Punt de congelació (proper als -34°):** En alguns motors es disposa en el filtre d'un sistema escalfador de combustible.
- **Additius:** Suposen una millora considerable en la qualitat del combustible.

8.2.2. Sistemes d'alimentació del motor dièsel

El sistema d'alimentació dièsel es poden classificar en funció de diferents paràmetres:

Segons on tingui lloc la injecció: Directa al cap del pistó o indirecta en una precàmbra.

Segons el tipus de regulació: Mecànica o electrònica.

Segons el tipus de bomba: En línia, rotativa, injector bomba, injector electrònic o Common-rail.

Segons el tipus d'admissió d'aire: Atmosfèrica o forçada.

- **Per compressor volumètric**, que arrossega pel cigonyal del motor i introdueix aire a pressió per a l'admissió, augmentant la quantitat d'aire per cada cicle.
- **Per turbocompressor**, on una turbina a l'escapament moguda pels gasos de sortida mou un compressor tipus turbina que incrementa la pressió d'admissió i, per tant, el volum d'aire admès.

Sistemes d'injecció dièsel controlats electrònicament

Els sistemes electrònics d'injecció Dièsel, de forma anàloga als de gasolina, es basen en la informació que diferents sensors proporcionen a la UEC sobre les condicions de funcionament del motor: rpm, massa d'aire aspirada, temperatura del motor, etc. La unitat de control processa aquesta informació i actua en conseqüència enviant senyals elèctrics als diferents actuadors. D'aquesta manera, la dosificació de combustible injectat és molt precisa i en el moment adequat.

1. Bomba injectora rotativa Bosch VE amb regulació electrònica (fig. 8.6)

D'estructura i funcionament molt similar a la versió amb regulació mecànica, aquesta bomba incorpora, però, importants millores pel que fa a la regulació del cabal i l'avanç de la injecció. Aquestes millores permeten reduir considerablement el consum de combustible i el nivell d'e-

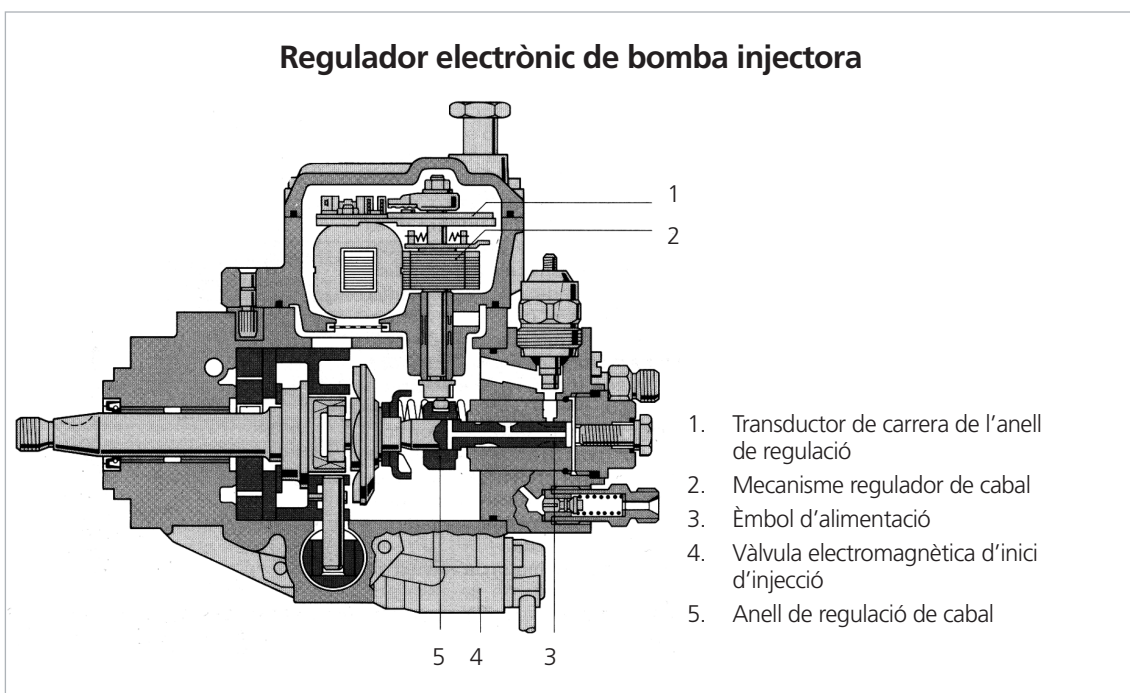


Fig. 8.6

missió de gasos contaminants. Les principals diferències es concreten en:

- La pressió de treball (800 bars aproximadament)
- Control electrònic del cabal que cal injectar
- Control electrònic de l'avanç d'injecció

2. Sistema injector bomba

Aquest sistema d'injecció directa (fig. 8.7) integra l'injector i la bomba en un sol element i està governat electrònicament. Necessita una lleva específica mecanitzada en l'arbre de lleves de la distribució del motor que proporcioni la impulsió de cadascun dels injectors-bomba de cada cilindre del motor. Pot injectar a pressions altíssimes, de l'ordre dels 2.000 bars. Aquest sistema, tot i que el podem trobar instal·lat en vehicles, està caient en desús.

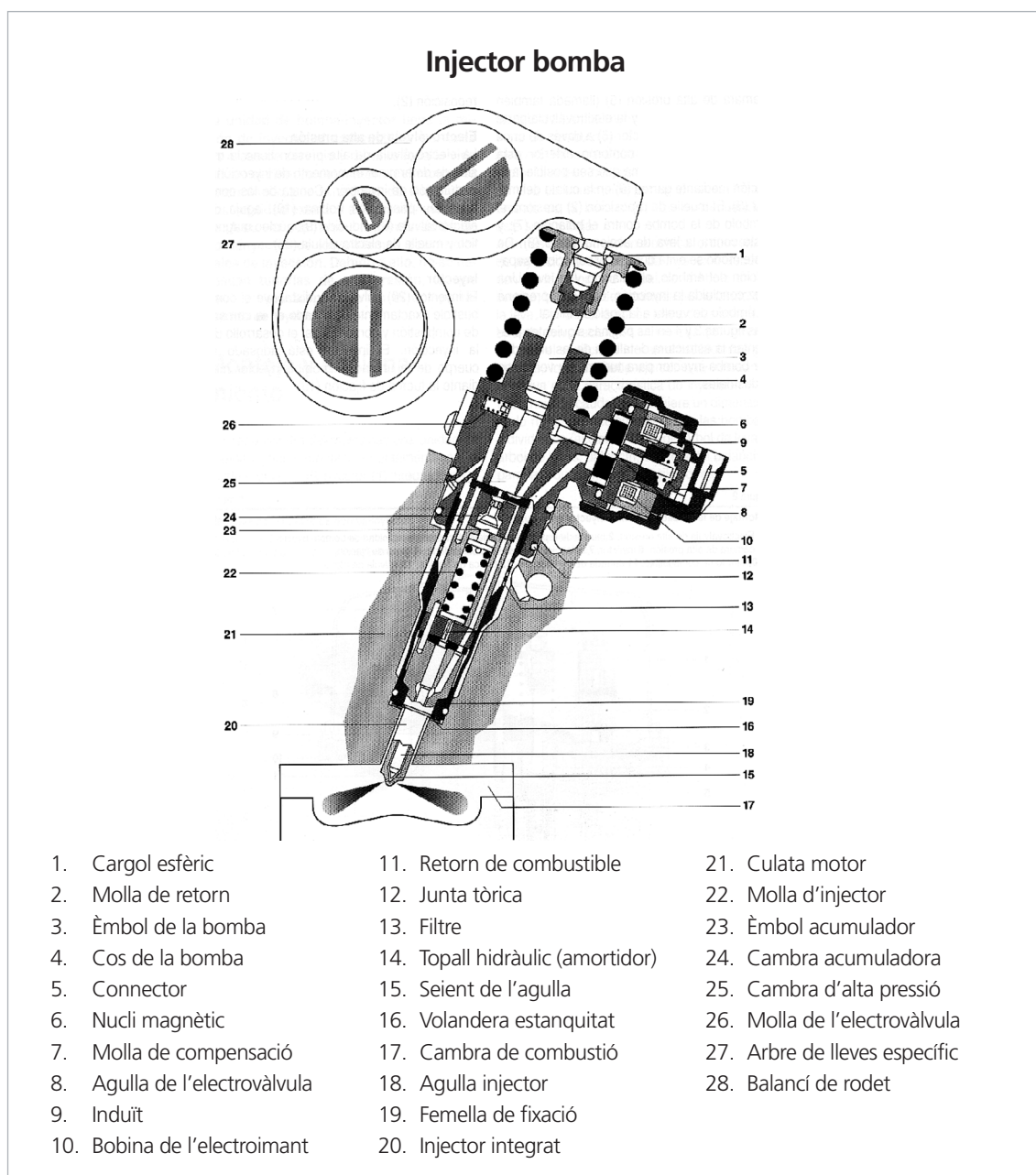


Fig. 8.7

3. Sistema d'injecció d'acumulador Common Rail

Aquest sistema és el més utilitzat actualment, tant en turismes com en vehicles industrials (fig. 8.8). Gràcies al governament totalment electrònic del sistema disposa de diversos avantatges, entre els quals destaquem:

- La generació de pressió i el control de la injecció estan separats.
- La pressió d'injecció i el cabal poden treballar independentment per a cada situació de servei del motor, arribant als 1.350 bars. Per sobre dels 1.500 bars la centraleta actuarà per evitar danys. Degut a aquesta alta pressió, és important no manillar les connexions a l'àrea d'alta pressió amb el motor en marxa.

El sistema consta bàsicament de:

- **Electroinjectors:** controlats per la UEC, tenen la funció d'injectar el combustible necessari per al funcionament del motor.

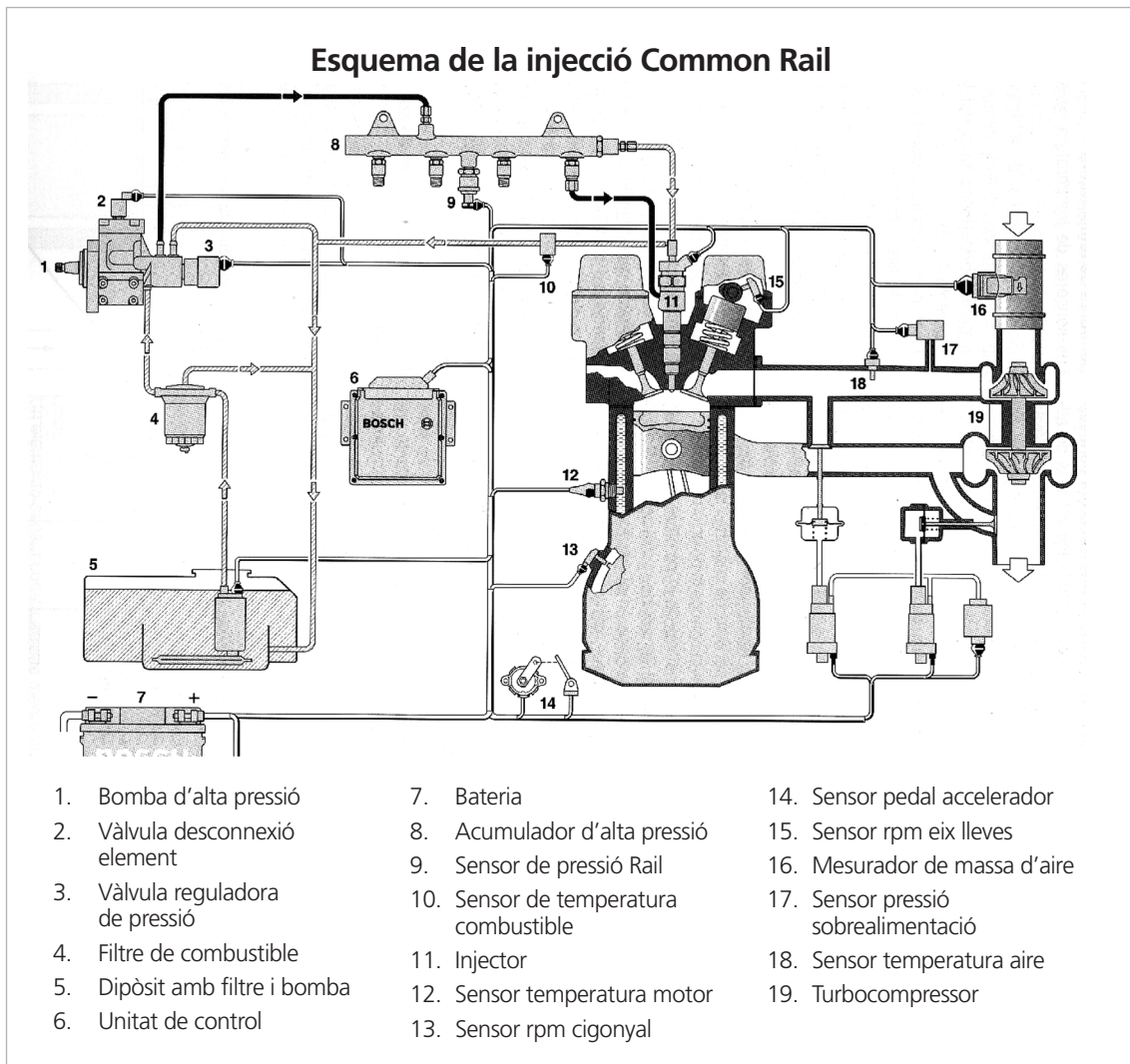


Fig. 8.8

- **Acumulador de pressió (Rail):** muntat sobre la culata, serveix de suport en els altres elements del circuit d'alta pressió: sensor de pressió, limitador de flux, tubs d'alimentació dels electroinjectors, etc. Compleix també les funcions de:
 - Emmagatzemar el combustible a alta pressió.
 - Esmorteir les variacions de pressió generades pel subministrament de la bomba i la injecció.
- **Bomba d'alta pressió:** aquesta bomba, accionada pel motor a través de la corretja de la distribució, és l'encarregada de generar l'alta pressió per al funcionament del sistema.
- **Unitat de control:** avalua les condicions de funcionament del motor, a través de la informació que li proporcionen els sensors, i activa els diferents actuadors: electroinjectors, electrovàlvula limitadora de pressió de sobrealimentació, electrovàlvula de recirculació de gasos d'escapament, etc. En cas de detectar anomalies en el sistema, la unitat de control pren determinacions d'actuació per tal de protegir el motor, limitant les revolucions, actuant sobre la bomba d'alta pressió, etc., i informant si cal el conductor mitjançant un indicador en el quadre de comandament.
- **Sensors:** informen la UEC de les diferents condicions de funcionament del motor:
 - Transmissor de règim del motor.
 - Mesurador de massa d'aire.
 - Sensor de fase.
 - Transmissor de posició del pedal accelerador, etc.
 - Altres segons els models.

Sobrealimentació

La sobrealimentació consisteix a augmentar el volum d'aire dins del cilindre, mitjançant un increment de la pressió de l'aire a l'admissió, per sobre de la pressió atmosfèrica.

Per a un mateix volum, el valor de la massa d'aire és tant més gran com menor sigui la temperatura de l'aire. Per això és interessant combinar amb la sobrealimentació un refrigerador de l'aire de càrrega (*intercooler*, fig. 8.9).

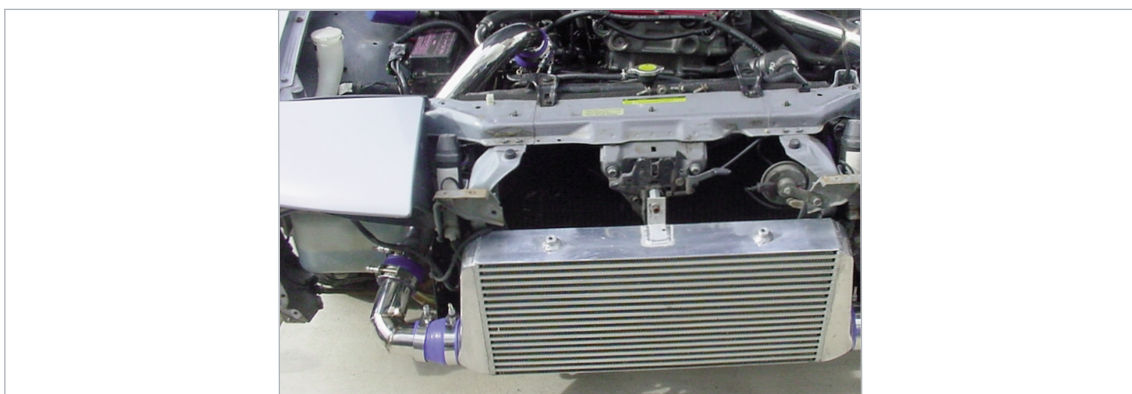


Fig. 8.9

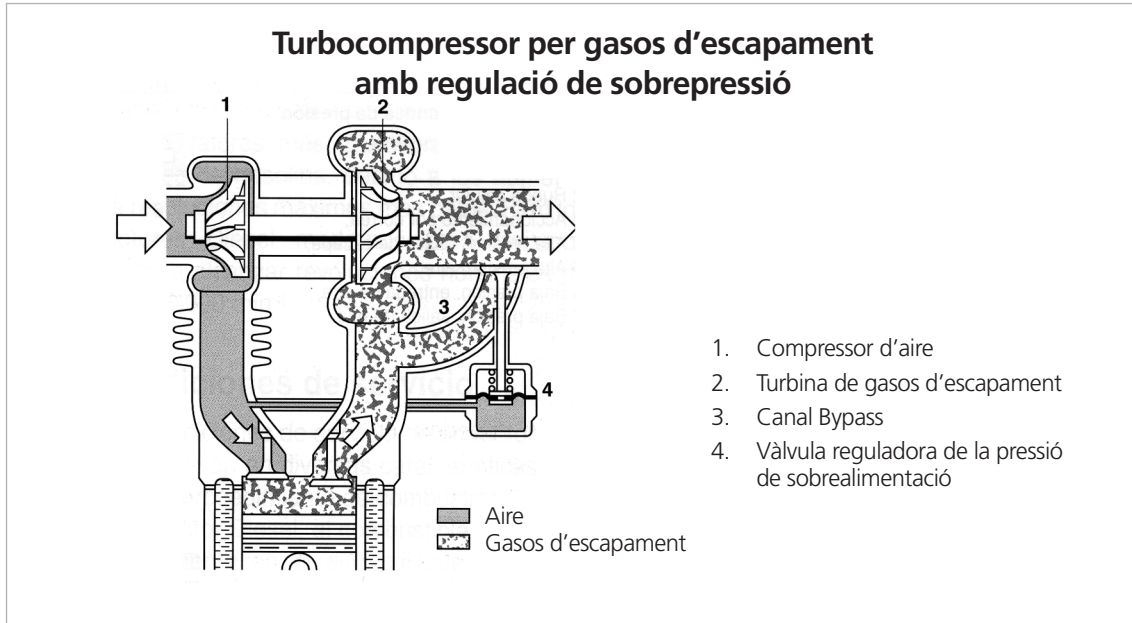


Fig. 8.10

Sistemes de sobrealimentació:

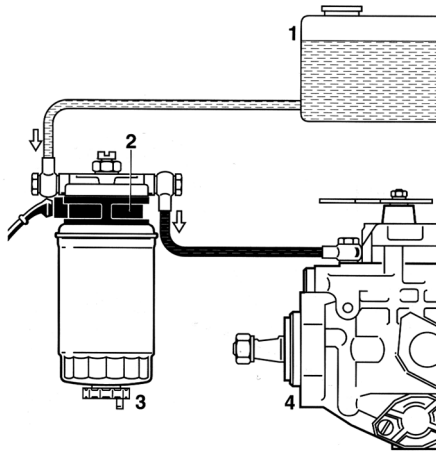
- **Compressors volumètrics:** els acciona el motor mecànicament. La potència absorbida per la propulsió del compressor fa disminuir la potència útil del motor. Per resoldre aquest problema, s'intercala un embragatge que només es connecta quan s'ha de posar en funcionament.
- **Compressors centrífugs:** el turbocompressor (fig. 8.10), consta bàsicament d'una turbina i un compressor, muntats sobre el mateix eix. La turbina **2** és accionada pels gasos d'escapament del motor posant, d'aquesta manera, en rotació el compressor **1**, que introdueix aire a pressió en els col·lectors d'admissió. Giren per sobre de les 100.000 rpm i, per evitar un excés de pressió, s'hi munta una vàlvula de descàrrega **4** (wastegate).

Dispositius d'ajuda a l'arrencada

Durant l'arrencada en fred, el motor dièsel es troba amb un seguit d'inconvenients, com ara: pèrdues de calor a la carrera de compressió a través de les parets fredes del cilindre, la culata i el pistó; una major resistència dels elements en moviment perquè l'oli és més espès; la baixa temperatura del combustible, etc.

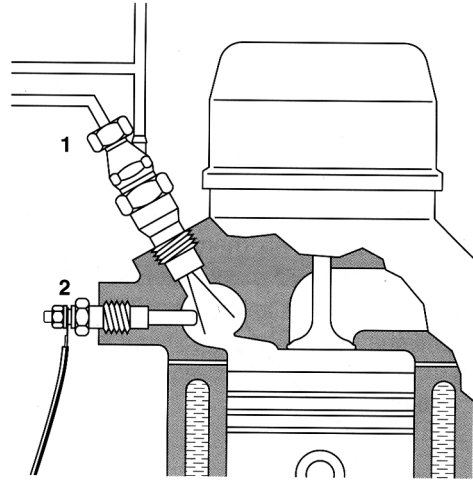
Per pal·liar aquests inconvenients, calen diverses ajudes:

- Escalfament del combustible per resistències elèctriques (fig.8.11).
- Instal·lacions d'ajut a l'arrencada (fig. 8.12), formades per un sistema de bugies d'incandescència, inserides a la cambra de combustió que escalfen la cambra durant un temps determinat mitjançant un relé temporitzador específic. Aquest temporitzador controla el temps d'alimentació als escalfadors en funció de la temperatura del motor, podent seguir escalfant (postescalfament) una vegada s'hagi engegat el motor per disminuir l'efecte de picat.
- Adaptació de la injecció: augmentant el cabal d'injecció i variant l'avanç per compensar el retard típic d'encesa amb motor fred.

Sistema d'escalfament de combustible

1. Dipòsit de combustible
2. Calefactor dièsel
3. Filtre de combustible
4. Bomba injectora

Fig. 8.11

Bugia d'incandescència

1. Injector
2. Bugia d'incandescència

Fig. 8.12

Sistemes d'alimentació amb combustibles alternatius

Emprant els mateixos motors, tant els de gasolina com els de gasoil, avui dia els fabricants construeixen vehicles en els quals podem canviar el tipus de combustible (fig. 8.13) o bé afegir en el combustible un percentatge d'un altre combustible com si d'un additiu es tractés, tot amb l'objectiu de reduir el consum de combustibles fòssils i de disminuir l'emissió de gasos contaminants a l'atmosfera. Aquests vehicles formen part del grup dels que es classifiquen com a alternatius.

Existeixen bàsicament dos combustibles alternatius:

- El gas natural comprimit (GNC), o bé el mateix gas però liquat (GNL).
- El gas liquat de petroli (GLP).

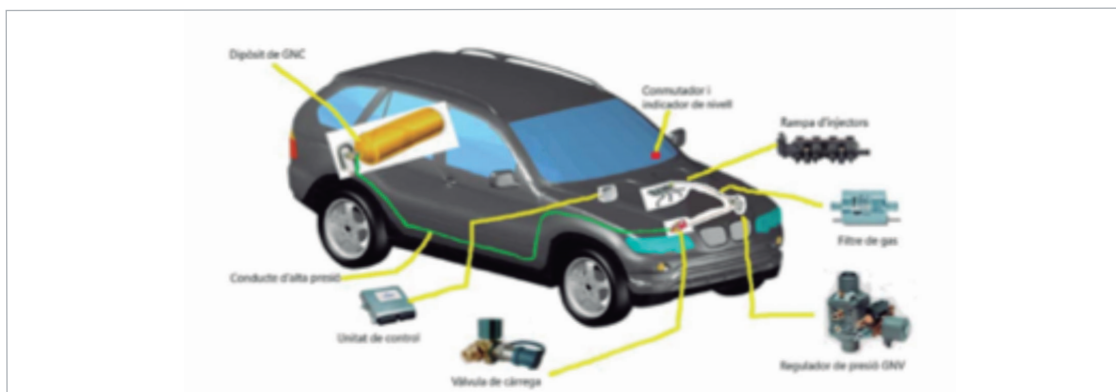


Fig. 8.13

Injeccions dels combustibles alternatius

En els dos casos, la injecció es fa en el col·lector d'admissió perquè entri el gas juntament amb l'aire aspirat. Es tracta d'electroinjectors comandats per una centraleta que, igual que en les injeccions de gasolina, segons les informacions que faciliten una sèrie de sensors, determina el temps d'obertura de l'injector i, per tant, la quantitat de combustible gasós injectat.

Tots dos combustibles necessiten una guspira que en provoqui la inflamació. Així doncs, en els motors que també utilitzen gasolina (Bi-fuel) no hi ha problema, ja que es disposa d'un circuit d'encesa. En els motors que s'alimenten amb gasoil, aquest s'encén per compressió, fet pel qual no porten bugies. És per això que en aquest tipus de motors el gas només pot ser introduït parcialment i no es pot deixar d'introduir-hi gasoil, ja que la inflamació d'aquest últim és el que farà que pugui fer combustió també el gas. Aquests sistemes s'anomenen Dual-fuel.

8.3. Anticontaminació

La pol·lució és l'acumulació a l'aire de productes tòxics (Fig. 8.14) que poden provocar efectes nocius a l'organisme dels éssers humans, els animals i la vegetació.

Les emissions contaminants a l'atmosfera dels automòbils tenen tres orígens: els gasos d'escapament, els gasos del càrter i les evaporacions del carburant.

- **Els gasos d'escapament:** els components dels gasos d'escapament que es formen en la combustió dels motors de gasolina es poden dividir en:
 - **Substàncies innòcues:** nitrogen (N_2), oxigen (O_2), diòxid de carboni (CO_2) i vapor d'aigua (H_2O). El nitrogen, amb més del 70%, és el principal component de l'atmosfera; entra al motor amb l'aire d'admissió i en surt majoritàriament sense haver participat en el procés de combustió. L'oxigen surt per l'escapament quan no es necessita, quan la mescla és massa pobra o per un defecte en la turbulència de la cambra de combustió. Pel que fa al vapor d'aigua i el diòxid de carboni, són productes finals de la combustió.
 - **Substàncies nocives:** monòxid de carboni (CO), hidrocarburs (HC), òxids de nitrogen (NO_x), plom (Pb), diòxid de sofre (SO_2) i matèries sòlides (per exemple, sutge).
- **Gasos provinents del càrter:** al càrter del motor hi van a parar tant part dels gasos frescos (durant la compressió) com cremats (durant l'explosió) a través dels segments. Aquests gasos, juntament amb els vapors d'oli, creen una pressió que pot dificultar el moviment descendent dels pistons i contaminar l'oli.
- **Evaporacions de combustible:** la gasolina és un producte d'alta volatilitat que, quan s'evapora, allibera a l'atmosfera hidrocarburs no cremats.

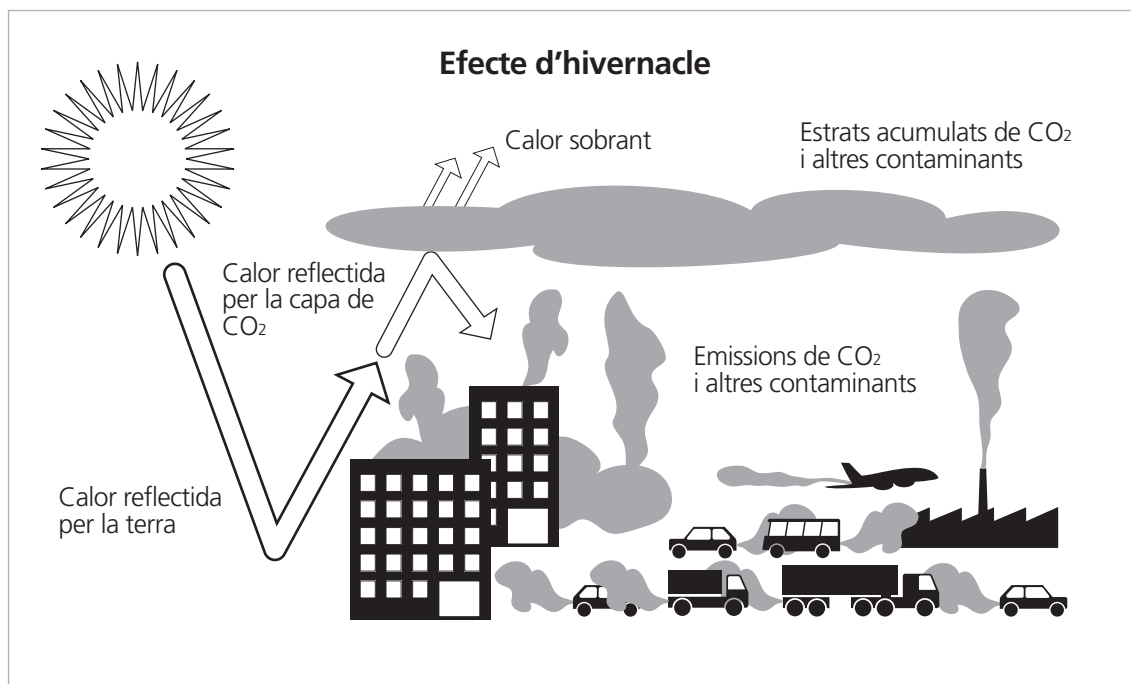


Fig. 8.14

La proporció de productes emesos dels tres orígens és aproximadament la següent:

	Escapament	Càrter	Evaporació
CO	95%	5%	—
NO _x	95%	5%	—
HC	70%	20%	10%

Els motors dièsel emeten pràcticament els mateixos elements contaminants. No obstant això, cal tenir en compte que produeixen:

- Menys CO i HC, pel fet que la combustió en el motor dièsel es produeix amb excés d'oxigen.
- Més NO_x: aquest compost es forma a temperatures molt altes, pròpies del motor dièsel.
- Més partícules de carboni (fum negre).

8.3.1. Sistemes anticontaminació

- **L'absorbidor dels vapors de gasolina (*canister*):** és un filtre de carbó actiu, al qual arriben els vapors de gasolina provinents del dipòsit de combustible. El filtre absorbeix els contaminants i aquests vapors, en certes condicions de funcionament, tornen al circuit d'alimentació per ser introduïts al motor. (Fig. 8.15).
- **Recirculació de vapors del càrter:** per evitar l'emissió a l'atmosfera dels gasos provinents del càrter, es reconduïxen cap a l'admissió, mitjançant un conjunt de tubs. El sistema va dotat també de recipients decantadors de l'oli (condensació), que el retornen al càrter del motor. (Fig. 8.16).
- **Recirculació de gasos d'escapament o vàlvula EGR:** és un dispositiu per reduir els NOx de l'escapament, conseqüència de l'elevada temperatura de combustió. Consisteix a introduir part dels gasos d'escapament en l'admissió i barrejar-los amb els gasos frescos. El resultat és que la mescla s'empobreix, disminueix la temperatura màxima de combustió i, per tant, també els NOx. D'aquesta manera s'allibera per l'escapament nitrogen sol, totalment inofensiu. (Fig. 8.17).
- **El convertidor catalític o catalitzador:** És un element que es col·loca en el tub d'escapament substituint al primer silenciós, i en el qual es produeixen diverses reaccions químiques d'oxidació-reducció que actuen sobre el percentatge de diversos contaminants, en presència d'un agent químic catalitzador. La seva funció és, doncs, transformar les emissions tòxiques, concretament de CO, HC i NOx, en productes innocus. (Fig. 8.18a).

Està format (fig. 8.18b) per un suport ceràmic amb multitud de forats amb forma de niu d'abeïlla que estan recoberts per dins per una fina capa de metalls nobles com platí i rodi o pal·ladi.

Hi ha diferents sistemes de catalitzadors, que es poden combinar entre ells; el de tres vies, però, és l'únic que té la propietat d'eliminar simultàniament els tres components nocius.

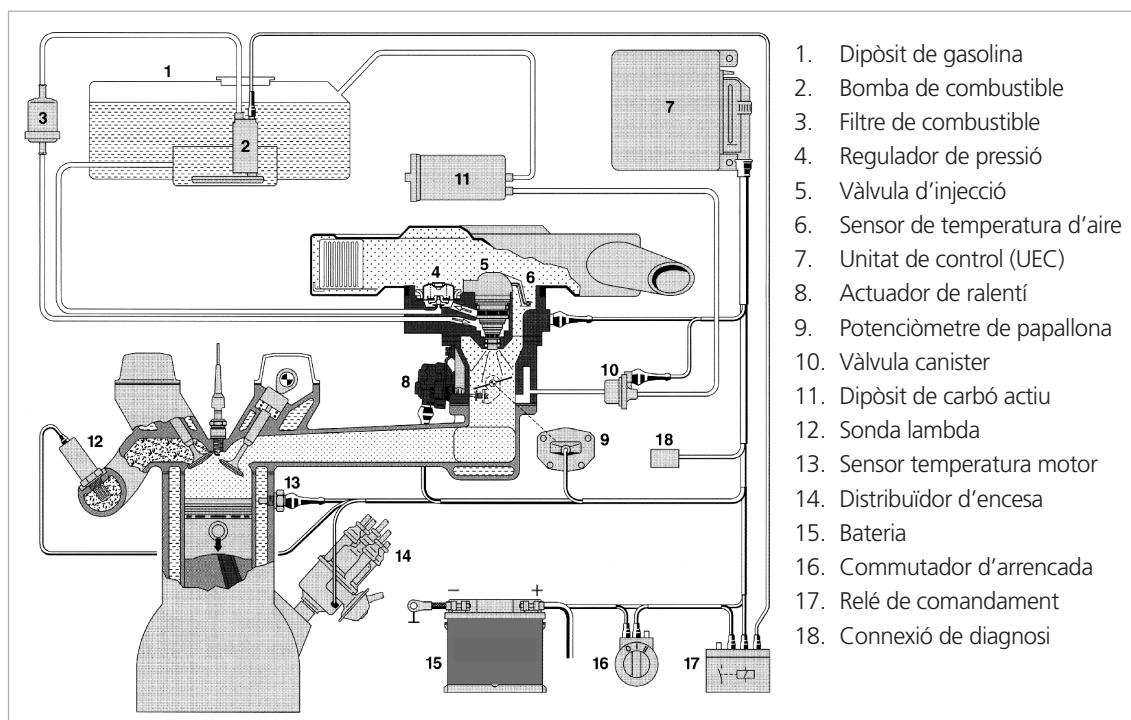


Fig. 8.15

D'aquesta manera s'obté:

- Una oxidació del CO, que es transforma en CO_2 .
- Una oxidació dels HC, que es transformen en H_2O i CO_2 .
- Una reducció dels NO_x , que es transformen en nitrogen i oxigen.

La màxima eficàcia dels catalitzadors s'obté quan prenen una temperatura d'entre 400 °C i 800 °C, temperatura que convé assolir tan aviat com sigui possible.

Tenen una duració de vida limitada i és preceptiu, en els vehicles catalitzats, utilitzar combustible sense plom.

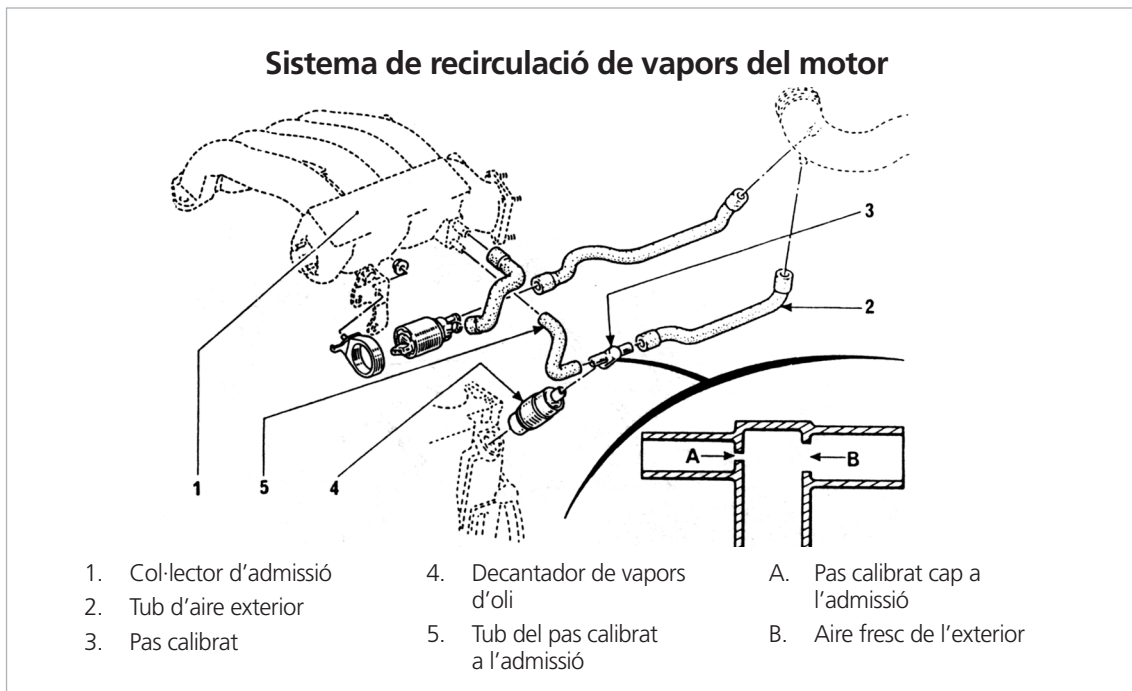


Fig. 8.16

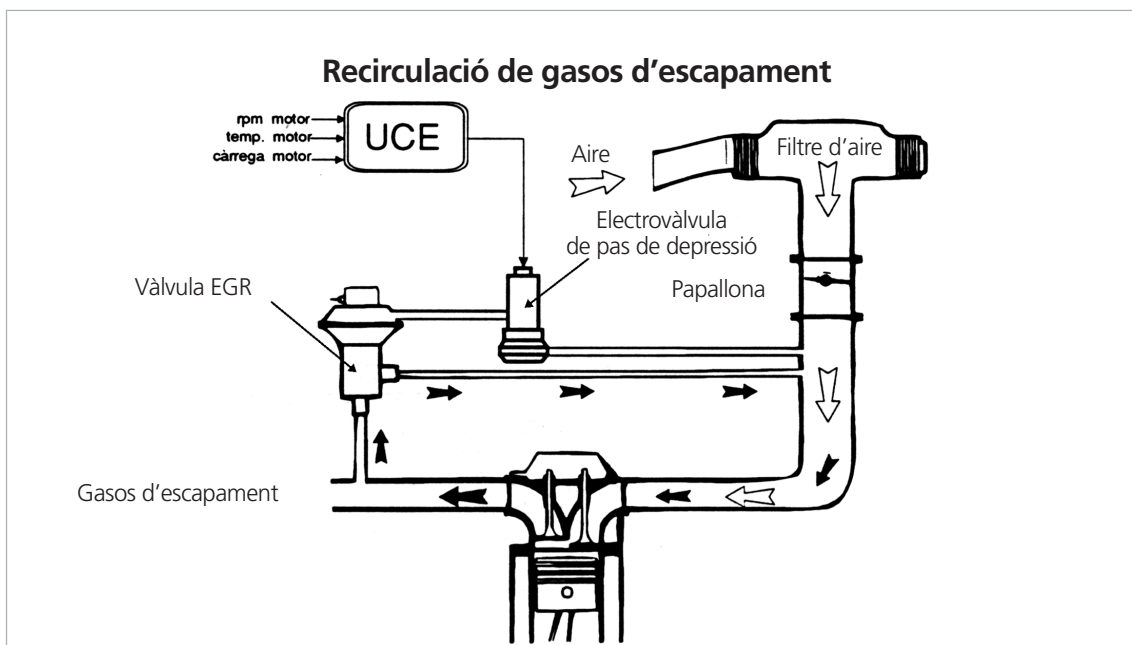


Fig. 8.17

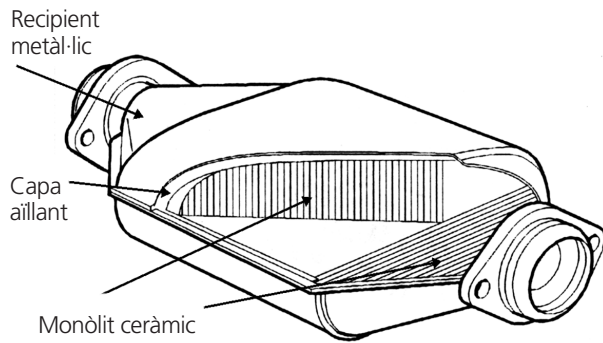
Convertidor catalític

Fig. 8.18a

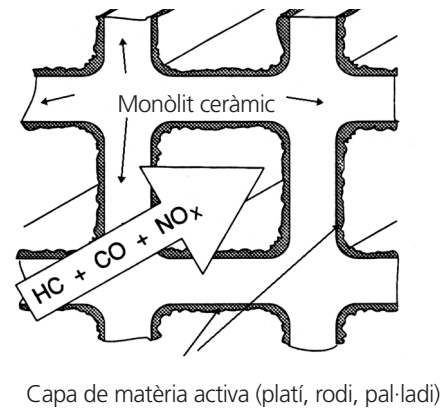
Secció catalitzador

Fig. 8.18b

- **Sonda d'oxigen o sonda Lambda:** Proporciona al calculador d'injecció informació sobre el contingut d'oxigen dels gasos d'escapament, perquè aquest pugui efectuar les correccions de dosificació necessàries. (Fig. 8.19).

En l'actualitat porten muntades dues sondes Lambda, una abans del catalitzador i una altra després. Amb la comparació de la informació subministrada per cada una de les sondes es coneix l'eficiència del catalitzador. La superfície exterior del tub ceràmic de mesura (fig.8.20) està sotmesa als gasos d'escapament, i la superfície interior està en contacte amb l'aire atmosfèric. El seu funcionament es caracteritza pel fet que indica les variacions en la composició de la barreja mitjançant variacions de tensió: baixa, si detecta molt d'oxigen (mescla pobre), i alta, si en detecta poc (mescla rica).

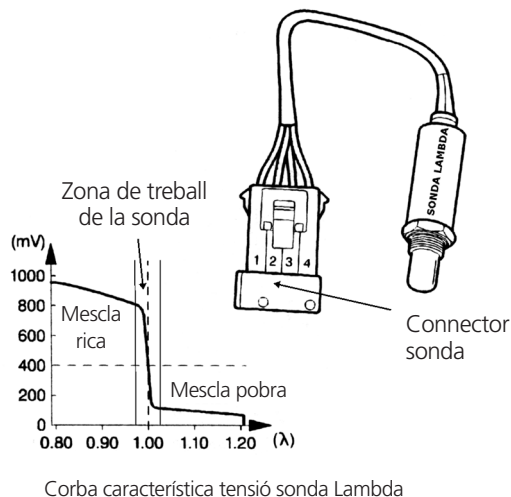
Sonda Lambda calefactada

Fig. 8.19

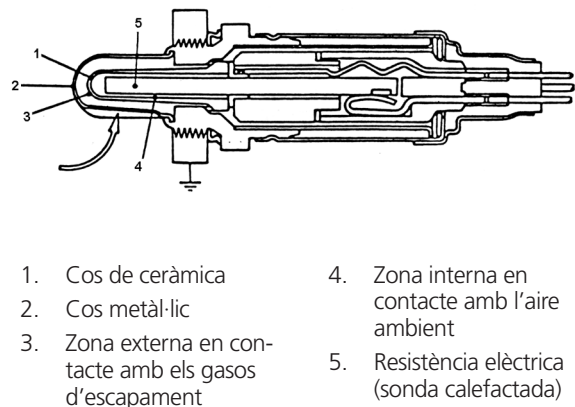
Secció de la sonda Lambda

Fig. 8.20

La ceràmica utilitzada condueix els ions d'oxigen a unes temperatures mínimes d'aproximadament 300 °C, per la qual cosa convé afegir-hi una resistència calefactora per arribar amb el mínim temps a aquesta temperatura.

Les sondes són de banda ampla i transmeten una tensió de sortida de gran precisió i proporcional al contingut d'oxigen dels gasos d'escapament. A més a més, el temps de reacció i de posada en servei és molt curt.

Per assegurar el manteniment del nivell d'emissions que li correspon al vehicle, s'han dotat els vehicles d'un sistema d'autodiagnosi EOBD que, donades unes condicions, la realitza permanentment des que el motor es posa en marxa.

Els resultats d'aquesta diagnosi queden gravats a la memòria de la centralita de gestió del motor, però al mateix temps un indicador visible o audible ha d'advertir clarament el conductor del vehicle en cas del desperfecte d'un component qualsevol relacionat amb les emissions i connectat al sistema OBD, o del mateix sistema OBD.

L'indicador més estès és l'indicador MI Lamp (Malfunction Indicator), situat en el quadre d'instruments amb el dibuix d'un motor. El color d'aquest indicador, per normativa, no pot ser de color vermell. Aquest pot parpellejar metre es reconeix un defecte que pugui provocar un dany al catalitzador.



Fig. 8.21

En vehicles dièsel, per tal de poder complir amb la normativa EURO VI, s'utilitzen dos sistemes per poder reduir l'emissió dels gasos contaminants a l'atmosfera.

- **Dissolucions d'urea (AdBlue):** (Fig. 8. 22) Líquid alcalí obtingut a partir del gas natural, dissolt en una solució aquosa d'urea al 32,5%, que és injectat en el flux d'escapament abans que els gasos passin pel catalitzador i que redueix fins al 90% els òxids de nitrogen continguts en els gasos de vehicles dièsel. A més, optimitzar les emissions de CO₂ produeix una lleugera millora en el consum de combustible i elimina el 99,99% de les partícules nocives. És necessari reomplir el dipòsit a mesura que es gasta; en cas de no fer-ho primer sortiran unes indicacions al quadre de comandament i, si no es restableix el nivell la centralita activarà l'immobilitzador, que no permetrà la posada en marxa del motor.
- **Filtre actiu de partícules:** (Fig. 8. 23) El filtre actiu de partícules és un sistema anticontaminant per als motors Dièsel amb control electrònic de la gestió que permet cremar les partícules de sutge generades durant algunes fases de la combustió. Utilitza un sistema anomenat "regeneració" i empra un additiu a base de cerina que ajuda a baixar la temperatura de combustió i a elevar la velocitat de combustió del sutge acumulat en el filtre.

El líquid del filtre de partícules (cerina) es col·loca en un dipòsit específic i, quan es fa un repostatge de gasoil, el sistema de regeneració realitza una addició de cerina per mitjà del calculador, que gestiona la quantitat necessària que ha de barrejar-se d'additiu amb el combustible repostat durant el funcionament.

Injecció de dissolució d'UREA



Fig. 8.22

Filtre de partícules



Fig. 8.23

Unitat 9

Sistemes de transmissió i de frenada

9.1. Elements de la transmissió

Definim transmissió com el conjunt d'elements que transmeten el moviment del motor a les rodes motrius. El nombre d'elements varia en funció de la disposició del motor i del nombre de rodes motrius. Els elements principals de la transmissió són:

- **Embragatge:** Acobla i desacobla el motor de la caixa de velocitats.
- **Caixa de velocitats:** Aprofita la força del motor, modificant el parell que proporciona a costa de la velocitat, per resoldre les diferents necessitats de circulació del vehicle.
- **Arbre de transmissió:** Transmet la força des del canvi al pont posterior i permet moviments simultanis amunt i avall i a dreta i esquerra, fins a un angle límit. En els vehicles amb motor situat al mateix lloc de l'eix que té la tracció, el moviment és portat directament a les rodes motrius des del mecanisme diferencial, ubicat a dins de la caixa de velocitats, sense necessitat d'arbre de transmissió. En aquest cas, el moviment es transmet a través de paliers amb juntes elàstiques i lliscants, i homocinètiques.
- **Mecanisme diferencial:** Fa possible que les rodes motrius d'un mateix eix girin a velocitats diferents, ajustant en corba el gir de cada roda al recorregut que ha de fer.
- **Semieixos o paliers:** Transmeten el moviment dels pinyons planetaris del diferencial fins a les rodes motrius.

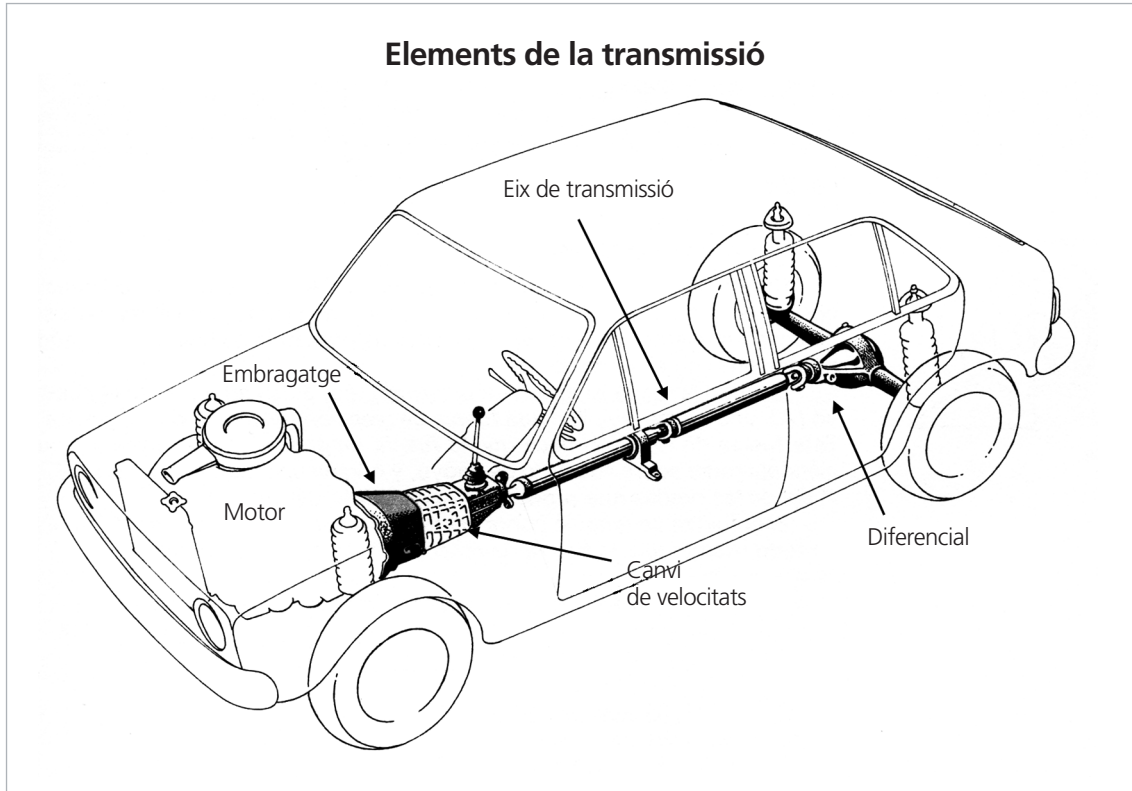


Fig. 9.1

9.2. L'embragatge

L'embragatge és l'element encarregat de transmetre el moviment i la força del motor a la caixa de velocitats; és, doncs, un transmissor de parell motor. Va col·locat entre el motor i la caixa de velocitats i està dissenyat de manera que sigui elàstic i progressiu, perquè el moviment es transmeti de manera suau.

9.2.1. Classificació dels embragatges

Els embragatges es poden classificar en els grups següents:

- Embragatges de fricció: Són els més habituals actualment i s'apliquen a vehicles amb transmissió manual i caixes de canvi seqüencials. Es poden accionar de forma manual o automàtic.
- Embragatges hidràulics: Es reserven bàsicament a les transmissions automàtiques.

Embragatge de fricció

Aquest tipus d'embragatge consisteix en un o diversos discs de fricció, intercalats entre el volant motor i l'eix primari de la caixa de velocitats, que transmeten el moviment en quedar acoblats al volant motor a través d'un mecanisme de pressió.

Quan el disc està sotmès a pressió, el mecanisme està embragat i hi ha transmissió de moviment; quan queda alliberat està desembragat i la transmissió s'interromp. En la posició de parcialment embragat, permet fer una transmissió de moviment progressiva.

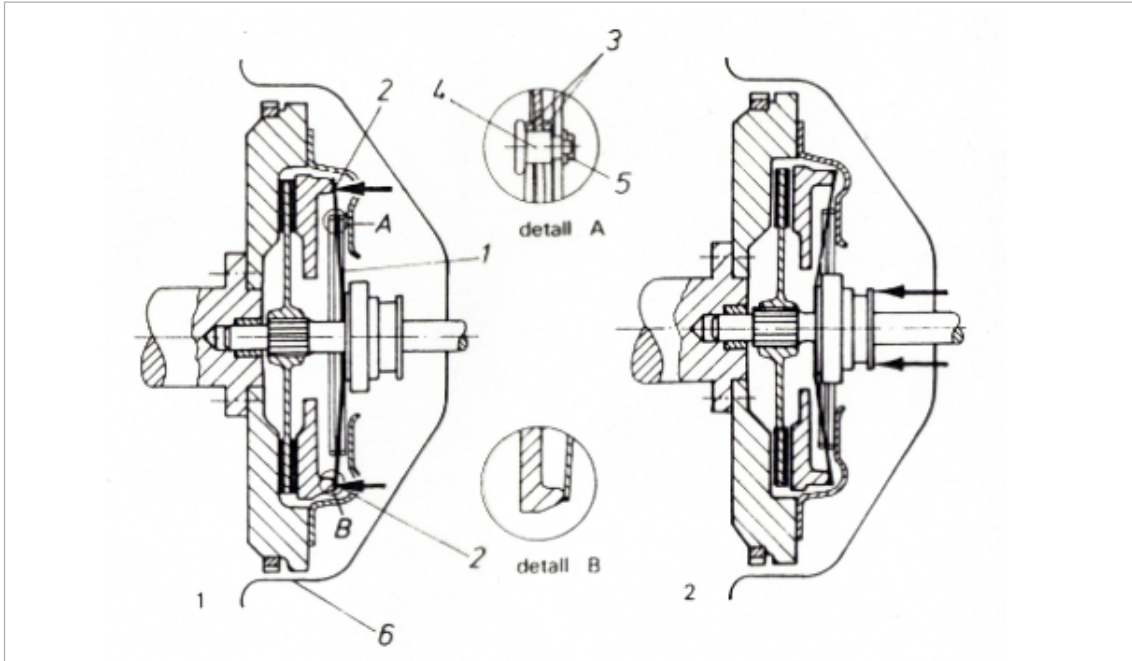


Fig. 9.2

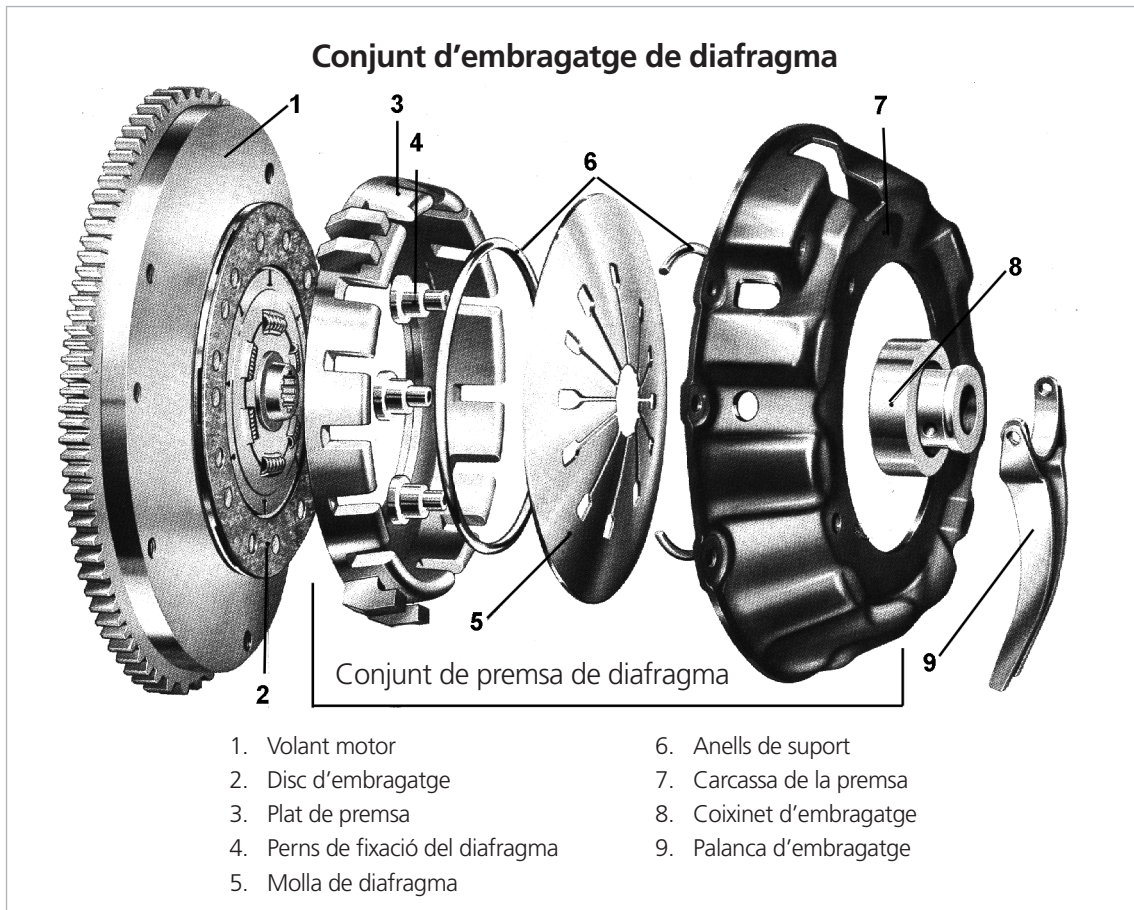


Fig. 9.3

Embragatge pilotat

És una evolució actual de l'embragatge de fricció (fig. 9.4), amb la diferència que el comandament de l'embragatge és automàtic: s'actua hidràulicament i es gestiona electrònicament. Una centralita electrònica recull un seguit de dades: rpm del motor, velocitat del vehicle, marxa seleccionada i la que es vol seleccionar, per tal de processar-les i donar ordres elèctriques a un actuator electrohidràulic, que actua sobre el coixinet d'embragatge. Aquest actuator porta un motor elèctric, que mitjançant una reducció mecànica desplaça un pistó hidràulic en un cilindre mestre. Aquest envia pressió a un cilindre receptor de l'embragatge i governa tot el conjunt. Amb aquest tipus d'embragatge milloren substancialment les prestacions del canvi, de manera que en resulta una conducció agradable i un desgast menor del disc d'embragatge.

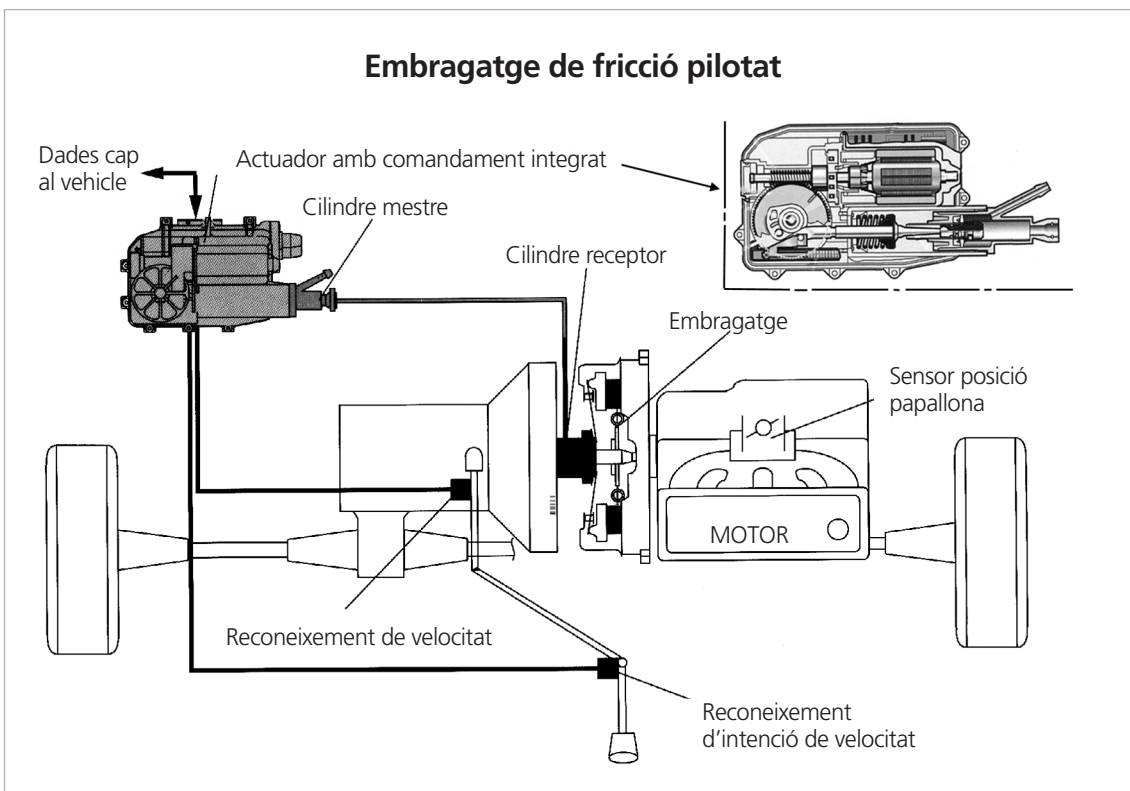


Fig. 9.4

9.2.2. Embragatge hidràulic i convertidor de parell

Aquest tipus d'embragatge automàtic presenta, respecte al de fricció, l'avantatge de no patir desgast, ja que fa servir un fluid hidràulic com a intercanviador de parell, proporcionant, a més a més, una gran suavitat d'acoblament. Està format per dues rodes: la motriu o impulsora, que proporciona la força i que anomenem bomba, i la receptora o arrossegada, que anomenem turbina. La bomba és moguda pel motor i la turbina s'uneix a la caixa de velocitats. Estan tancades hermèticament dins d'un recipient amb oli hidràulic, subjecte al volant d'inèrcia del motor, i queden separades, per tant, no hi ha contacte ni fregament entre elles.

Quan el motor gira lentament, la velocitat amb què la bomba impulsa l'oli és petita i l'energia cinètica transmesa a la turbina insuficient per vèncer el parell resistent oposat pel pes mateix del vehicle. La turbina no es mou i hi ha un lliscament total entre les dues rodes.

En augmentar el nombre de revolucions del motor, l'oli incideix amb més força contra els àleps de la turbina, fent-la girar i arrossegant el vehicle. En aquests moments, hi ha un cert lliscament entre les dues rodes, cosa que suposa una progressivitat en l'embragatge.

Quan el motor gira a un règim elevat es produeix una transmissió de força pràcticament exempta de lliscament (inferior al 2%).

Convertidor de parell

Per tal d'aconseguir un efecte multiplicador de parell (fig. 9.5 i 9.6), s'intercala una roda de pales anomenada reactor, que s'interfereix al flux del fluid entre la bomba i la turbina, de manera que com més diferència de velocitat hi ha entre les rodes (lliscament), més gran és el parell lliurat a costa de menor velocitat. En canvi, quan les velocitats de les dues rodes s'equilibren, es lliura el mateix parell d'entrada, a la sortida. En realitat, la relació 1 a 1 no s'aconsegueix mai, perquè sempre hi ha un cert lliscament i la relació màxima aconseguida és d'1 a 0,95.

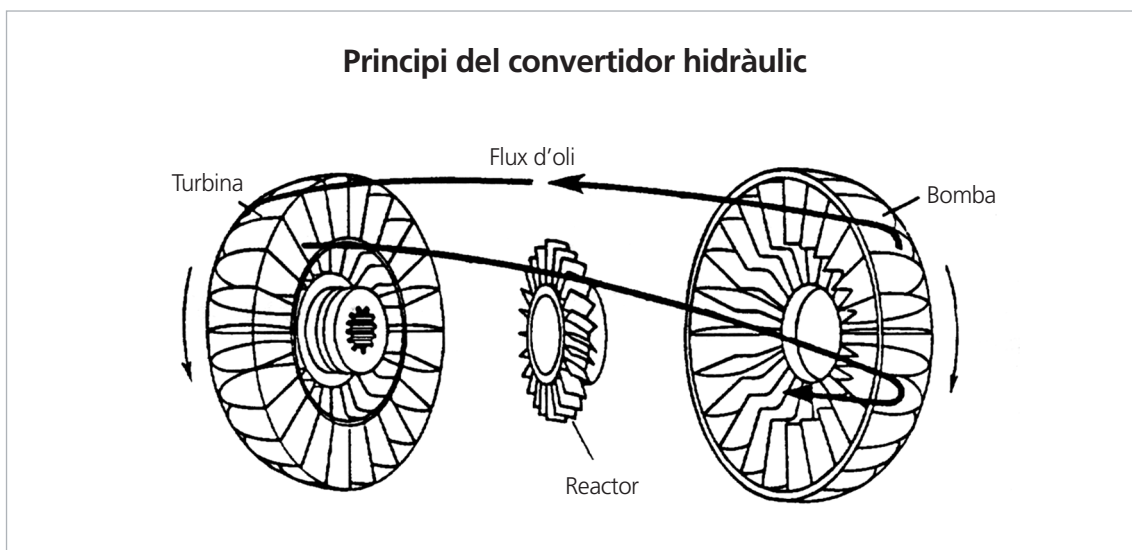


Fig. 9.5

El convertidor de parell

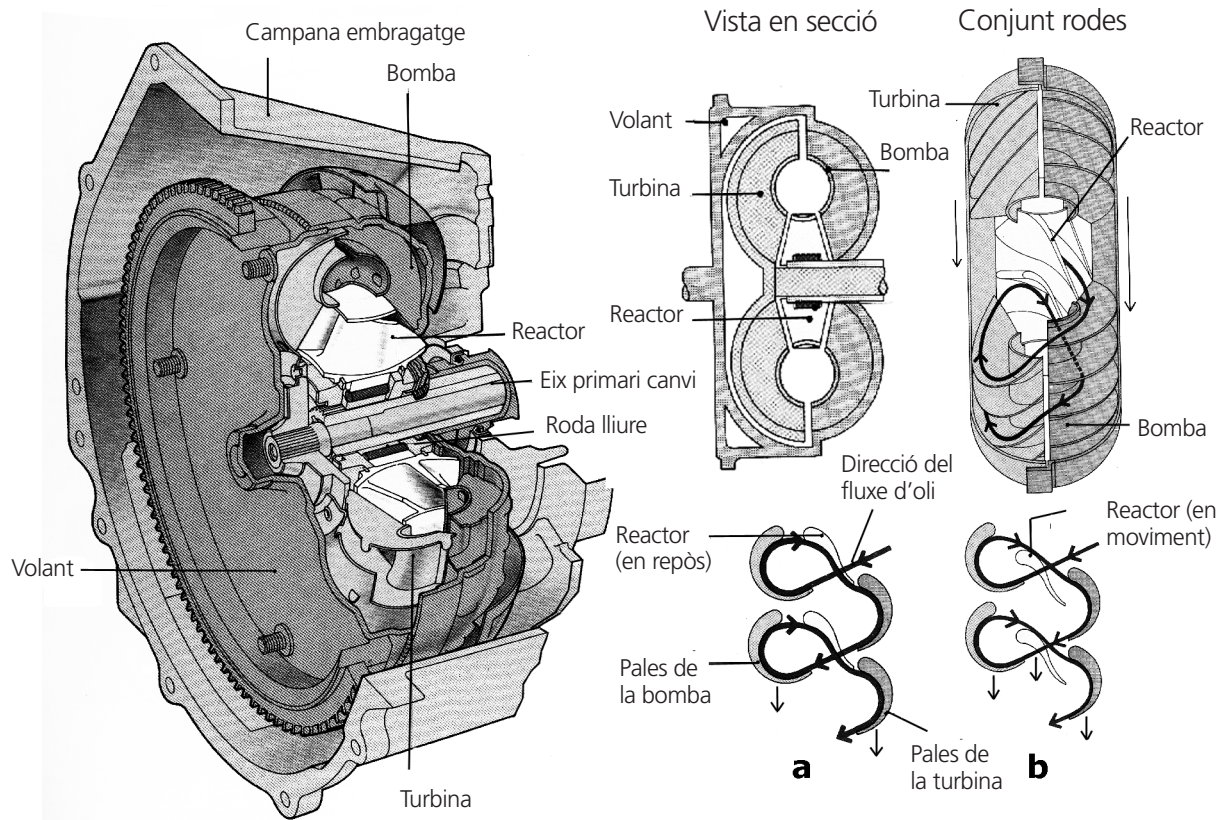


Fig. 9.6

9.3. La caixa de velocitats

La caixa de velocitats és un element de la transmissió que s'interposa entre el motor i les rodes motrius per modificar el nombre de revolucions i, per consegüent, el parell motor, així com per invertir el sentit de gir quan convé. Actua, per tant, com un transformador de velocitat i convertidor mecànic de parell, suplint la manca d'elasticitat del motor.

Per aconseguir la transformació de velocitat i parell (fig. 9.7) fa servir jocs de pinyons, on el pinyó que rep la força s'anomena conductor i el pinyó al qual es transmet la força s'anomena conduït. La diferència de diàmetre i el nombre de dents de cada parell de pinyons determina la relació de transmissió. Per exemple, amb un pinyó conductor petit, engranat amb un pinyó conduït gran, s'obté un mecanisme reductor de velocitat (tantes vegades com el petit càpiga dins del gran) i, en conseqüència, multiplicador de parell amb la mateixa proporció.

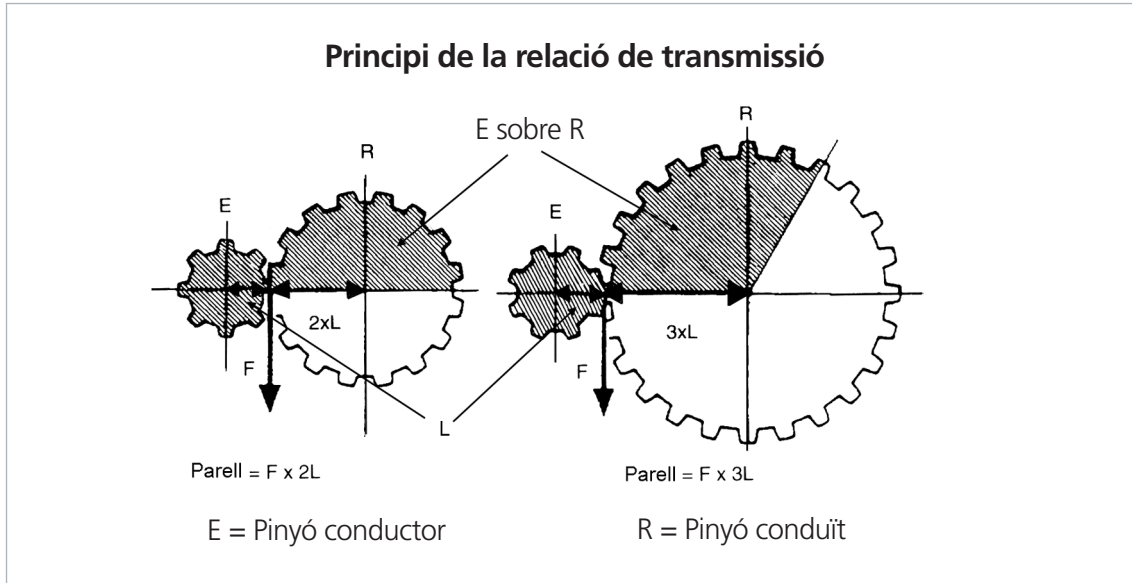


Fig. 9.7

9.3.1. Caixa de canvi de presa constant

Està constituïda (fig. 9.8) per una sèrie de pinyons d'acer, muntats sobre eixos paral·lels. Aquests eixos giren sobre coixinets a l'interior d'una carcassa, habitualment d'alumini, que serveix d'allotjament als pinyons i dispositius d'accionament, així com de recipient per a l'oli de lubricació d'aquests. Els pinyons, en presa constant per cada parell de transmissió, són de dents helicoidals, amb un funcionament silenciós i desgast reduït.

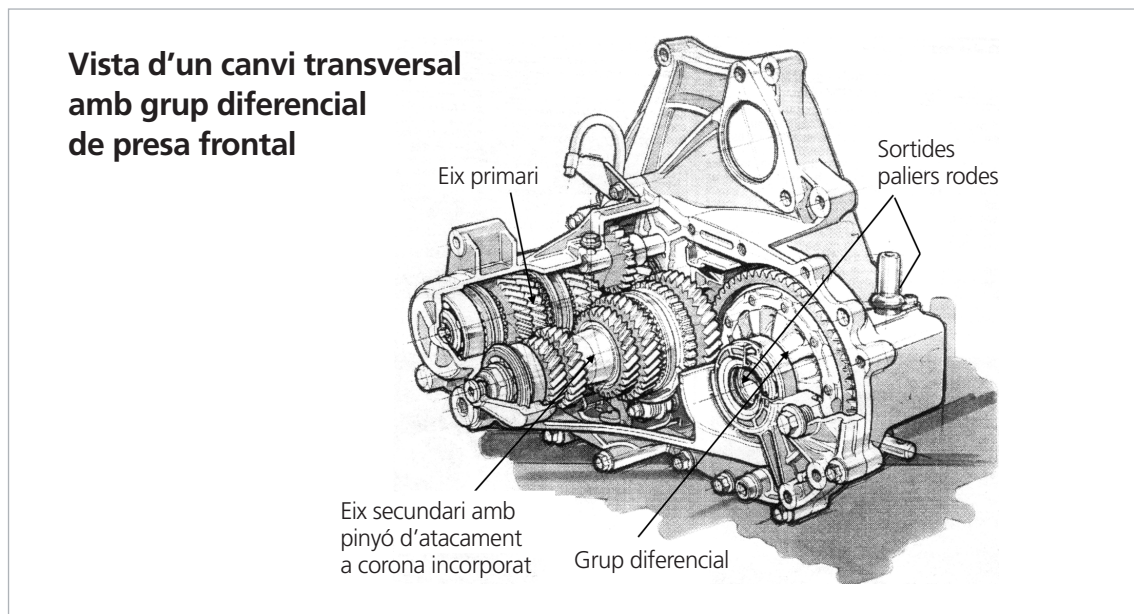


Fig. 9.8

En aquest tipus de caixes sincronitzades, l'acoblament entre cada parell de transmissió (velocitats) s'obté pel desplaçament d'un dispositiu anomenat sincronitzador (fig. 9.9), muntat sobre l'estriat de l'eix secundari (eix de sortida). La funció del sincronitzador és igualar la velocitat dels engranatges que entren en joc.

Aquests sincronitzadors van emplaçats juntament amb els pinyons de la caixa de canvis i els acciona un comandament constituït per un conjunt de palanques i forquilles (fig. 9.11), que efectua l'enllaç entre cada un dels sincronitzadors i la palanca de canvis.

La lubrificació dels eixos i del conjunt dels pinyons es duu a terme per l'oli que recullen les dents dels pinyons i que està aproximadament a un nivell d'un terç de l'altura dels pinyons més baixos de la caixa. Aquest oli està classificat dins el grup de les valvulines, amb un SAE 80 o 90.

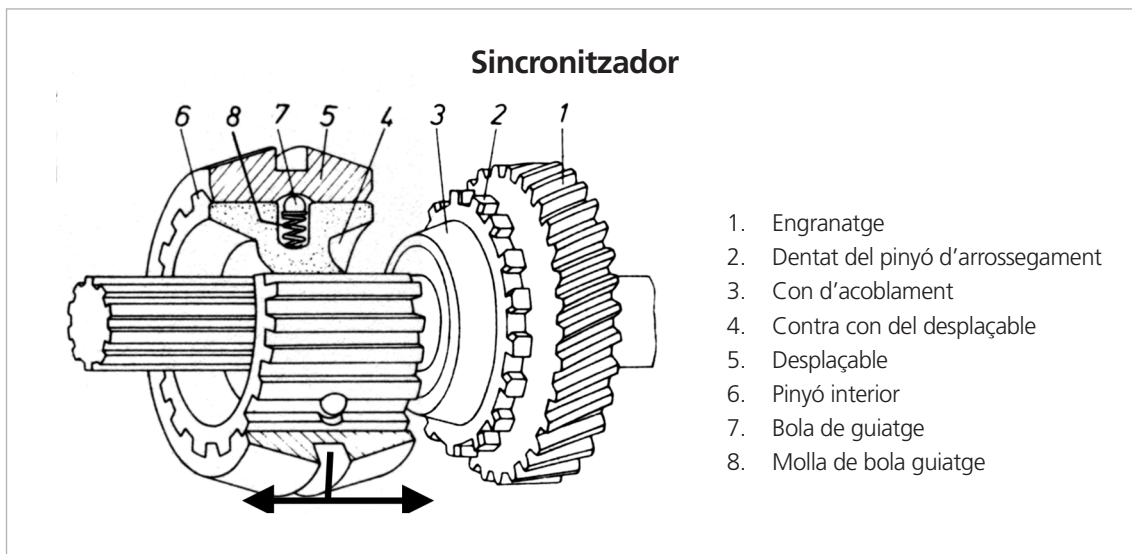


Fig. 9.9

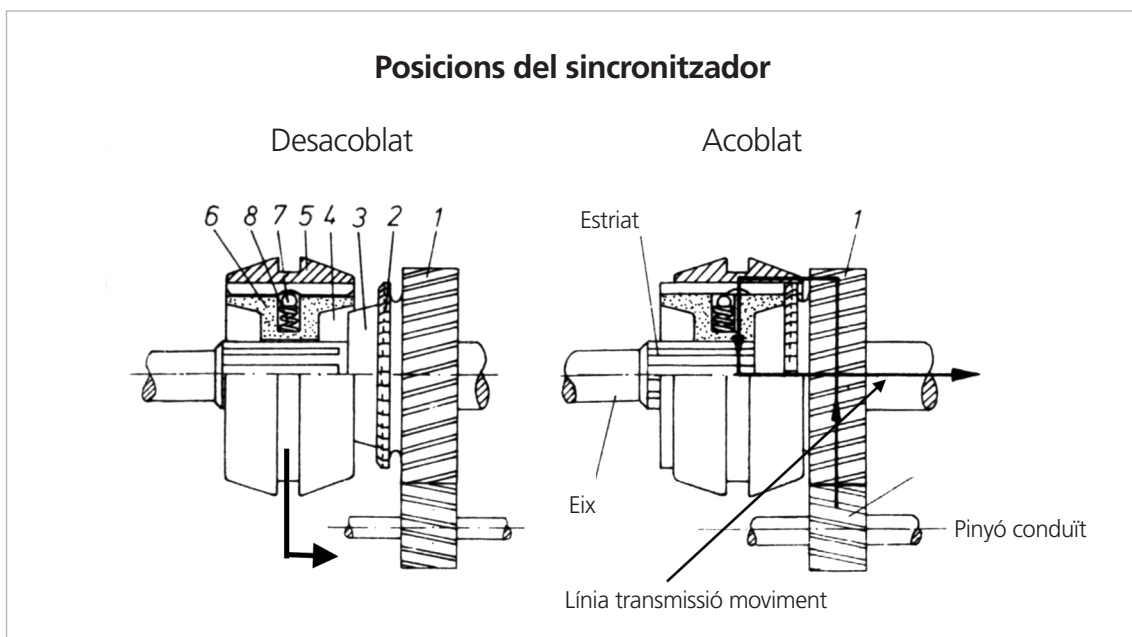


Fig. 9.10

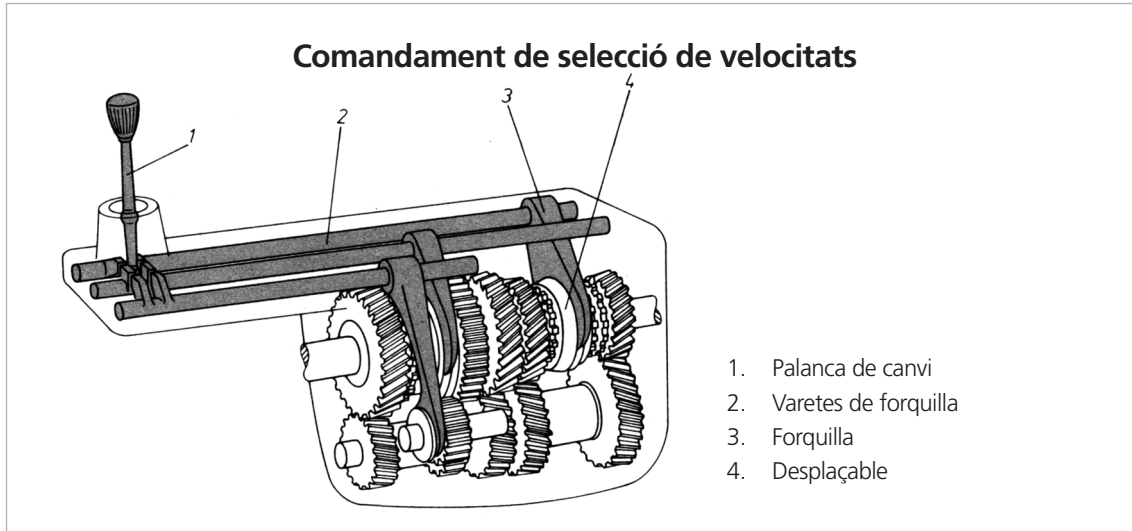


Fig. 9.11

9.4. Transmissió del moviment a les rodes

Segons la implantació del grup motopropulsor i el nombre de rodes motrius, es poden definir els grups següents de sistemes de transmissió:

- **Motor i tracció davantera, o motor central i propulsió al darrere:** La transmissió es fa directament a les rodes des de la sortida del diferencial, integrat en el canvi de marxes, mitjançant paliers articulats.
- **Motor davanter i propulsió a l'eix del darrere:** El moviment es transmet des del canvi de marxes al grup cònic i aquest al diferencial ubicat en el pont del darrere, a través d'un eix anomenat arbre de transmissió, muntat en sentit longitudinal al vehicle. Des del diferencial, el moviment arriba a les rodes a través dels paliers.
- **Transmissió total:** Les quatre rodes són motrius.
- **Tracció a totes les rodes electrificada:** Equipen motors elèctrics a cadascuna de les rodes.
- **Control de tracció i estabilitat (ASR, ESP):** Controla si en l'acceleració existeix lliscament d'alguna de les rodes, actuant sobre algun element de l'equip motor per tal que es restableixi l'adherència en aquesta roda.

9.4.1. Elements de la transmissió

Els elements que formen part de la transmissió es poden classificar en els grups següents:

- Grup cònic/pinyó d'atac-corona.
- Diferencial.
- Juntres, arbre de transmissió i paliers.

Grup cònic/pinyó d'atac-corona

Conjunt format pel pinyó d'atac i la corona, és un element transmissor, convertidor i reductor del moviment a les rodes. La relació de desmultiplicació entre els dos engranatges sol estar compresa entre 3/1 i 6/1. Això implica que el parell transmès a les rodes queda multiplicat per aquesta quantitat i el gir reduït en la mateixa proporció.

Si el grup motopropulsor va col·locat transversalment al vehicle (fig. 9.8), el pinyó d'atac i la corona són cilíndrics. En cas contrari, és a dir, si el motor va muntat en sentit longitudinal, són cònics (fig. 9.12).

El diferencial

Quan un vehicle agafa un revolt, la roda interior recorre un camí més curt que l'exterior. Per tant, si les dues rodes motrius s'unissin rígidament a la corona, donarien les mateixes voltes i, en aquest cas, la roda interior seria arrossegada i lliscaria sobre el terreny.

Per contrarestar aquest efecte es disposa d'un mecanisme diferencial (fig. 9.12), que té com a missió adaptar les revolucions de les rodes motrius al recorregut que hagin de fer.

El diferencial està constituït per una sèrie de pinyons cònics de dents rectes, anomenats satèl·lits i planetaris, engranats entre ells i allotjats en una carcassa, solidària a la corona, i dins la qual es poden moure lliurement.

Els planetaris, s'uneixen als paliers a través d'un estriat que porten a l'interior.

Els satèl·lits, van muntats en un eix perpendicular als planetaris i subjecte a la carcassa, sobre el qual poden girar lliurement rodant sobre els planetaris.

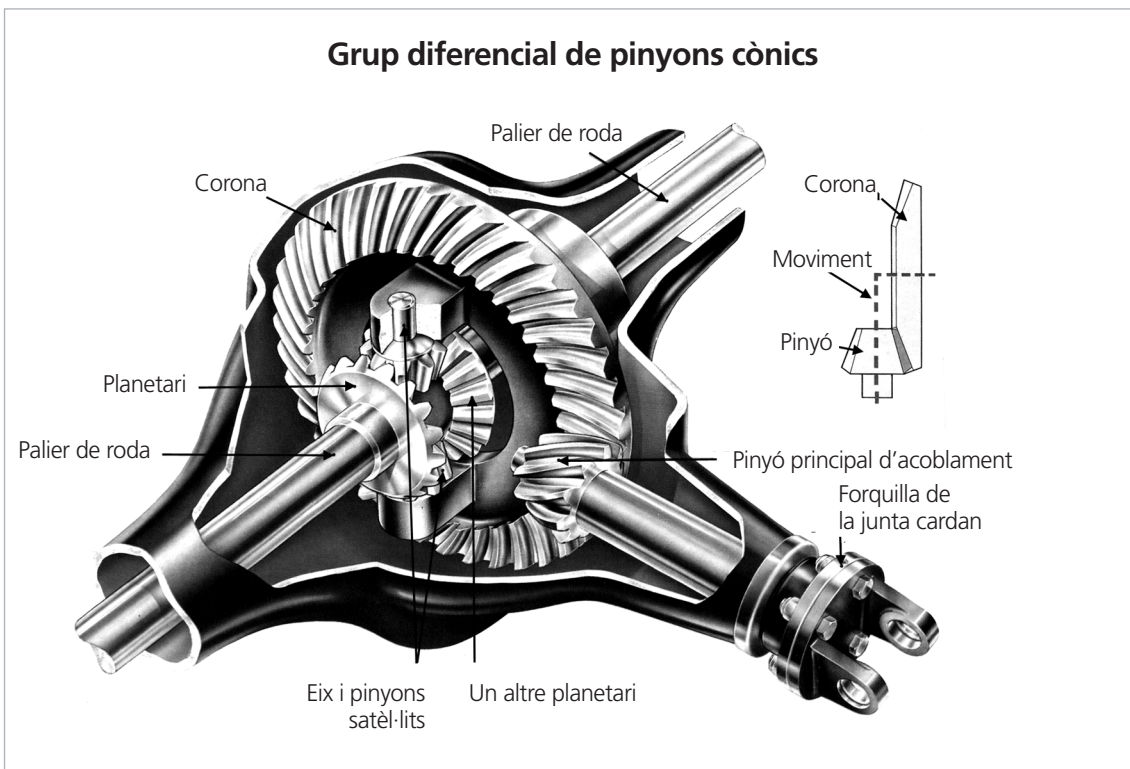


Fig. 9.12

Funcionament del diferencial (fig. 9.13)

El moviment que rep el pinyó d'atac de l'eix secundari de la caixa de velocitats o de l'arbre de transmissió, el transmet a la corona i aquesta a la carcassa del diferencial. En girar, la carcassa arrossega, per mitjà de l'eix portasatèl·lits, els satèl·lits, que actuen com cunyes sobre els planetaris, provocant-ne el moviment, el qual es transmet, a través dels paliers, a les rodes.

En funció de la trajectòria del vehicle, podem distingir:

- **Circulació en línia recta:** Les dues rodes motrius ofereixen la mateixa resistència. Els satèl·lits no giren sobre el seu eix, només tenen un moviment de translació amb la carcassa. Per tant, no actuen com a rodes compensadores i transmeten la força propulsora per parts iguals als planetaris, girant tots dos en el mateix sentit i velocitat que la corona.
- **Circulació en revolt:** La roda interior ofereix més resistència al gir que l'exterior, pel fet que recorre un camí més curt. En quedar frenada la roda, frena també el planetari corresponent i els satèl·lits tendeixen a rodar sobre ell, multiplicant el gir de l'altra roda. D'aquesta manera, el que perd una roda ho guanya l'altra, i així s'ajusta automàticament el gir en cada una d'elles per l'acció compensadora dels satèl·lits. L'efecte així aconseguit compleix sempre que la semisuma de les velocitats angulars de cada planetari és igual a la velocitat angular de la corona.

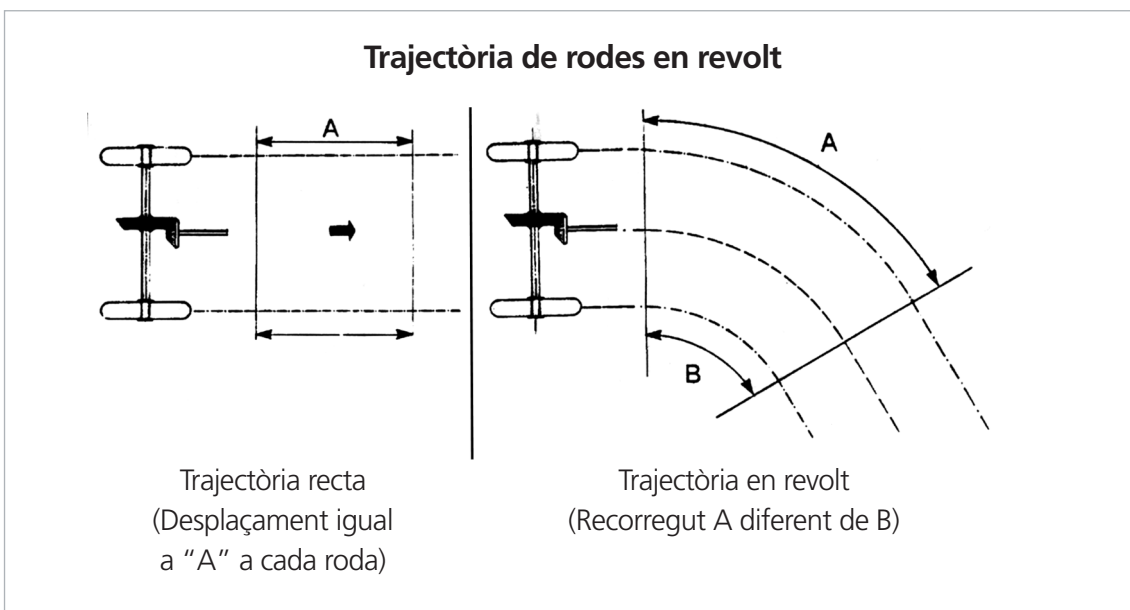


Fig. 9.13

Diferencial autoblocador

El principal inconvenient del diferencial rau en el fet que si una roda perd adherència amb la terra (fang, gel, etc.) gira al doble de velocitat que la corona i l'altra, i per tant també el vehicle, queda immòbil.

Per tal de corregir aquest efecte, els diferencials autoblocadors (fig. 9.14) disposen de mecanismes automàtics de bloqueig, de manera que si el planetari corresponent queda bloquejat, s'anul·la el sistema "diferencial".

Aquest dispositiu d'enclavament permet prou diferència de gir entre rodes motrius de manera que es pugui agafar un revolt amb tota normalitat, però quan una roda s'embala, per pèrdua temporal d'adherència, es produeix l'enclavament.

Hi ha diferents tipus de diferencials autoblocadors:

- Bloqueig per rodets de lliscament.
- Bloqueig per discs de fricció.
- Diferencial Torsen.

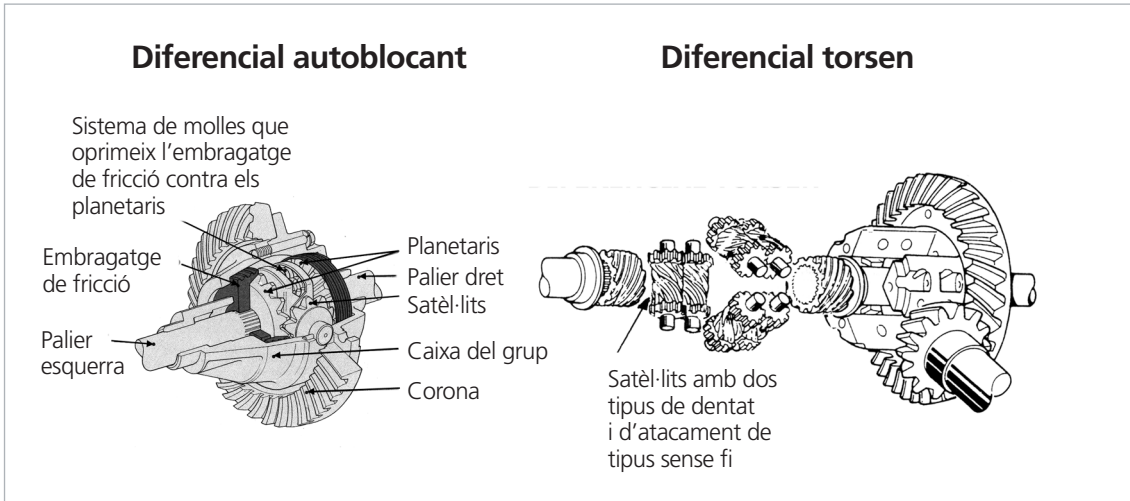


Fig. 9.14

Juntes, arbre de transmissió i paliers

Aquests elements constitueixen el sistema d'enllaç entre la caixa de velocitats i les rodes motrius, transmetent-hi el gir a través del diferencial. Han d'estar dissenyats per suportar esforços de torsió sense deformar-se i ser capaços de transmetre tot el parell motor a les rodes.

Segons la disposició del grup motopropulsor, s'utilitzen diferents sistemes de transmissió, que acoblen juntes i paliers adaptats al sistema.

En els vehicles amb motor al davant i propulsió, l'enllaç caixa de velocitats-pont del darrere es fa a través de l'arbre de transmissió (fig. 9.15).

En els vehicles "tot al davant" o "tot al darrere", la transmissió es fa directament des de la caixa de velocitats a les rodes. El pinyó d'atac està unit a l'eix secundari del canvi i el conjunt diferencial s'allotja en la mateixa carcassa de la caixa de velocitats, de manera que s'elimina l'arbre de transmissió. En aquest cas, els paliers han de ser articulats (fig. 9.15), de manera que permetin el moviment oscil·lant de les rodes quan el vehicle està en moviment.

En els vehicles amb tracció al davant, les articulacions dels paliers han de permetre, a més a més de les oscil·lacions de les rodes, la seva orientació, ja que, en aquest cas, són directrius. Per tant, els paliers han d'anar dotats de juntes que proporcionen, sigui quina sigui l'orientació de les rodes, el mateix gir que hagin rebut, utilitzant en aquest cas juntes homocinètiques (fig. 9.16).

En alguns models actuals també les rodes del darrere permeten uns lleugers girs, cosa que millora el comportament del vehicle en maniobres d'avançaments ràpids i en vehicles industrials, la circulació per carrers estrets en ciutats disminuint el seu radi de gir, per la qual cosa també els paliers, en cas de ser tracció al darrere, van proveïts de juntes homocinètiques.

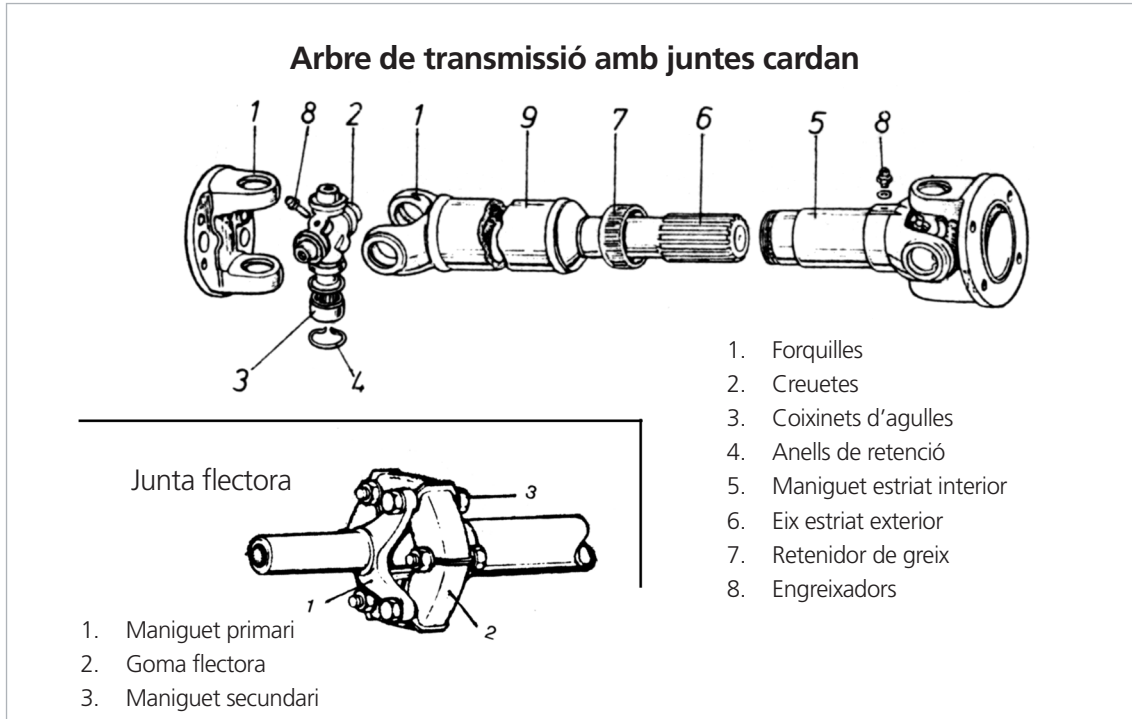


Fig. 9.15

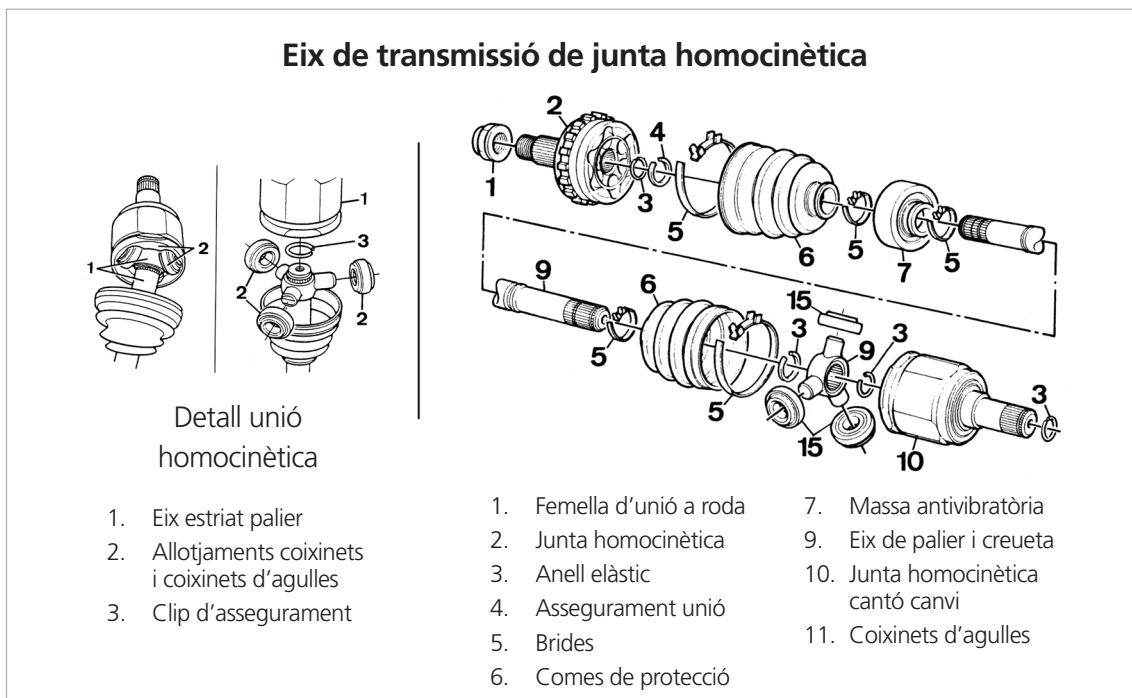


Fig. 9.16

9.4.2. Sistemes de propulsió total

Els vehicles dotats de tracció a les quatre rodes presenten l'avantatge, per una banda, de tenir un millor comportament en revolts i, per l'altra, pel fet que el parell motor queda repartit entre els dos eixos, difícilment arriba a superar mai la força d'adherència del pneumàtic amb el terra, fins i tot en terrenys lliscants.

Els diferents sistemes amb quatre rodes motrius es poden classificar en dos grans grups, els AWD, on la tracció a les quatre rodes és a temps parcial, i els 4WD, on la tracció a quatre rodes és permanent. Així, en aquest sentit podem diferenciar:

- Transmissió permanent a un eix amb connexió manual o automàtica a l'altre (4x2).
- Transmissió permanent a les quatre rodes (4x4).

- **Transmissió permanent a un eix amb connexió manual a l'altre**

Es circula normalment amb dues rodes motrius i només es connecta l'altre eix en cas de necessitat. No es disposa de cap element intermedi que compensi les diferents velocitats dels dos eixos, per la qual cosa cal rodar amb tracció total exclusivament en terrenys de poca adherència, ja que sobretot en revolts i amb bona adherència se sotmeten els pneumàtics i els òrgans de transmissió a grans esforços i desgast (fig. 9.17).

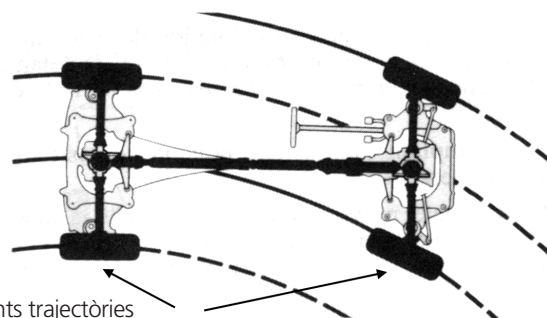
- **Transmissió 4 x 4 permanent**

Formen part d'aquest apartat els vehicles dotats de transmissió integral permanent, amb repartició proporcional del parell motor a l'eix del davant i del darrere. Van dotats d'un diferencial central que compensa les diferències de velocitats en corba entre els dos eixos.

El repartiment de forces entre els dos eixos habitualment és asimètric, amb més percentatge per a l'eix motriu considerat bàsic, que sol ser el davanter en els vehicles de turisme i el de darrere en els tot terreny.

En molts casos, es substitueix el diferencial central clàssic per un conjunt viscoacoblador (fig. 9.18 i 9.19), que permet una repartició automàtica del parell entre els dos eixos.

Transmissió amb connexió de segon eix



L'eix del davant i el del darrere segueixen diferents trajectòries

Fig. 9.17

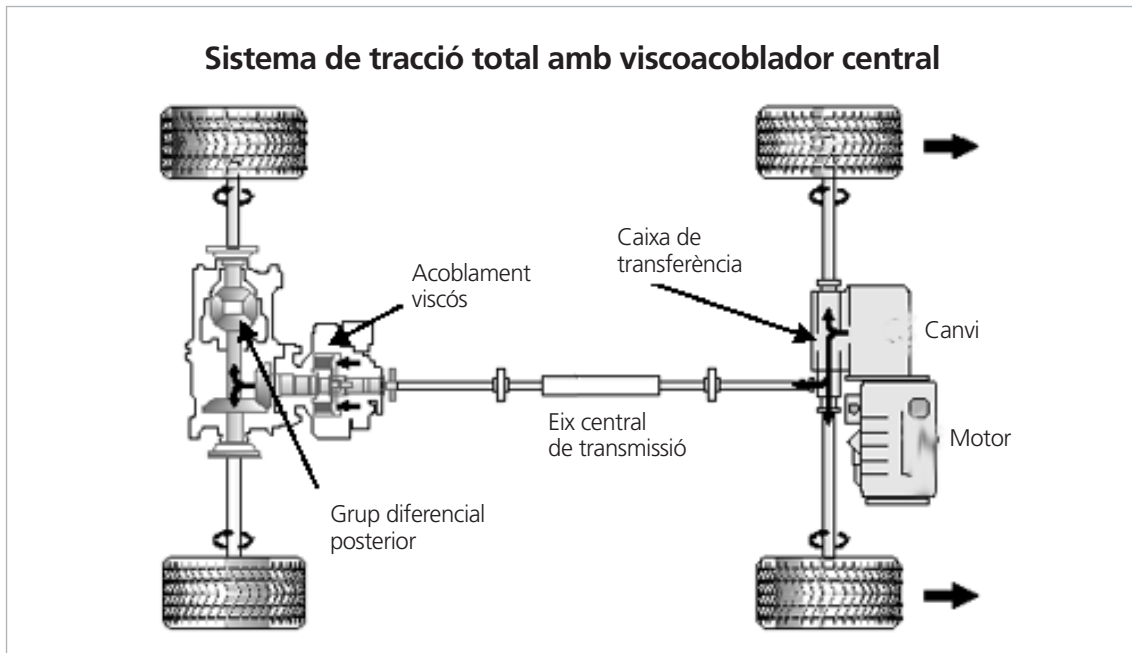


Fig. 9.18

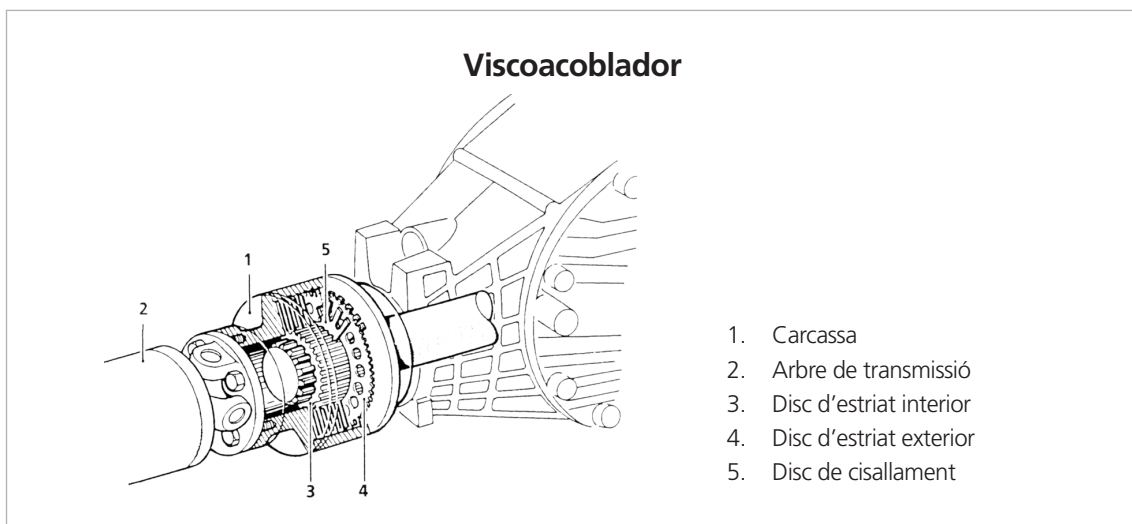


Fig. 9.19

Els vehicles tot terreny, que actualment van dotats de transmissió total permanent, fins fa poc utilitzaven la transmissió a l'eix del darrere, amb connexió manual a l'eix del davant. Aquest tipus de vehicle va dotat d'una caixa de transferència o reductora (fig. 9.20), per tal d'acoblar la tracció davantera. Aquest sistema té la característica de disposar de dues relacions de transmissió, la normal i la curta, que poden ser seleccionades amb una palanca específica. La seva funció és multiplicar el parell de sortida del canvi de marxes, des d'on surten les transmissions per a cada un dels eixos.

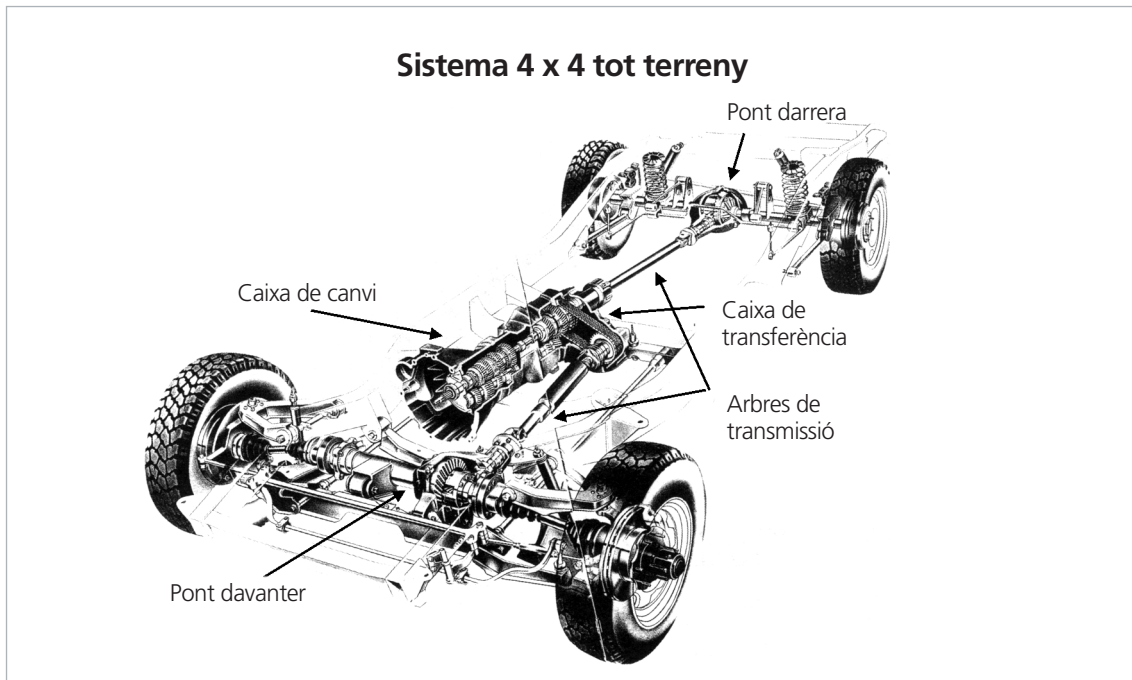


Fig. 9.20

- **Tracció a totes les rodes electrificada**

Molts vehicles elèctrics fan servir el que es coneix com un sistema de tracció total a les quatre rodes.

Cada eix té el seu propi motor elèctric, de manera que les quatre rodes sempre estan accionades, però no hi ha connexió mecànica entre la part davantera i posterior del vehicle. Això millora la tracció i el rendiment alhora que ajuda a millorar l'espai dels passatgers, ja que no hi ha necessitat del pont longitudinal per a l'arbre de transmissió.

Alguns vehicles híbrids endollables utilitzen una combinació de tecnologies per aconseguir la tracció a les quatre rodes. Per exemple, el motor de quatre cilindres de combustió fa girar les rodes davanteres, mentre que un motor elèctric muntat sobre l'eix posterior fa girar les rodes del darrere. Té tracció davantera quan els quatre cilindres funcionen sols, la tracció posterior funciona només en mode elèctric i la tracció total funciona amb les dues fonts d'alimentació en funcionament.

- **Control de tracció i estabilitat (ASR, ESP)**

El control de tracció és un sistema que regula la pèrdua d'adherència de les rodes degut a acceleracions brusques o a lliscaments de les rodes per qüestió del terra, terres molls o amb presència de gel, terres amb presència de grava o en camins.

Per al funcionament del sistema s'aprofita part del sistema de frenada ABS, en què les corones i els sensors instal·lats a les rodes donen informació a la centralita de la velocitat de gir independent de cada roda.

Hem de dir que si el vehicle està circulant recte, les quatre rodes hauran de girar igual. En prendre un revolt les rodes interiors, atès que fan menys recorregut, giren més lentes que les

exterior. Aquesta diferència de velocitats de les rodes és transmesa a la centraleta, informació que es veu ampliada amb la que s'envia a través d'un sensor de posició situat al volant per tal de saber si la diferència de velocitats d'alguna de les rodes és deguda al fet que el vehicle està fent un revolt o bé si és degut a la pèrdua d'adherència.

En aquest últim cas (pèrdua d'adherència), la centraleta de gestió del motor prendrà la decisió de realitzar una o diverses de les accions següents a la vegada:

- Retardar o suprimir l'espurna en un o més cilindres.
- Reduir la injecció de combustible en un o més cilindres.
- Frenar la roda que ha perdut adherència.

Els elements que componen el sistema són:

Sensor d'angle de volant: Sensor instal·lat en el volant que indica l'angle amb què hem girat el volant, cap a quin costat, i amb la rapidesa que ho hem fet.

Sensors de rotació de rodes: Són els mateixos que el sistema d'ABS.

Sensor de posició de regulador: Sensor que indicarà si en un instant concret s'està accelerant.

Sensors d'acceleració lateral: Indica si el cotxe descriu el revolt o no. Si el sensor de volant li diu que està girat a la dreta, però no hi ha una acceleració lateral, significa que el cotxe segueix recte i, per tant, ha d'actuar per corregir el subviratge.

Un giroscopi: Aquest sensor indica al sistema si el vehicle està intentant girar sobre el seu propi eix, com una part superior per corregir el sobreviratge.

Unitat de control: Centraleta que compara les dades que rep dels sensors amb les dades que hauria de tenir. Si coincideixen, tot va bé; si no, ha de treballar, i per tal que el conductor sigui conscient, s'il·lumina un indicador en el quadre d'instruments.



Amb el control d'aquests components no només es recupera l'adherència de la roda que l'ha perdut, sino que actuant sobre els frens d'una roda o l'altra, també es pot corregir la trajectòria del vehicle.

9.4.3. Transmissions automàtiques

Sota la denominació transmissions automàtiques s'agrupen tots aquells dispositius que transmeten el gir del motor a les rodes motrius i efectuen els canvis de relació de transmissió d'una manera automàtica.

El sistema d'automatització i la forma de transmetre el moviment determinen el tipus de caixa automàtica, i en principi se'n poden establir tres grans grups:

- Canvi convencional amb comandament hidràulic.
- Variador continu.
- Canvi automàtic amb trens epicicloïdals.

Sigui quin sigui el tipus utilitzat, en el funcionament d'una transmissió automàtica el conductor selecciona la condició de marxa desitjada. Aquesta informació es transmet als sistemes hidràulics i electrònics de la caixa de canvis mateixa i a la central electrònica de control del sistema, intercomunicada (CAN BUS) amb la UEC de gestió del motor. Efectivament, en accelerar, el vehicle comença a desplaçar-se, establint-se les diferents relacions de transmissió d'una manera completament automàtica, en funció de les condicions de marxa del vehicle (règim de gir del motor, velocitat del vehicle, posició del pedal de gas, etc.).

D'aquesta manera, se selecciona la relació de transmissió més adequada per a cada condició de marxa del vehicle i s'obté un major rendiment i economia de combustible, amb un índex de contaminació més baix.

Canvi convencional amb comandament hidràulic

Aquest tipus de canvi està constituït per un caixa de canvis manual sincronitzada d'engrenatges helicoïdals, en què s'acoba un sistema de comandament hidràulic per a la selecció de les velocitats, que comanda també l'embragatge convencional de disc. El sistema hidràulic està governat per una central electrònica.

Aquest tipus de canvis permeten, generalment, dues maneres d'utilització: manual i automàtica. Efectivament, la palanca de canvi permet seleccionar, per una banda, les diferents posicions de conducció automàtica, així com la de pàrquing (P), neutre (N) i marxa enrere (R). Per una altra banda, el posicionament de la palanca en manual (M), permet al conductor seleccionar manualment les relacions de marxa a través de la palanca o les lleves del volant, amb canvis ascendents (+) o descendents (-).

Canvi automàtic per variador continu (CVT)

Aquest tipus de canvi automàtic (fig. 9.21) es caracteritza per ser capaç d'efectuar una variació contínua de la relació de transmissió, cosa que suposa la utilització d'un nombre infinit de marxes i la millor adaptació de la potència del motor en la transmissió a les rodes, amb la conversió de parell idònia per a cada circumstància de marxa del vehicle.

El sistema de transmissió utilitzat, anomenat CVT (Continuously Variable Transmission), és un variador de velocitat, format per dues politges de diàmetre variable i una cadena metàl·lica flexible d'enllaç entre ambdues, que transmet el moviment. Una gestió electrònica del canvi i un comandament hidràulic permeten establir la relació de transmissió més adient.

Canvi automàtic per variador continu

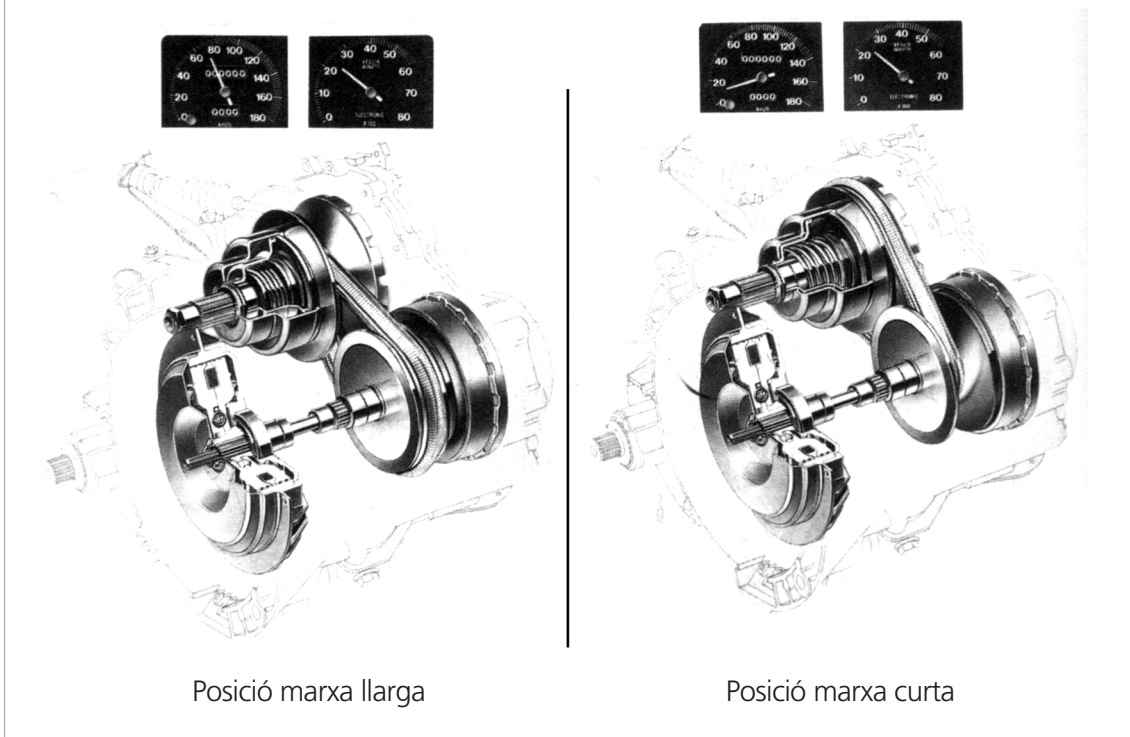


Fig. 9.21

Canvi automàtic amb trens epicloïdals

El canvi automàtic per excel·lència és el que utilitza trens epicloïdals (fig. 9.22) per a l'obtenció de les diferents relacions de transmissió, substituint d'aquesta manera els engranatges helicoidals.

Un tren epicloïdal està format per:

- Pinyó planetari, amb el seu eix d'accionament
- Pinyons satèl·lits (3) units per una placa portasatèl·lits
- Corona amb dentat interior i eix d'accionament

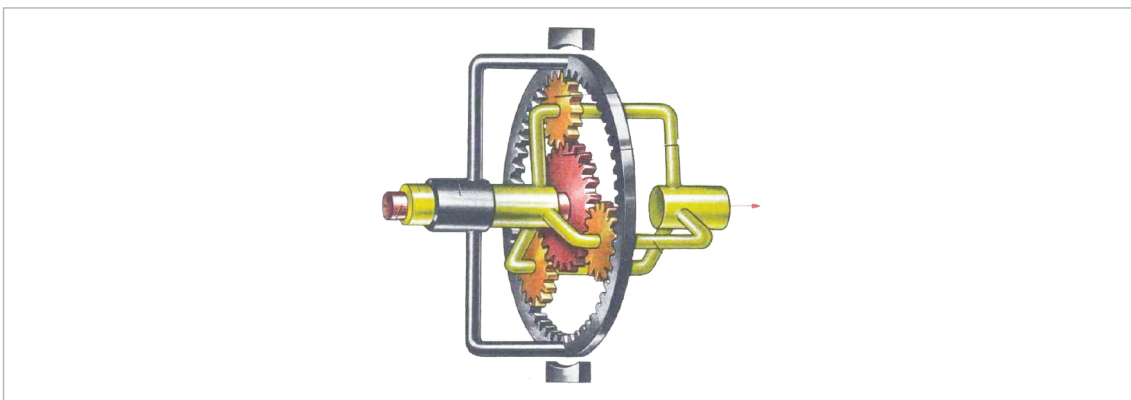


Fig. 9.22

La utilització de trens epicicloïdals ofereix diferents avantatges:

- Amb un sol tren es poden obtenir diferents relacions de transmissió, en funció de quin element del tren es fredi o s'accioni.
- Són capaços d'invertir el sentit de gir, sense cap altre element addicional.
- No cal interrompre el moviment d'entrada al tren per canviar de relació de transmissió.

Per tant, les relacions de transmissió obtingudes depenen de l'element del tren que es fredi, així com del que actuï com a receptor i com a transmissor del moviment. En funció del nombre de relacions de transmissió que es vol obtenir, es disposen diferents trens epicicloïdals units entre ells. Aquests trens estan comandats per dispositius de fre i embragatge, que s'activen en la selecció de les diferents velocitats per mitjà d'un sistema hidràulic amb control electrònic.

El moviment es transmet del motor a la caixa de velocitats a través d'un convertidor hidràulic de parell.

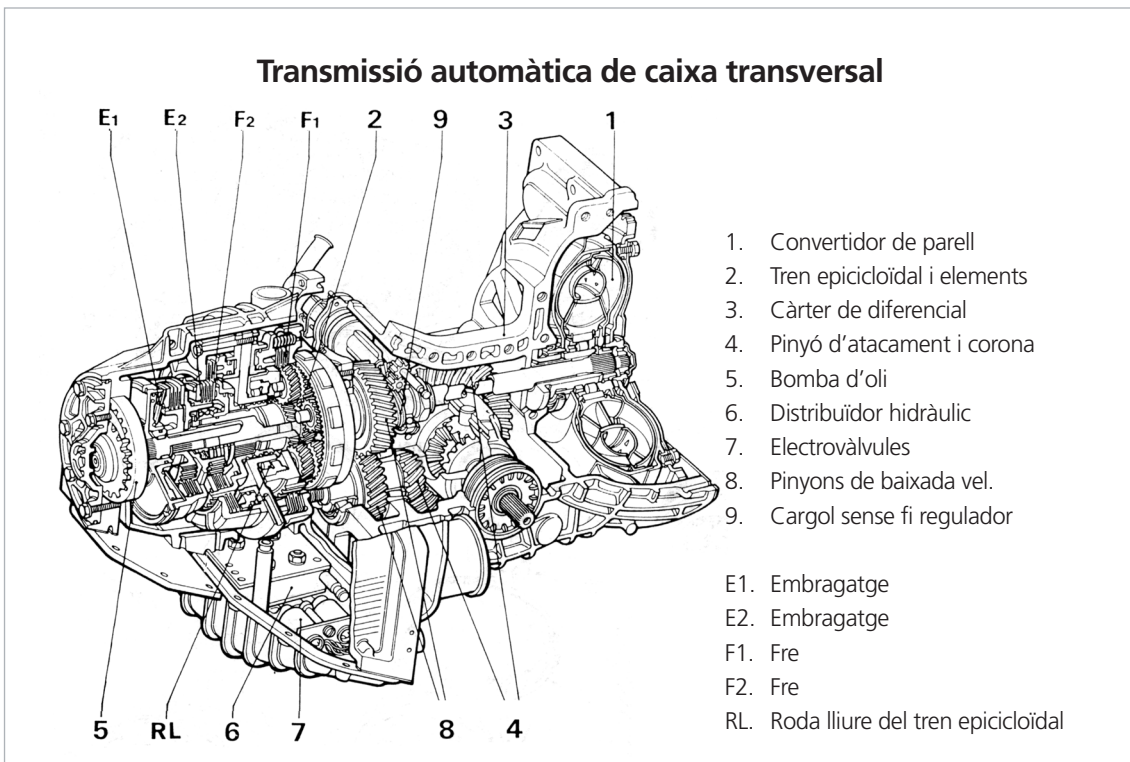


Fig. 9.23

9.5. Missió i fonaments del sistema de frenada

La missió del sistema de frenada és reduir o anul·lar la velocitat del vehicle en qualsevol circumstància, amb el menor temps possible, sense afectar l'estabilitat del vehicle i amb el mínim esforç. El sistema ha d'estar dotat també d'un fre d'estacionament o fre de mà, per mantenir el vehicle immobilitzat quan està aturat.

L'efecte de frenada consisteix a transformar l'energia cinètica del vehicle en moviment en calor pel fregament entre una part fixa, les pastilles o sabates (amb un alt coeficient de fregament) i una part mòbil, el disc o tambor. Per tant, la frenada d'un automòbil és conseqüència de l'acció de les forces de fregament desenvolupades pels frens, que juntament amb la resistència oposada per l'aire i l'acció de fre del motor, redueixen la velocitat del vehicle.

La força de frenada que s'ha d'aplicar a un vehicle per aturar-lo està en funció de la resistència obtinguda a les rodes. Quan la força de frenada és superior a la força d'adherència del pneumàtic amb el terra, les rodes queden bloquejades, cosa que provoca la pèrdua de direcció quan es bloqueja el tren del davant; si el que es bloqueja és el tren del darrere, aquest tendeix a posar-se per davant i es produeix el que coneixem com a virolla.

Per tant, per aconseguir una frenada eficaç i segura, cal que tota l'energia cinètica es transformi en calor pel fregament entre els elements de frenada i no pel fregament entre el pneumàtic i el terra, que en aquest cas deixa marcada l'empremta del pneumàtic sobre el terra (roda bloquejada).

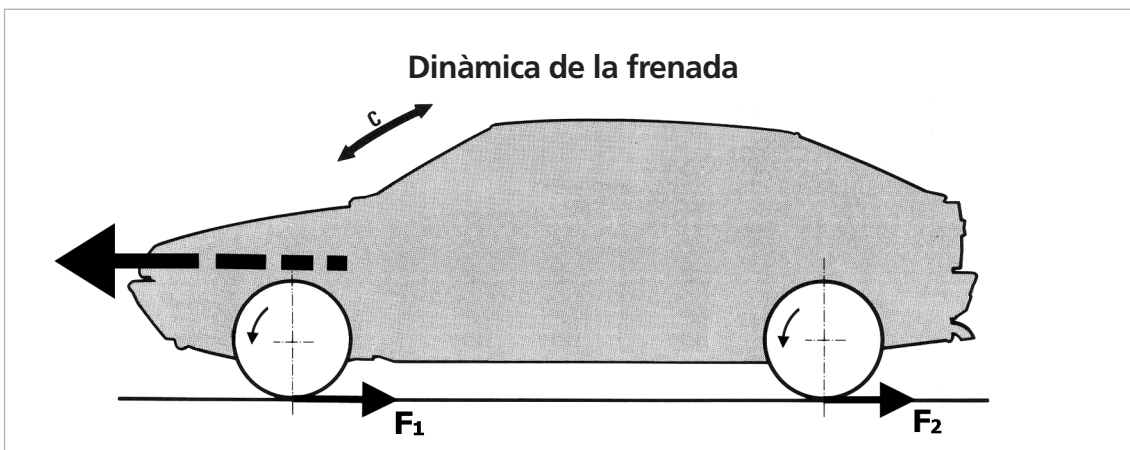


Fig. 9.24

9.6. Repartiment de la força de frenada

Cal tenir en compte que, en el moment de la frenada i per efecte de la inèrcia, apareix una força F (fig. 9.25) que, aplicada al centre de gravetat del vehicle, desplaça el pes cap al davant. Aquest efecte modifica la càrrega sobre el eixos, ja que part del pes (càrrega dinàmica) es transfereix de les rodes del darrere a les del davant. Això fa que augmenti l'adherència d'aquestes amb el sòl i disminueixi la de les rodes del darrere.

Com a conseqüència, la suspensió del tren del davant es dissenya de manera que s'enfonsi el mínim possible per evitar en part l'efecte i, per altra banda, la força de frenada a l'eix davanter s'incrementi proporcionalment al pes transferit, i, a la vegada, la força de frenada es descarregui a l'eix del darrere (funció realitzada pel corrector de frenada i assumida per l'ABS, en els vehicles dotats d'aquest dispositiu).

En els vehicles amb motor i tracció al davant (el sistema més habitual), el repartiment del pes sol ser, aproximadament, d'un 60% al davant i un 40% al darrere. D'altra banda, les forces de frenada aplicades a les dues rodes d'un mateix eix han de ser exactament iguals i l'eficàcia del sistema de frenada, d'un 85%. Per sota del 50% es considera insuficient.

En vehicles com les motos (Fig. 9.26), en una frenada forta, la transmissió de pes cap a l'eix davanter i l'enfonsament de la forquilla de suspensió provoquen que la roda del darrere quedi pràcticament sense pes o inclús que aquesta arribi a separar-se del terra, fet que comporta mol-

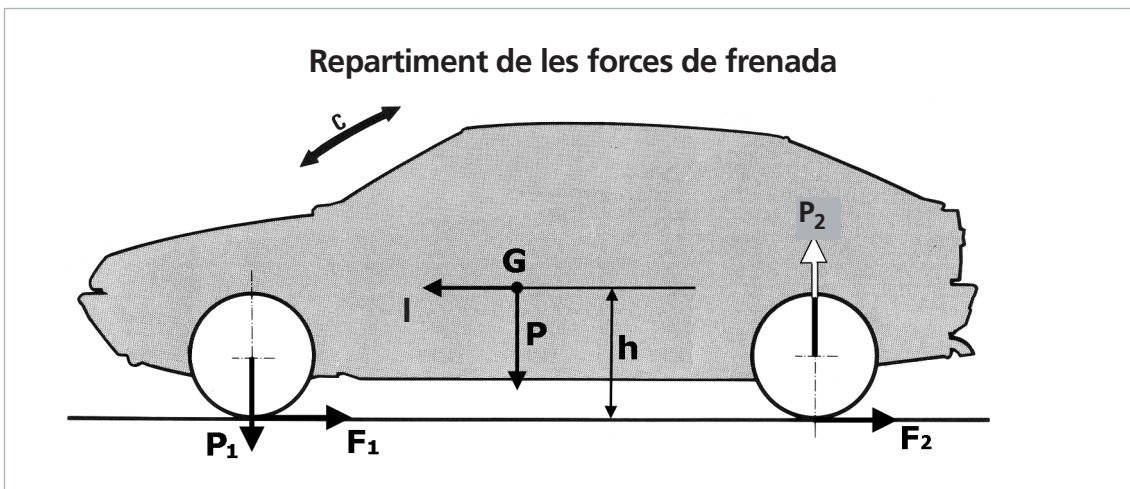


Fig. 9.25

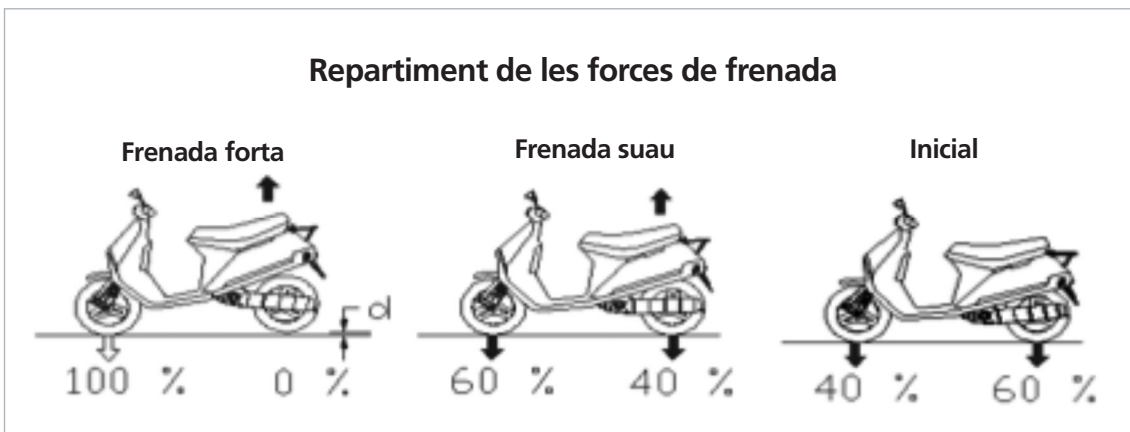


Fig. 9.26

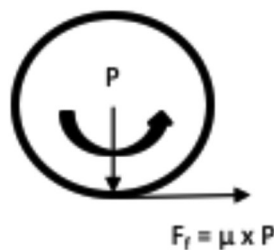
tes dificultats al motorista per mantenir l'equilibri, i l'obliga a fer una ziga-zaga i posteriorment cau al terra. S'ha de tenir en compte que la reacció del motorista en fer una frenada instintiva en moments de pànic fa que aquest no controli la força amb la qual acciona els comandaments dels frens. Aquest és un dels motius de moltes caigudes de motoristes sense necessitat que existeixi un impacte amb d'altres. La implantació dels sistemes ABS en les motos minimitza aquest risc de caiguda.

9.7. Distància de parada

És l'espai que recorre el vehicle des que s'acciona el fre fins que s'atura completament. Depèn de diversos factors, com ara:

- Pressió sobre pedal de fre.
- Força d'adherència del pneumàtic al sòl.
- Velocitat del vehicle, força i direcció del vent.
- Estat d'adherència de la calçada.

La distància de parada augmenta si durant el procés de detenció s'arriben a bloquejar les rodes. En aquest sentit un factor molt important és l'estat del paviment, que pot fer disminuir considerablement el coeficient de fregament entre el pneumàtic i el terra.



Podem veure que una roda gira per la força tangencial que fa sobre aquesta la força de fregament F_f , i veiem que aquesta força depèn de dos factors: (μ) coeficient de fregament del pneumàtic amb el terra i el (P) pes que recau sobre aquella roda.

Atès que els dos elements en la fórmula estan multiplicant, en el cas que un d'ells fos 0, la F_f també seria 0, cosa que vol dir que la F_f desapareix o no existeix i per tant la roda deixaria de rodar, és a dir, que la roda lliscaria sobre el terra i es mantindria bloquejada.

El coeficient de fregament (μ) varia per diversos motius: temperatura dels pneumàtics baixa, pressió d'inflament baixa, característiques del paviment, temperatura del paviment, etc., així doncs, en un paviment gelat aquest coeficient s'acosta al valor 0. És per això que en terrenys amb neu o gel la distància de frenada s'allarga i les rodes, en frenar, es bloquegen en facilitat. L'altra raó que el valor del (P) sigui 0 és quan degut a fortes frenades el desplaçament del pes cap a les rodes davanteres deixen les posteriors gairebé sense pes, per la qual cosa també desapareix la F_f , i es produeix el bloqueig d'aquesta roda. Aquesta és la justificació de la necessitat de la utilització dels sistemes ABS en els frens, que aconsegueix minorar la distància de parada en moments de reacció evasiva instintiva.

Per evitar aquestes reaccions instintives per part dels conductors, en els vehicles actuals s'estan instal·lant els sistemes de mitigació de col·lisió frontal (FCM).

9.8. Sistemes de frenada

Segons els elements utilitzats i la manera d'efectuar el desplaçament de la part mòbil, els frens de fricció utilitzats poden ser de dos tipus:

- Frens de tambor, on unes mordaces friccioneen l'interior d'un tambor.
- Frens de disc, on unes pastilles de fre emmordassen exteriorment un disc.

9.8.1. Fre de tambor

Al fre de tambor (fig. 9.27) les mordaces 4 i 5, per acció del bombí 3, són comprimides contra la pista interior del tambor 1. Les molles 6 i 7 són les encarregades de tornar les sabates a posició de repòs, i el mecanisme d'autotensat 8 i 9 les manté gairebé ajustades al tambor per no tenir

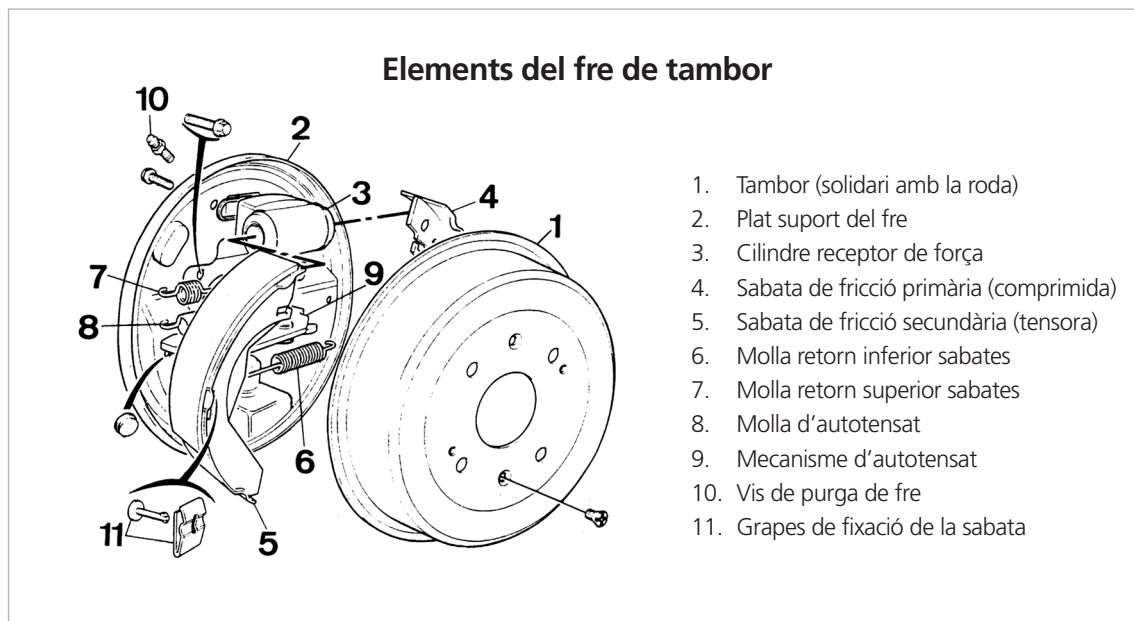


Fig. 9.27

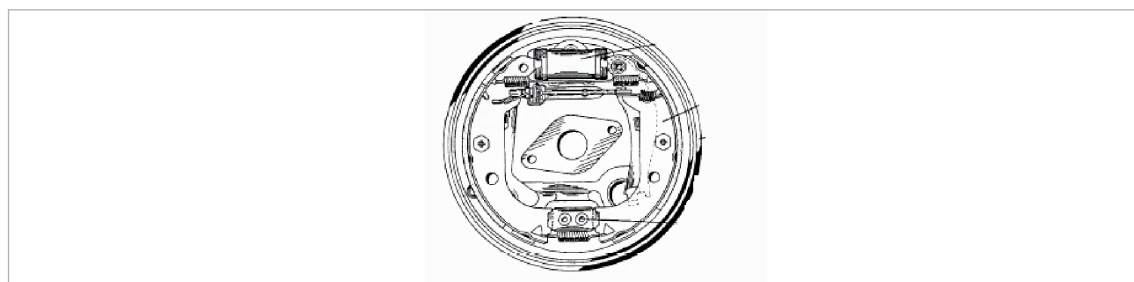


Fig. 9.28

massa joc al pedal de fre. El purgador 10, un cargol foradat interiorment i acabat amb un con d'estanqueïtat, serveix per treure l'aire que hagi pogut entrar al circuit hidràulic, ja que aquest ha d'estar totalment ple de líquid per tal de no tenir pèrdues de recorregut a causa de la compressió de l'aire.

9.8.2. Fre de disc

Aquest tipus de fre és el que més s'aplica, almenys a les rodes del davant, ja que la seva acció de frenada és més enèrgica, obtenint-se un temps de frenada menor que es tradueix en una distància d'aturada més curta. Atès que allibera millor el calor que el sistema de tambor, l'afebliment de la frenada també disminueix.

Constructivament (fig. 9.29), el fre de disc consta d'un disc 2 lligat a la caixa de la roda 1, que és abraçat per una pinça 4 que conté un pistó hidràulic o més 11. Per acció del líquid a pressió procedent del circuit de frens, els pistons es desplacen i apliquen les pastilles de fre 8 contra el disc, immobilitzant-lo. D'aquesta manera, la força de frenada s'obté per l'aplicació de forces axials i no radials, com en el fre de tambor. D'aquesta manera, el disc queda sotmès per les dues cares a forces iguals i se n'evita la deformació i el desgast irregular de les pastilles. La resta d'elements 5 són únicament d'ajust i guiament del sistema, per poder-se desplaçar axialment.

Les combinacions possibles d'elements d'aquest sistema són diverses: pinces fixes amb 2 o 4 pistons, pinces mòbils amb un sol pistó, muntatge simètric de les pastilles de fre, muntatge decalat o asimètric, discs ventilats que milloren notablement l'evacuació de la calor, etc.

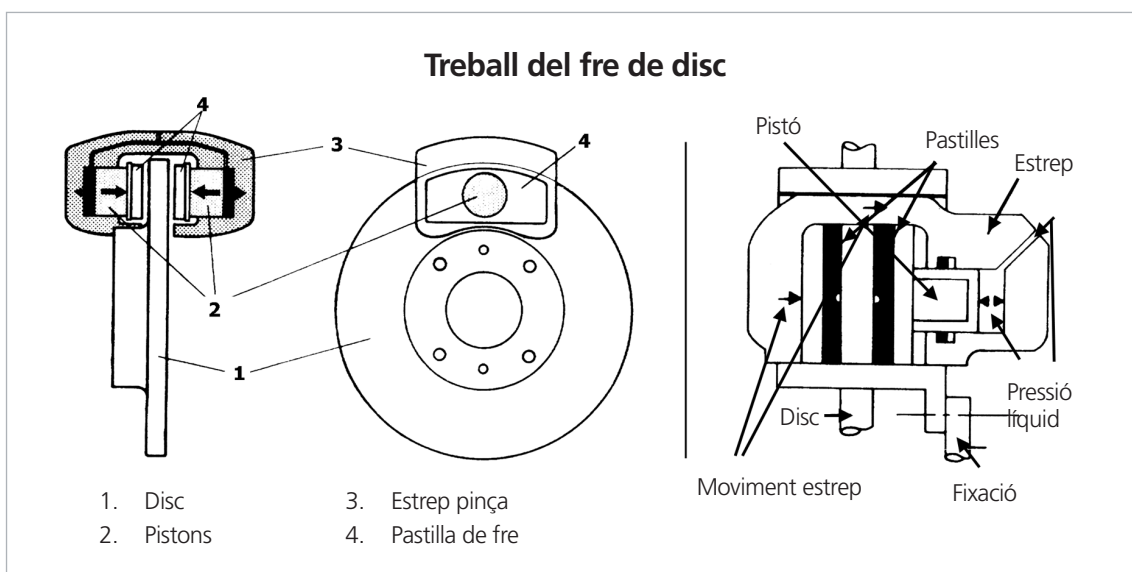


Fig. 9.29

9.8.3. Fre de mà

És un fre d'accionament independent del principal que, generalment, actua sobre el tren del darrere i, habitualment, va comandat mecànicament per un sistema de varetes i cables d'acer. La seva missió és immobilitzar el vehicle un cop aturat, podent utilitzar-se com a fre d'emergència en cas de fallada del sistema normal de frens (fig. 9.30).

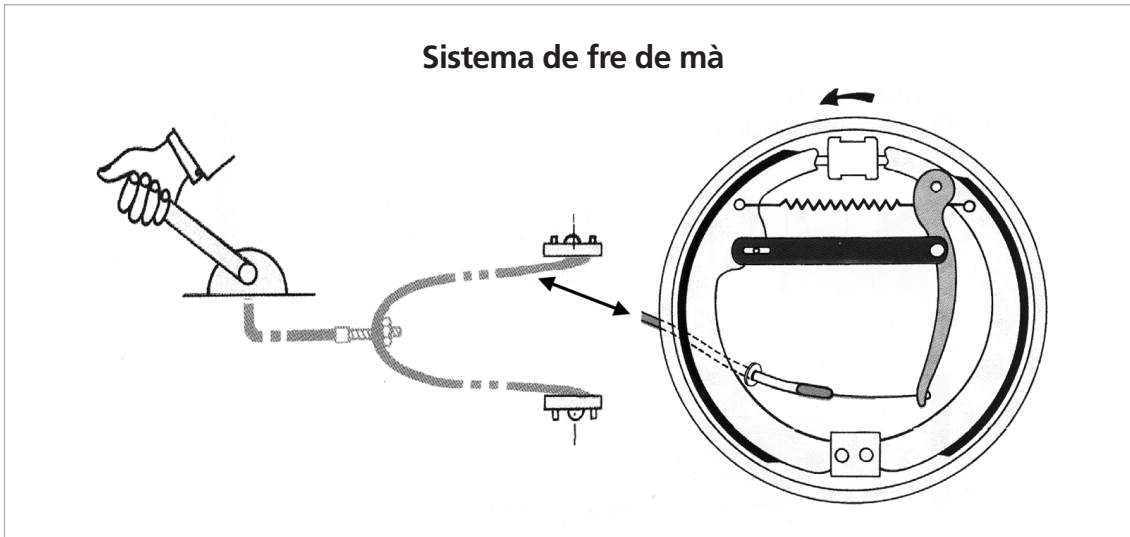


Fig. 9.30

9.8.4. Sistema de comandament

Formen part del sistema de comandament dels frens tots aquells mecanismes que serveixen per transmetre als elements de roda l'esforç desenvolupat pel conductor sobre el pedal, amb mecanismes d'assistència o sense.

El sistema de comandament més generalitzat en els vehicles de turisme és l'hidràulic.

Sistema de comandament hidràulic. Principi de funcionament

Aquest sistema es basa en el fet que els líquids són pràcticament incompressibles i es fonamenta en el Principi de Pascal, que diu que la pressió exercida sobre un punt qualsevol d'un líquid es transmet íntegrament en totes direccions. El sistema disposa de capacitat multiplicadora de la força aplicada al pedal de fre. És a dir, permet augmentar amb molta facilitat les forces que resulten en els èmbols receptors, a través d'una estudiada relació de diàmetres.

Atès que segons el postulat la pressió és la mateixa en tots els punts, de la relació $\frac{F1}{S1} = \frac{F2}{S2}$ obtenim que $F2 = \frac{F1 \times S2}{S1}$, i coneixent les dades de la fig. 9.31, atès que $S2$ és més gran que $S1$, per una mateixa pressió la força $F2$ sempre serà més gran que la força inicial $F1$; en aquest cas $F2$ és 4 vegades més gran que $F1$.

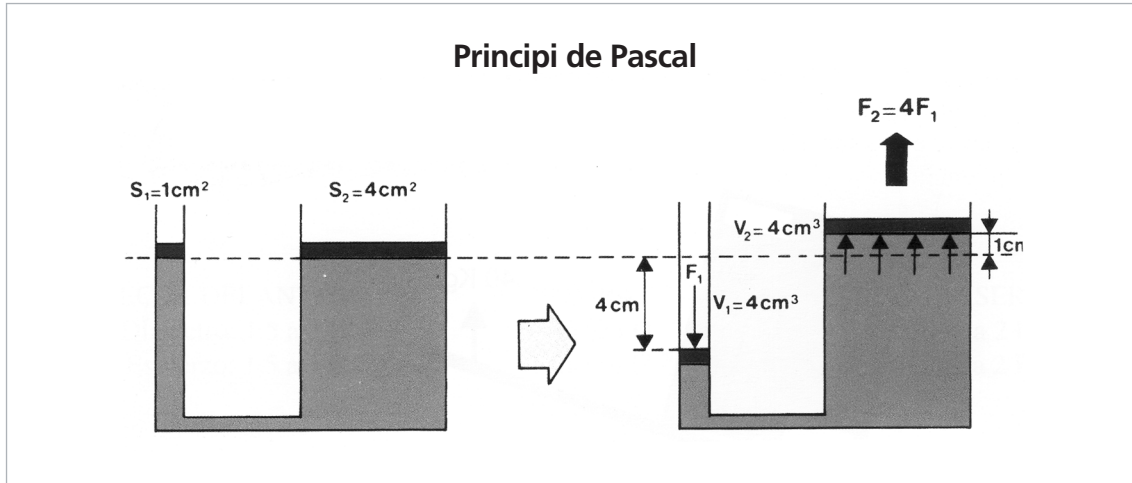


Fig. 9.31

El circuit hidràulic (fig. 9.32) consta d'una bomba hidràulica 2 anomenada cilindre mestre que, per acció del pedal de fre, comprimeix el líquid que omple totalment el circuit i transmet així la força als cilindres receptors de fre del davant 1 i del darrere 7. Intercalat entre la bomba i el circuit del darrere, hi ha un corrector de frenada 6 que disminueix la pressió per no bloquejar el tren del darrere. Observem el servo 4, que multiplica la força aplicada sobre el pedal de fre gràcies a la depressió del motor.

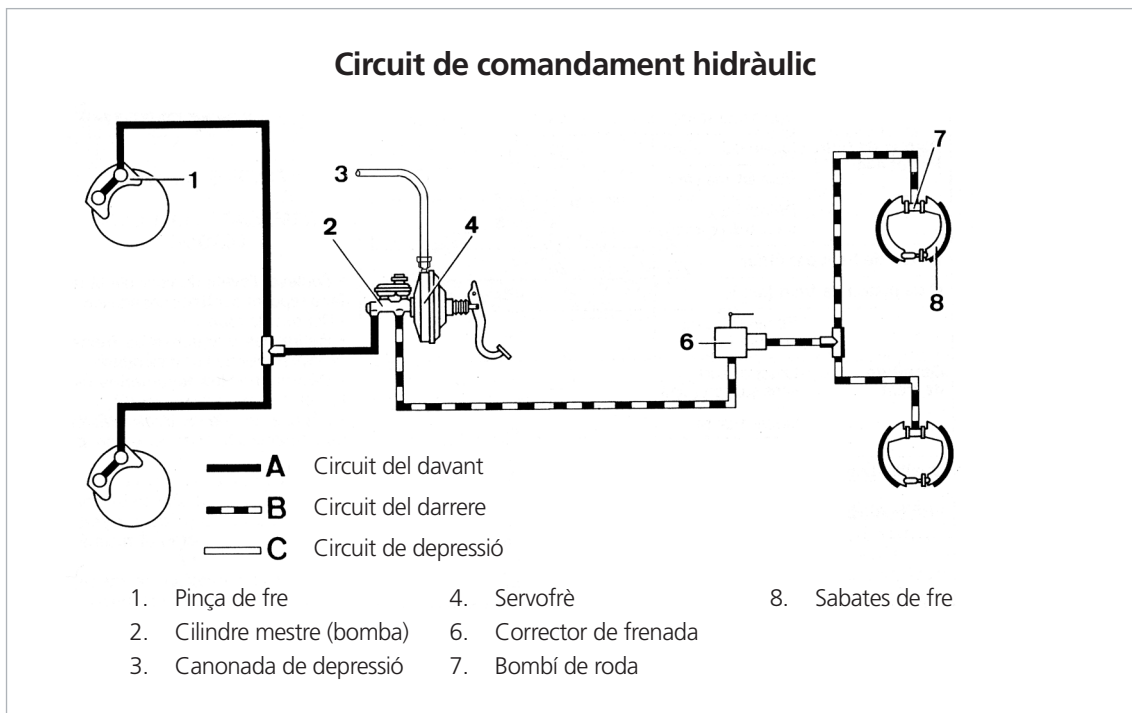


Fig. 9.32

9.8.5. Servoassistència: servofrè

S'entén com a servoassistència tot mecanisme que aporti una energia auxiliar que, sumada a la proporcionada pel conductor durant l'acció de frenar, redueixi l'esforç que aquest ha de realitzar.

En general, per funcionar el servofrè (fig. 9.33) aprofita la depressió originada en el col·lector d'admissió del motor; en altres casos disposa d'un depressor amb aquesta funció. L'acció de la depressió fa desplaçar un pistó de gran diàmetre que, a través d'un eix, incideix sobre la bomba de fre, sumant-se a l'acció del pedal.

La configuració més habitual és amb la bomba de fre emplaçada sobre el servofrè mateix i que s'anomena Mastervac.

9.8.6. Canalitzacions i líquid de fre

Per transportar el líquid de fre es fan servir canalitzacions de coure o d'acer tractat contra la corrosió, que s'uneix per trams mitjançant unes connexions de tipus cònic per assegurar una bona estanqueïtat, fonamental per al sistema. A les unions del tub amb la roda, com que aquesta es mou amb la suspensió, es munten uns tubs flexibles de gran resistència (*latiguillos*).

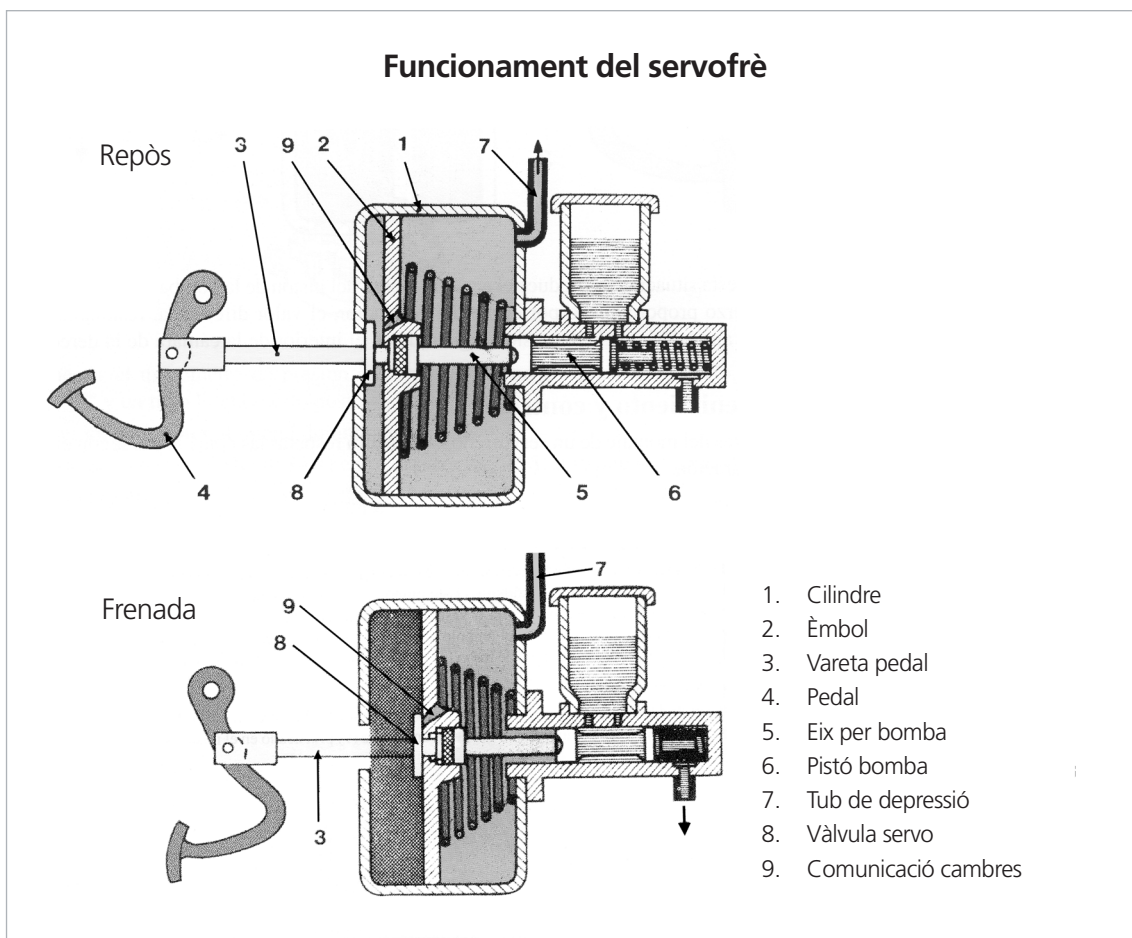


Fig. 9.33

Requisits del líquid de fre:

- Temperatura d'ebullició elevada (230 °C a 240 °C).
- El líquid de fre és higroscòpic, és a dir, absorbeix aigua amb l'inconvenient que si supera el 3%, la temperatura d'ebullició baixa fins a 80 °C o 90 °C, cosa que el fa inservible i s'ha de substituir.
- Com que està en contacte amb els components del circuit (cautxú, coure, acer, etc.), ha de tenir propietats anticorrosives i no es poden barrejar entre elles els dos tipus de líquid de fre que es fabriquen: el mineral i el sintètic.
- Substitució del líquid sempre que es realitzin intervencions en el circuit de frens que impliquin trencar l'hermeticitat del circuit. En tot cas, es recomana substituir el líquid periòdicament, cada 2 anys o 80.000 km.

9.8.7. Gestió electrònica del sistema de frens (ABS)

La funció del dispositiu antibloqueig ABS (fig. 9.34) és dosificar l'esforç de frenada, adequant-lo a les condicions d'adherència de cada una de les rodes, de manera que s'obtingui la major eficiència possible de frenada.

El sistema està format bàsicament pels elements següents:

- **Captadors de velocitat de les rodes:** informen el calculador de la velocitat instantània de cada roda. Són de tipus inductiu i van col·locats davant una corona dentada que gira amb la roda.

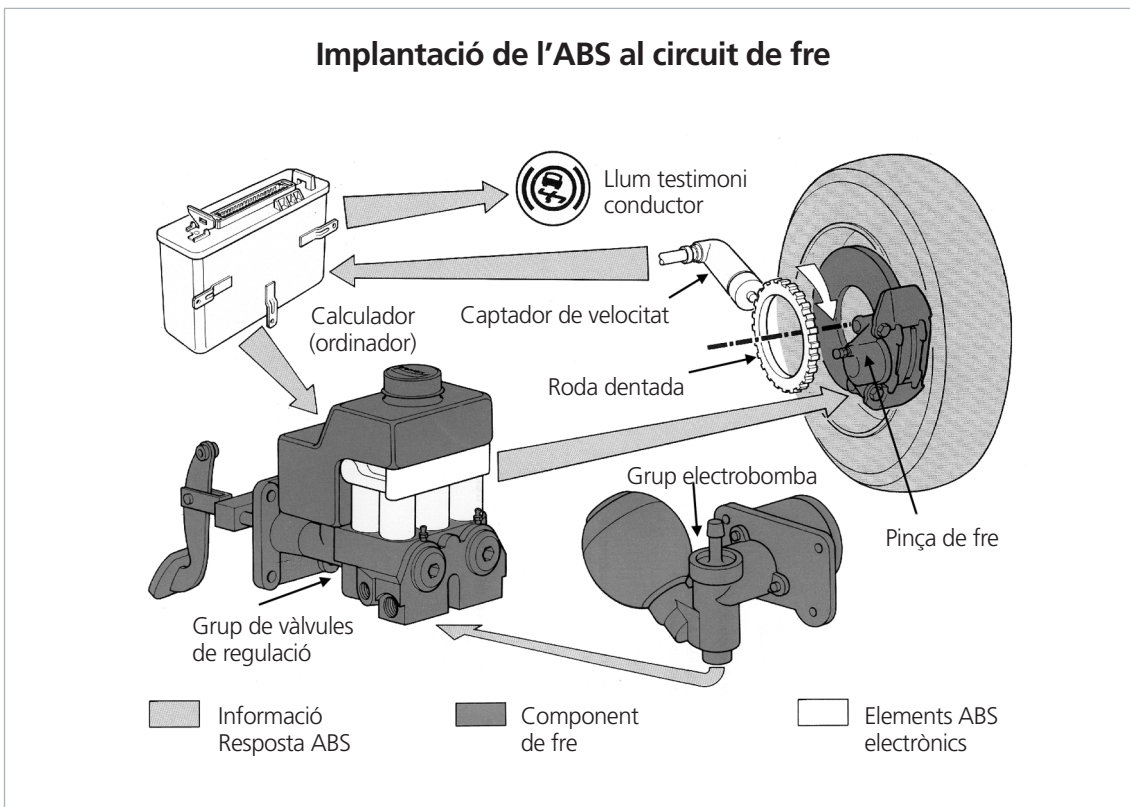


Fig. 9.34

- **Calculador:** gestiona aquesta i altres informacions del vehicle, governant unes electrovàlvules de pas (una a una) intercalades al circuit de fre de cada roda i que limiten la pressió de pas quan es presenta una tendència al bloqueig.
- **Grup hidràulic:** governat pel calculador, modula la pressió aplicada a cada cilindre de roda.
- **Electrovàlvules:** juntament amb la bomba d'excés de pressió formen, bàsicament, el grup hidràulic. Estan governades elèctricament pel calculador.
- **Bomba d'excés de pressió:** comandada pel calculador, entra en funcionament quan l'electrovàlvula està en posició de reducció de pressió. En aquest cas, la bomba transfereix el líquid de frens des de l'acumulador cap a la canalització procedent del cilindre mestre.

En funció dels senyals de velocitat de gir de cadascuna de les rodes, el calculador electrònic governa el grup hidràulic, per tal de realitzar les funcions següents:

- Posar en comunicació el cilindre mestre amb cada un dels cilindres receptors de roda (frenada normal).
- Tallar aquesta comunicació amb algun o tots els cilindres de roda, impedit així un augment de la pressió rebuda.
- Posar un o tots els cilindres receptors en comunicació amb la bomba d'excés de pressió del grup hidràulic, per tal de fer-hi caure la pressió i desfrenar la roda o rodes amb tendència al bloqueig.

Aquesta seqüència de regulació es va repetint cíclicament, i podem notar l'actuació del sistema a causa que es produeixen unes vibracions en el pedal de fre.

Unitat 10

Sistemes de suspensió i de direcció

10.1. Missió i característiques de la suspensió

S'anomena suspensió el conjunt d'elements elàstics que s'interposen entre els òrgans suspesos (bastidor, carrosseria, grup motopropulsor, càrrega i passatgers) i els òrgans no suspesos (rodes i eixos).

La seva missió és absorbir les reaccions produïdes a les rodes per les desigualtats del terreny, proporcionant la màxima comoditat als passatgers i contribuint a incrementar la seguretat activa del vehicle.

Per complir aquests objectius, la suspensió ha de tenir dues qualitats fonamentals:

Elasticitat: per evitar que les desigualtats del terreny es transmetin al vehicle en forma de cops secs molestos per als ocupants, garantint el contacte permanent del pneumàtic amb el terra.

Amortiment: per esmorteir les oscil·lacions reactives pròpies dels elements elàstics de la suspensió (una freqüència alta d'oscil·lacions afecta el sistema nerviós i una freqüència baixa provoca mareig).

El sistema forma un conjunt amb: pneumàtics, elements elàstics (ballestes, molles, barres de torsió) i amortidors.

10.2. Elements de la suspensió

En les suspensions s'utilitzen com a elements d'unió uns ressorts d'acer elàstic en forma de ballesta, molla helicoidal o barra de torsió, que permeten que les rodes s'adaptin a les desigualtats del terreny.

Aquests elements tenen excel·lents propietats elàstiques, però poca capacitat d'absorció d'energia mecànica (l'energia que provoca la deformació del ressort retorna com a reacció elàstica en forma d'oscil·lacions). Per tant, no es poden muntar sols en la suspensió, sinó que necessiten d'un element que freni les oscil·lacions produïdes quan es deformen. Aquest element és amortidor.

Els elements elàstics simples són:

- ballestes.
- molles helicoidals.
- barres de torsió.

10.2.1. Ballesta

Està formada per un seguit de fulles d'acer posades les unes sobre les altres formant un conjunt elàstic i de gran resistència al trencament.

La ballesta (fig.10.2), duu una fulla més gran que s'anomena mestra i empaqueta progressivament tot un seguit de fulles de menys longitud amb unes abraçadores. El nombre i el gruix de fulles són en funció del pes que han de suportar. A una banda, té una articulació al punt fix i, a

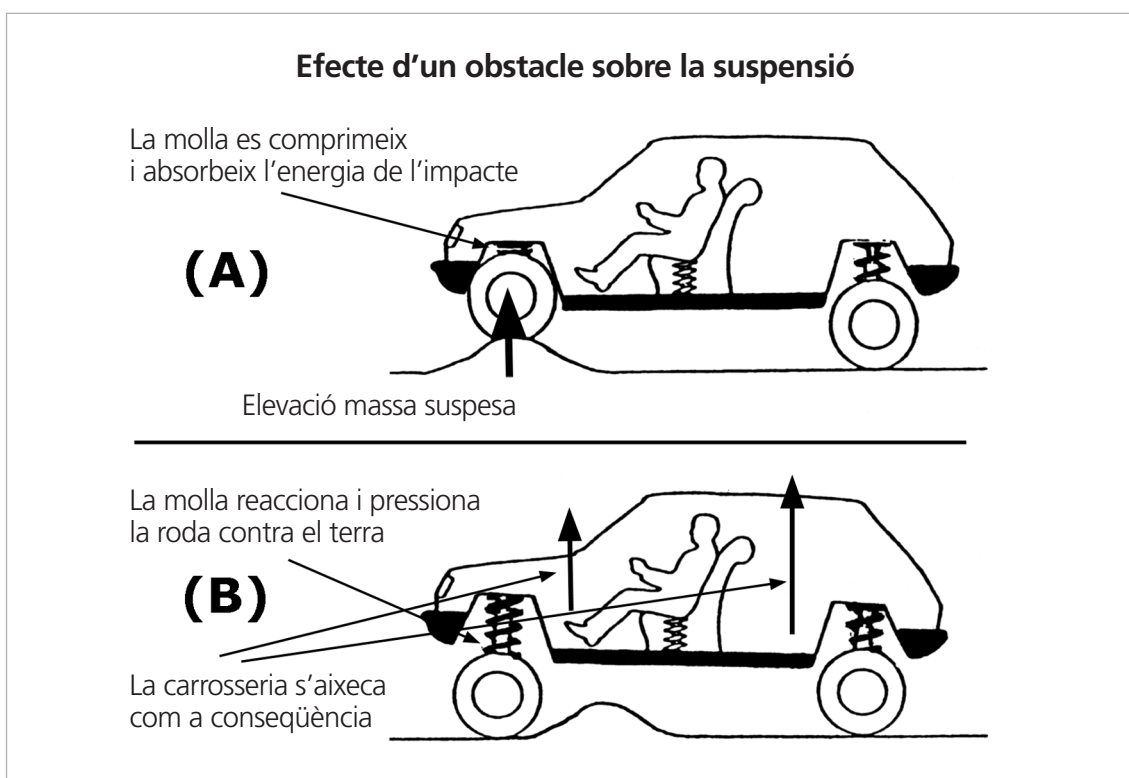


Fig. 10.1

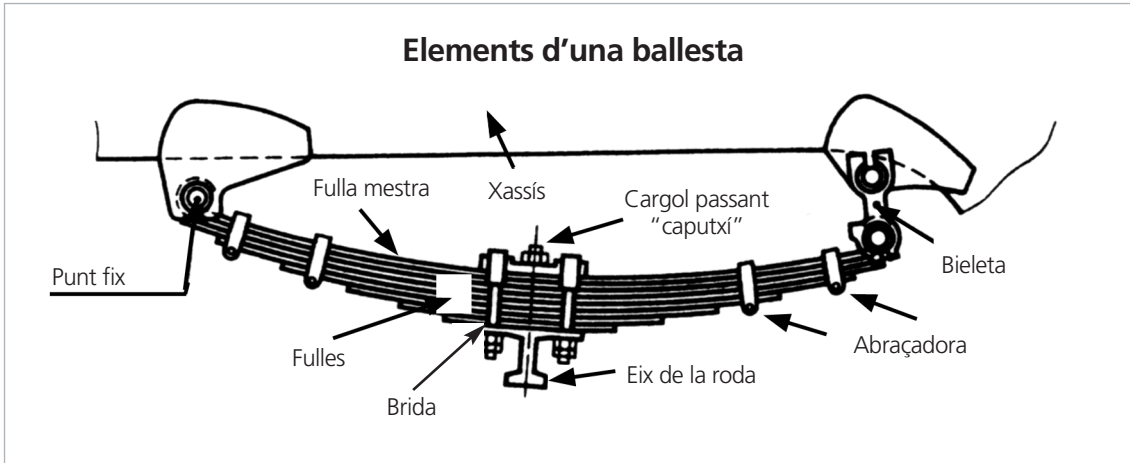


Fig. 10.2

l'altra, una bieleta (bessona) que permet l'extensió de les fulles en sotmetre la ballesta a càrrega. Un cargol passant uneix totes les fulles en el centre.

Es munten generalment en vehicles industrials, en posició longitudinal. És un sistema que en turismes s'utilitza poc, i generalment, es munten en sentit transversal.

10.2.2. Molles helicoïdals

Les molles helicoïdals (fig. 10.3) estan formades per un fil d'acer especial d'un diàmetre compès aproximadament entre 10 i 14 mm, enrotllat en forma d'hèlix. Cada volta de molla s'anomena espira i el nombre de voltes, l'altura de la molla, el gruix de fil i la qualitat del material en determinen la característica elàstica. Segons la forma de les espires també es pot modificar el comportament progressiu de la molla.

En vehicles més esportius, hi ha la possibilitat que la base on es fixa la molla sigui desplaçable mitjançant una rosca situada a la cara externa del cos de l'amortidor, de manera que se li dona a la molla una precàrrega o afluixar-la segons interressi. Aquest tipus de suspensions es coneixen com a suspensions roscades.

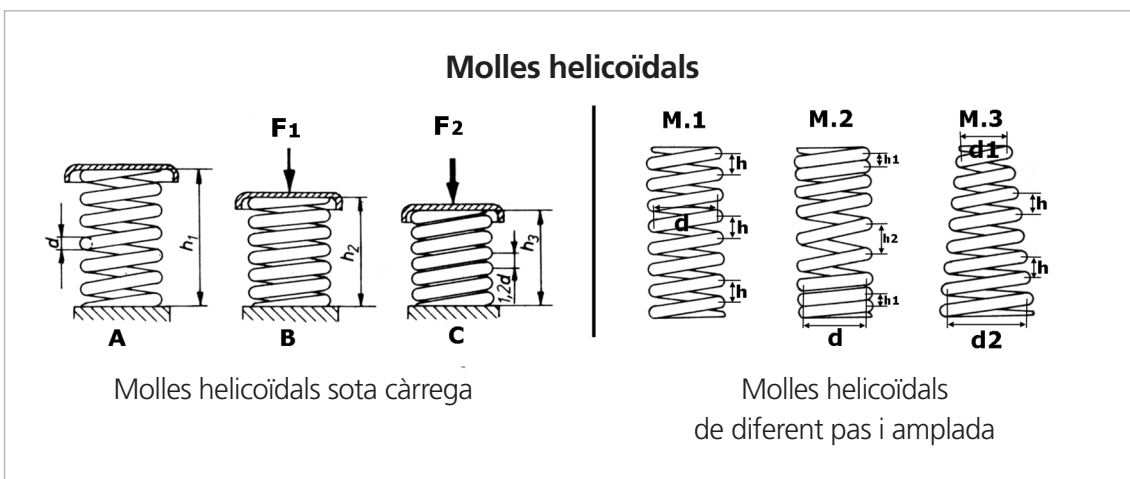


Fig. 10.3

10.2.3. Barres de torsió

Aquest tipus de ressort (fig.10.4) basa el seu funcionament en el principi que si a una barra d'acer elàstic subjecta per un extrem li apliquem per l'altre extrem un esforç de torsió, aquesta barra es torçarà oposant un parell de reacció d'igual valor i sentit contrari. D'aquesta manera, la deformació de suspensió α es converteix en un gir de torsió de la mateixa barra. Quan cessa l'esforç de torsió recupera, per la seva elasticitat, la forma primitiva.

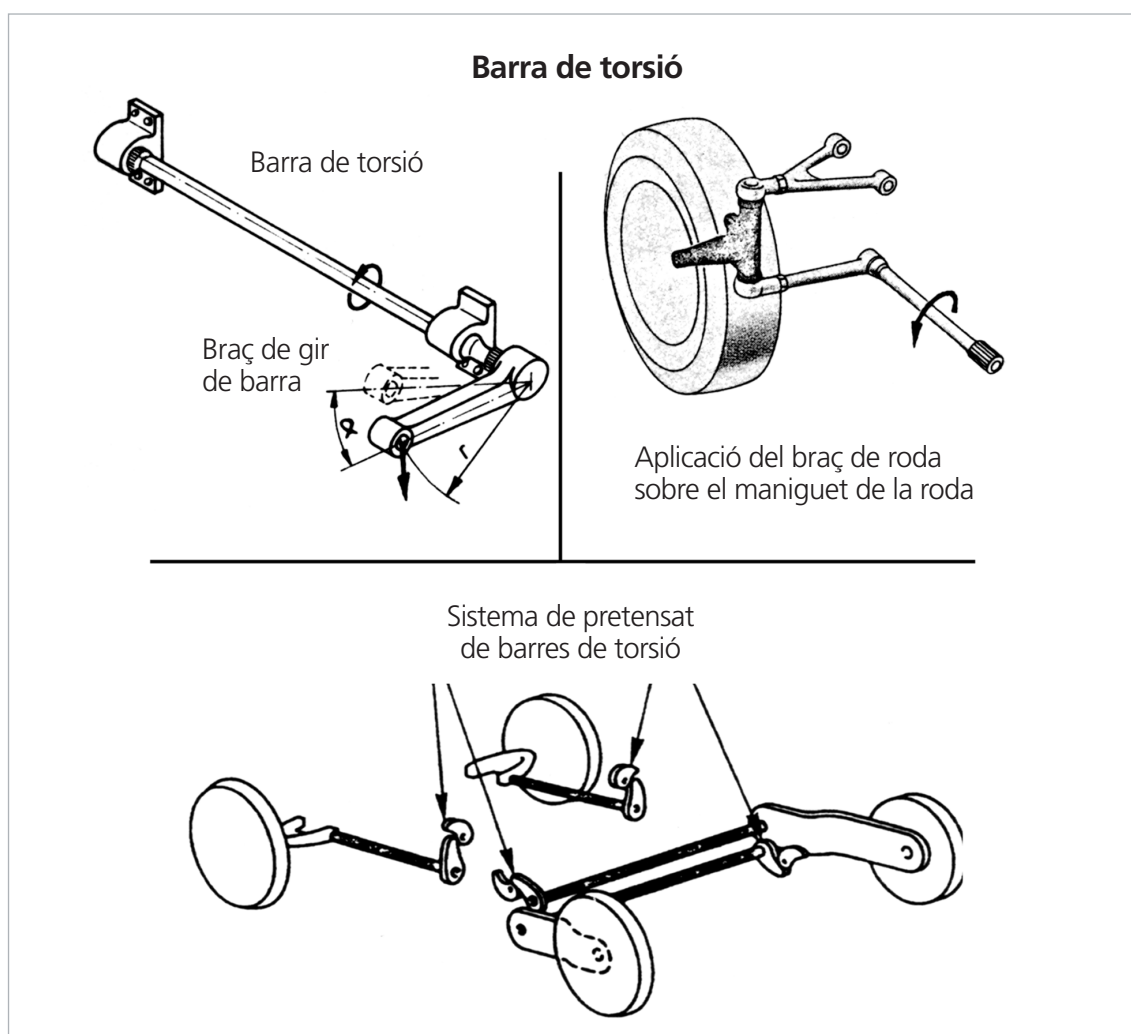


Fig. 10.4

10.2.4. Barra estabilitzadora

En agafar un revolt, per acció de la força centrífuga el pes del vehicle es carrega sobre les rodes exteriors, fet pel qual la carrosseria tendeix a inclinar-se cap a aquest costat, amb perill de bolcar i molèstia per als ocupants.

Per tal de minimitzar aquest efecte es munten sobre els eixos del davant i del darrere barres estabilitzadores (fig. 10.5). Aquestes barres, basades en el mateix principi de la barra de torsió, consisteixen bàsicament en una barra d'acer elàstic, fixada pels extrems en els suports de suspensió de les rodes. D'aquesta manera, en agafar un revolt o quan una de les rodes troba un obstacle, és a dir, en pujar o baixar l'una respecte de l'altra, es genera un parell de torsió a la barra que fa que la carrosseria tingui tendència a mantenir-se en posició horitzontal.

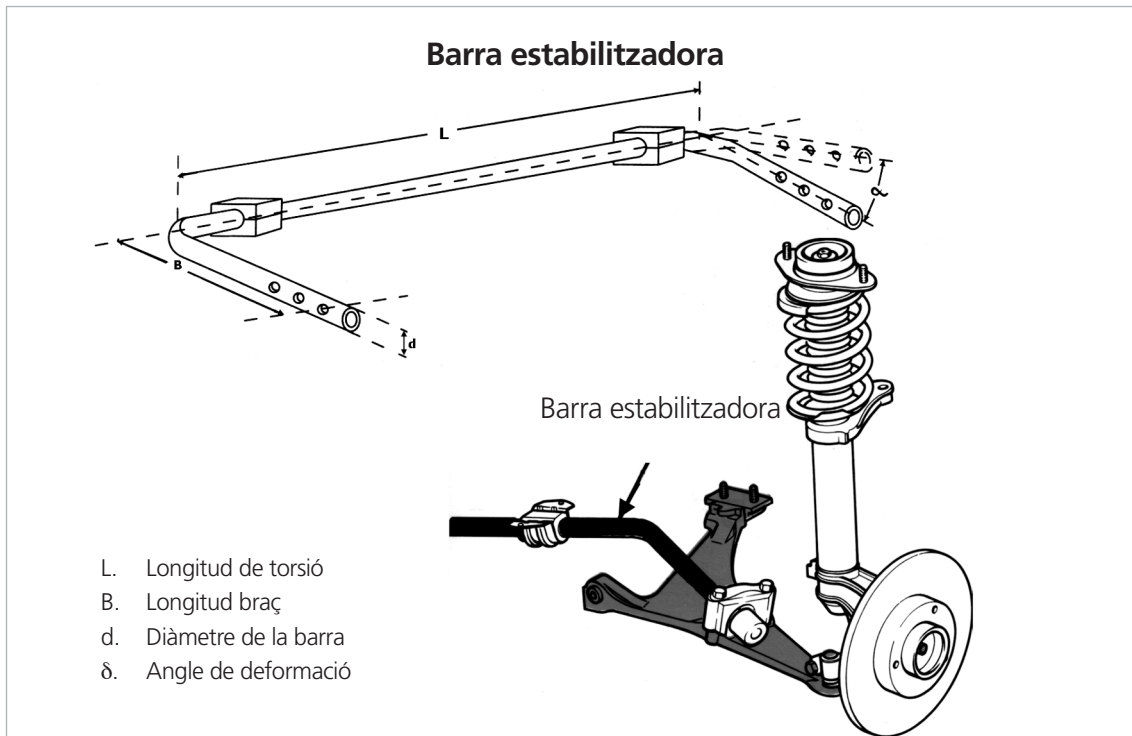


Fig. 10.5

10.2.5. Amortidors

Els elements elàstics de la suspensió es comprimeixen davant d'una deformació i , tot seguit, retornen aquesta energia en forma de rebot, és a dir, oscil·lacions o vibracions, i aquest cicle es repeteix fins que s'aturen.

Els amortidors són els elements encarregats d'absorbir aquestes vibracions, de manera que, sense impedir el moviment del ressort, s'hi oposen fent-ne minvar l'amplitud i freqüència. Així, en aconseguir-ho, garanteixen la comoditat dels passatgers i l'estabilitat del vehicle.

El tipus d'amortidor utilitzat generalment en automòbils és el telescòpic de doble efecte, és a dir, que controla l'oscil·lació de la molla en ambdues direccions (tracció i compressió).

L'efecte d'amortiment s'aconsegueix en obligar un fluid a passar a través d'uns orificis petits o vàlvules. Com que aquest pas és lent, el moviment s'amorteix. D'aquesta manera, l'energia mecànica del ressort es transforma quan es deforma en energia calorífica, que li transmet a un fluid que porta a dins.

A la fig. 10.6 es mostra l'esquema de funcionament d'un amortidor telescòpic amb cambra de volum variable. Està format per un cos cilíndric estanc A, a l'interior del qual llisca el pistó B, unit a la tija C, fixada per l'extrem inferior a la roda, mentre que la part superior del cilindre es fixa a la carrosseria.

Funcionament de les vàlvules (unidireccionals) de l'amortidor (fig. 10.6): a la carrera de compressió de la suspensió, el pistó de l'amortidor es desplaça per l'interior del cilindre ple d'oli i, durant aquest moviment, l'oli de la cambra superior no té cap altra alternativa que passar a través de la vàlvula C, que només el deixa passar en sentit descendent (l'altra vàlvula tanca el pas perquè treballa en sentit contrari).

A la carrera d'expansió o retorn de suspensió, l'oli ha de passar per la vàlvula E, que només el deixa passar en sentit ascendent (l'altra vàlvula tanca el pas perquè treballa en sentit contrari).

Hi ha amortidors que poden variar la secció dels passos calibrats de les vàlvules i s'obtenen diferents efectes amortidors en cada sentit.

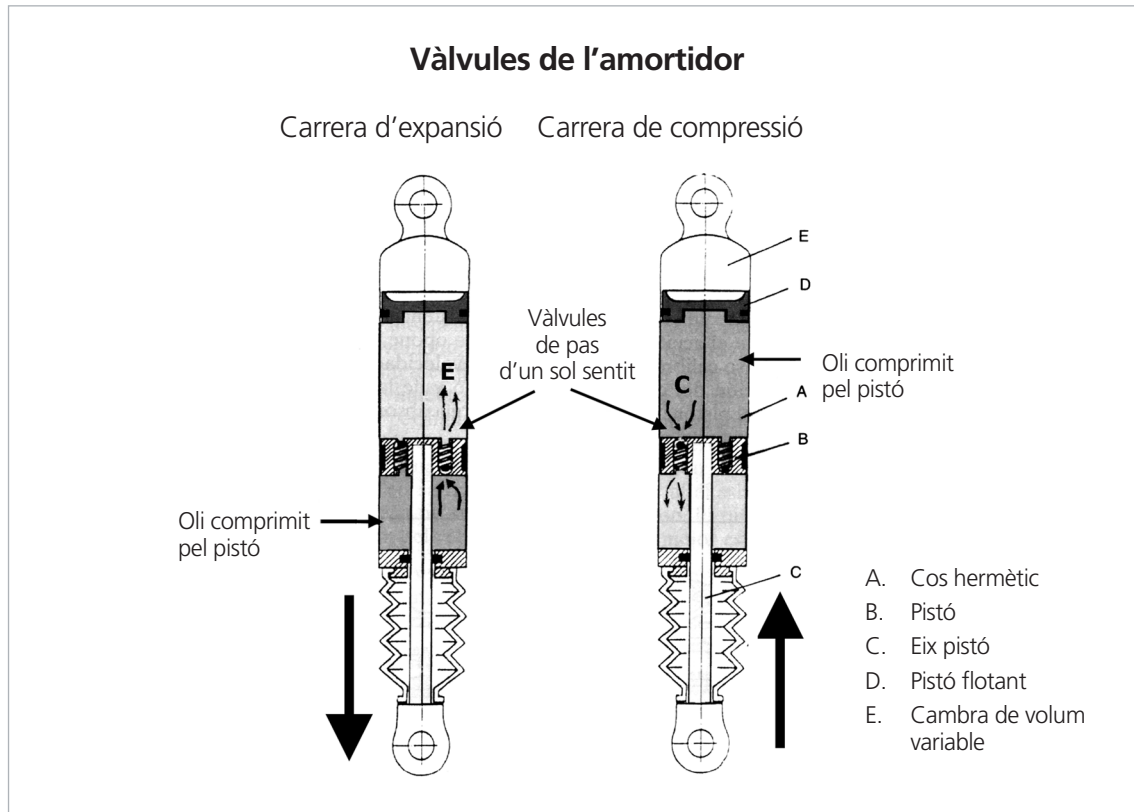


Fig. 10.6

10.3. Sistemes de suspensió convencionals

Segons els elements utilitzats i la manera com es munten, podem distingir diferents tipus de suspensions, tots ells basats en el mateix principi de funcionament.

D'aquesta manera i tenint en compte que cal diferenciar en el vehicle el tren del davant i el de darrere, ja que treballen en condicions diferents encara que tinguin elements comuns, podem classificar els sistemes de suspensió en:

- Suspensió de l'eix davanter.
- Suspensió de l'eix del darrere.

10.3.1. Suspensió de l'eix davanter

El sistema ha de permetre el moviment vertical de les rodes respecte de la carrosseria, siguin quines siguin les condicions de direcció i de moviment.

Són molts els sistemes que s'utilitzen en aquest tipus de suspensió independent a les rodes del davant; el tipus McPherson és un dels més utilitzats.

Suspensió McPherson: (fig.10.7) Està format per un braç inferior que s'articula per un extrem al xassís i, per l'altre, al maniguet mitjançant una ròtula. La part superior del maniguet s'uneix al tub que forma l'amortidor telescòpic i que té un plat de suport on es recolza la molla, la part superior del qual s'acobla a una platina subjecta al xassís amb un coixinet intern o tac elàstic per permetre que tot el conjunt giri amb l'orientació de la roda.

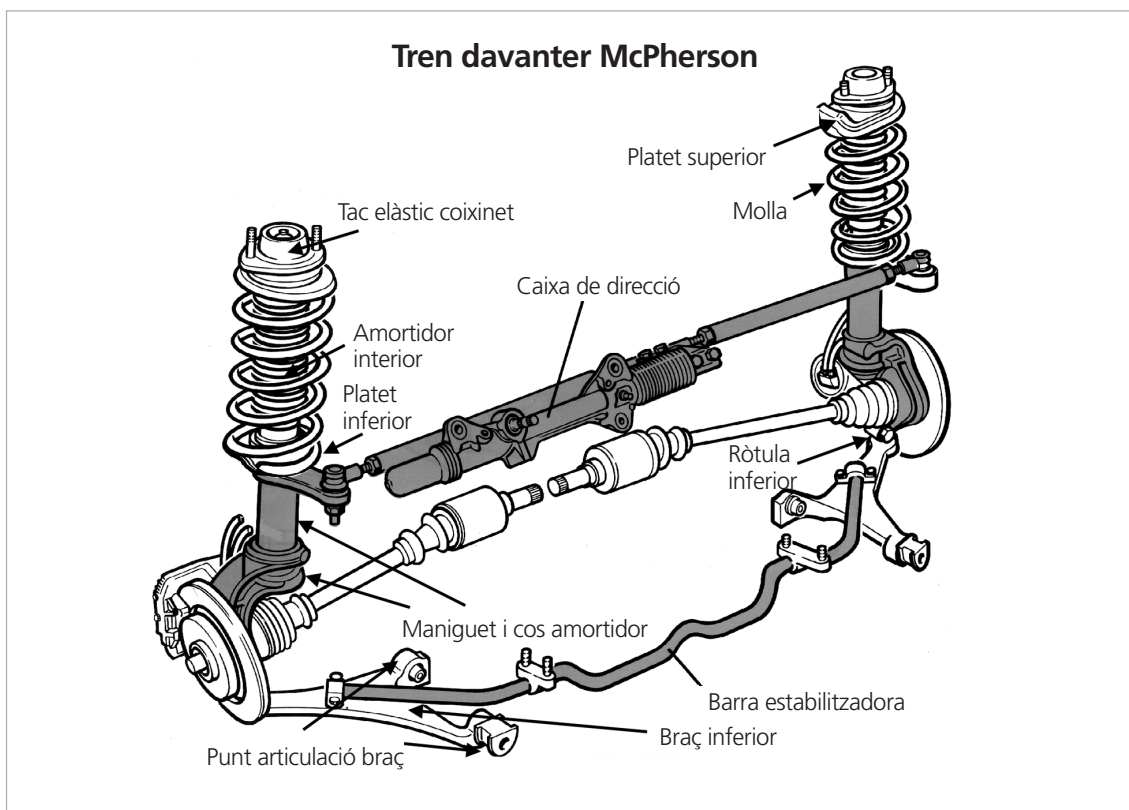


Fig. 10.7

Aquesta disposició, per tant, a més a més de la funció estrictament de suspensió, serveix també com a eix de gir vertical de les rodes.

Els moviments de pujada i baixada de la roda són absorbits per la molla i l'amortidor, amb l'avantatge que l'angle que formen les rodes amb el sòl varia molt poc en qualsevol circumstància. El sistema necessita d'un reforçament de la carrosseria en la seva unió amb l'amortidor i la molla, ja que és aquí on es transmeten tots els esforços de la suspensió.

Un cop fort a la roda, per exemple amb un bordó, pot transmetre esforços a la part superior de l'amortidor i a la torreta per on es subjecta a la carrosseria, la qual cosa provoca una deformació permanent de la base de la torreta i en conseqüència un desgast prematur i no uniforme del pneumàtic.

10.3.2. Suspensió de l'eix del darrere

Les suspensions mecàniques o convencionals a l'eix del darrere es poden classificar en tres tipus:

- Suspensions rígides
- Suspensions semirígides
- Suspensions independents

Suspensions rígides

Les dues rodes van muntades sobre un mateix eix, de manera que el moviment d'una roda repercuteix sobre l'altra, amb l'inconvenient que, en passar un obstacle, la carrosseria no es manté horitzontal. En la fig.10.8 es mostra un eix de darrere no propulsor, és a dir, per a vehicles amb tracció davantera. Aquests sistemes requereixen, excepte el de ballesta, uns braços de tracció longitudinals per guiar tot el pont i evitar els moviments transversals mitjançant tirants de

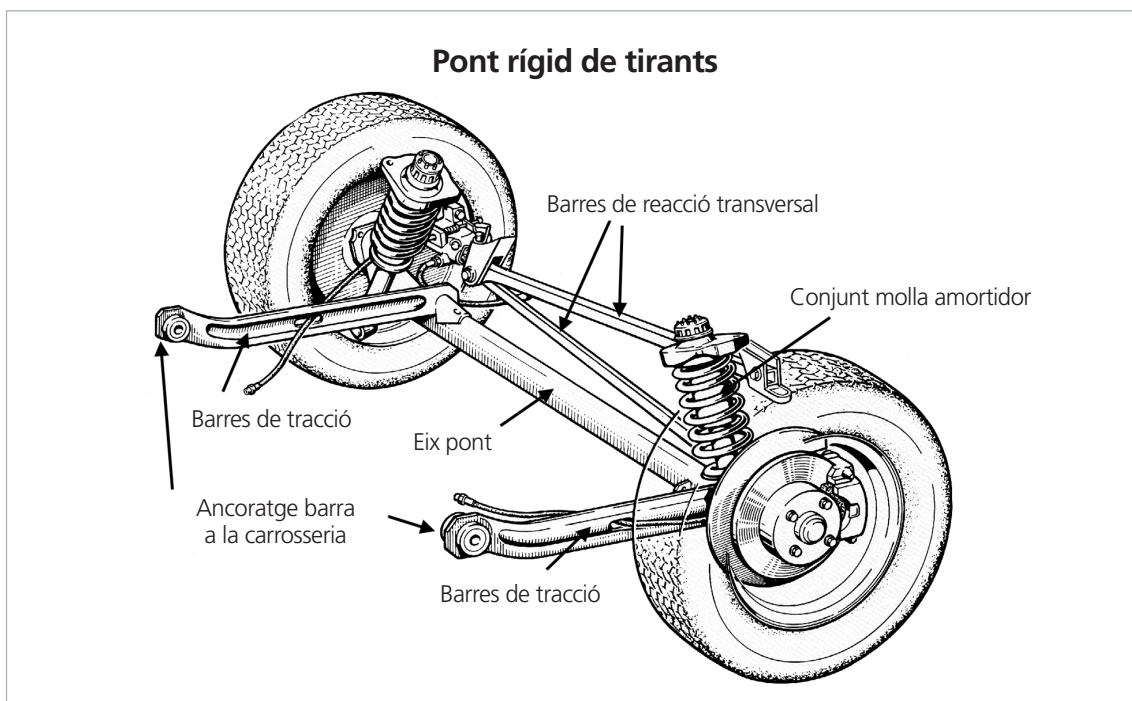


Fig. 10.8

reacció que reforcen, en aquest cas, la recepció de la barra Panhard. Les puntes de les barres estan dotades de tacs silenciadors (silent blocs) de cautxú, que permeten moviments articulats i aïllen la carrosseria de les vibracions.

Suspensions semirígides

Aquestes suspensions es caracteritzen perquè les rodes estan unides entre elles com en l'eix rígid, però transmeten menys les irregularitats rebudes a la resta del vehicle.

Pont semirígid amb corrector de via: Aquest sistema combina al mateix temps la robustesa d'un pont rígid i la sensibilitat d'una suspensió independent.

Els braços (fig. 10.9) formen un únic cos amb l'eix travesser i es fixen al xassís mitjançant dos suports articulats dotats d'un element molt elàstic de material goma-metall. La forma en "V" del perfil del pont és flexible i cedeix a les diferències de nivell entre les rodes, estabilitzant la carrosseria horitzontal a terra.

La missió dels coixinets goma-metall és corregir la via del vehicle en els revolts, de manera que l'adherència dels pneumàtics augmenta i, per tant, millora l'estabilitat posterior del vehicle.

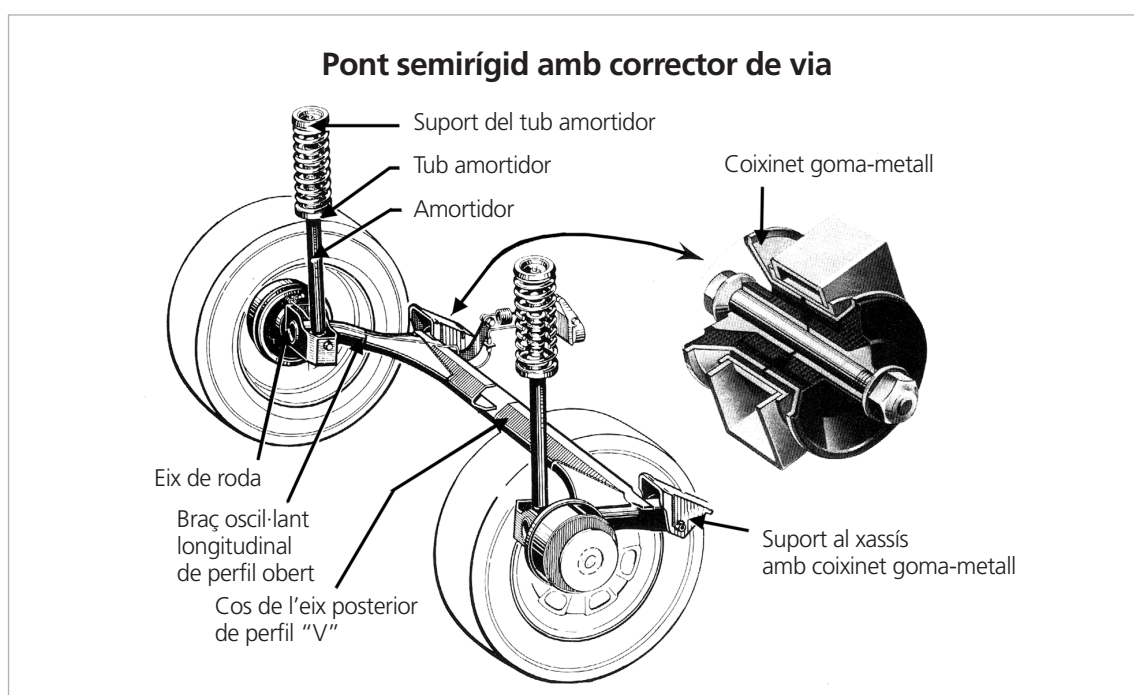


Fig. 10.9

Suspensions independents

La tendència actual dels fabricants de turismes és muntar suspensions independents (fig. 10.10) a les quatre rodes.

Amb aquest tipus de suspensió, en reduir la transmissió de les oscil·lacions del sòl al vehicle i d'una roda a l'altra, es millora l'estabilitat i el confort.

N'hi ha de tipus diferents: McPherson, Multilink, braços tirats i molles helicoidals, braços oscil·lants i molles helicoidals, paral·lelogram deformable, etc.

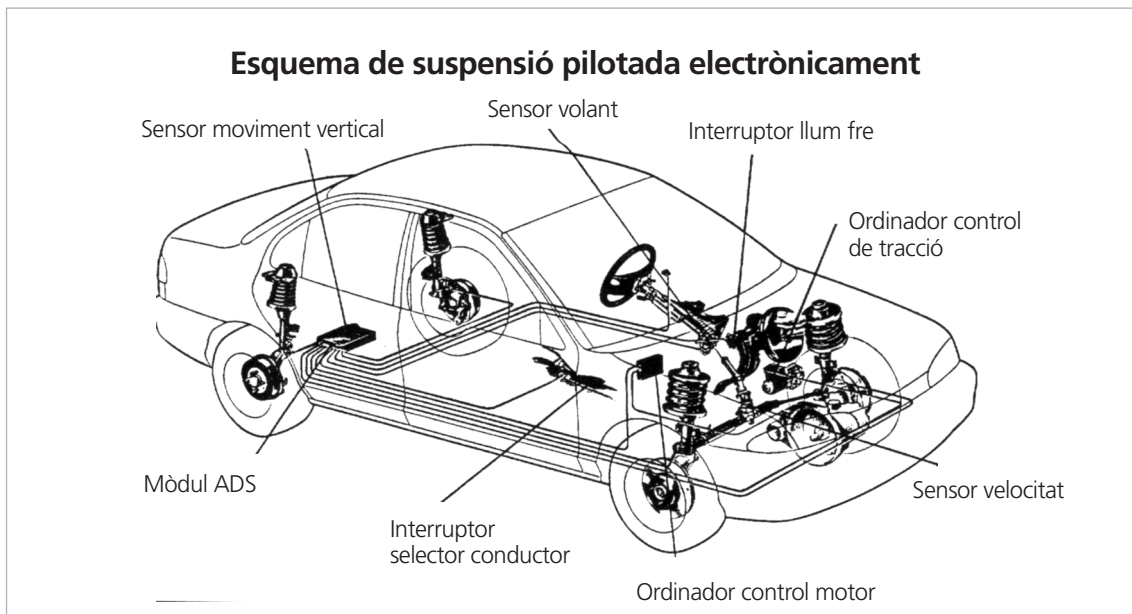


Fig. 10.10

10.4. Suspensió amb gestió electrònica

La suspensió amb gestió electrònica és pilotada per un ordinador que fa la funció de commutar automàticament les característiques dels amortidors d'un estat suau (confort) a un estat dur (esportiu) i viceversa, en funció de la informació de diferents captadors implantats al vehicle.

Aquests captadors determinen amb anticipació les acceleracions transversals, longitudinals o verticals del vehicle, per tal de millorar el confort dels passatgers.

La gestió electrònica es fa sobre les dues electrovàlvules amb què van equipats els amortidors, variant el pas de l'oli mitjançant uns potents electroimants que, amb una velocitat de resposta molt gran, modifiquen contínuament la característica de duresa dels amortidors segons les condicions de treball instantànies.

Aquesta modificació permet que la suspensió treballi entre tres tipus d'amortiment:

- **Confortable:** Els amortidors es regulen de manera que resultin tous, prioritzant el confort. Per circular per carreteres mal pavimentades sense que es transmetin massa vibracions als passatgers. Només actua l'electrovàlvula que permet un gran pas d'oli; l'altra està tancada.
- **Normal:** Els amortidors es regulen amb una duresa mitjana, buscant el compromís entre l'estabilitat i el confort. Actua l'altra electrovàlvula.
- **Esportiva:** Es regulen els amortidors de manera que resultin durs, prioritzant l'estabilitat per sobre de la comoditat. Les dues electrovàlvules estan tancades.

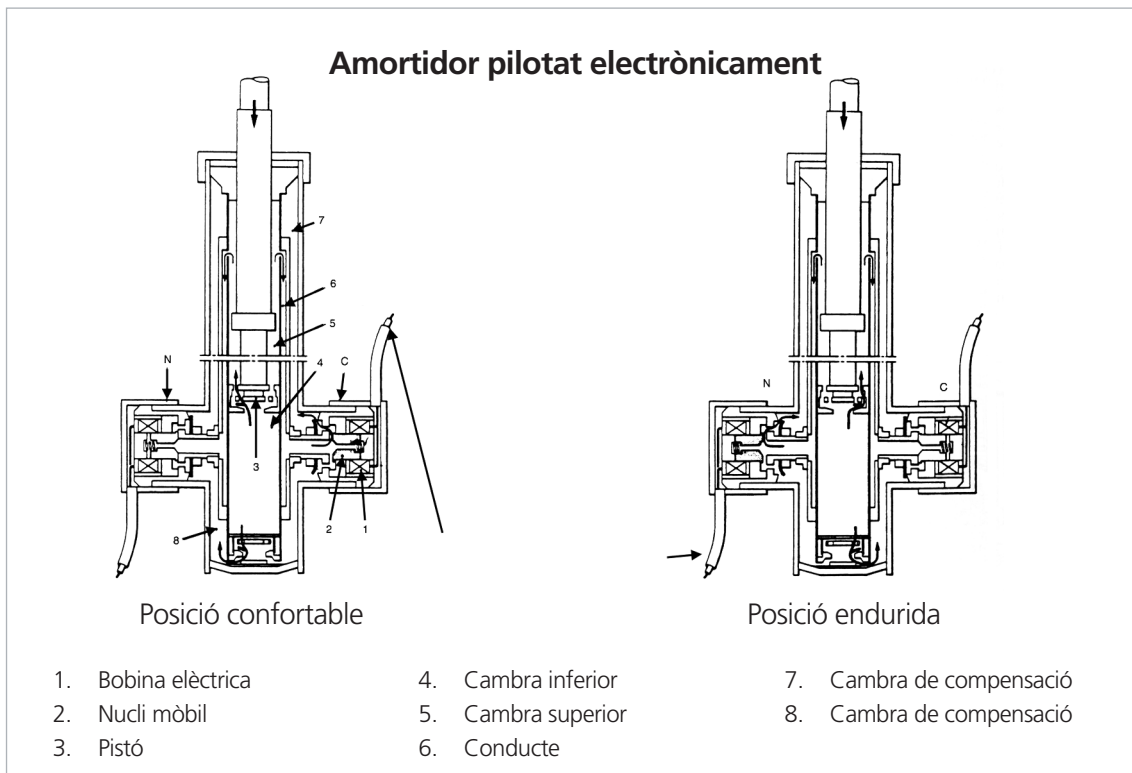


Fig. 10.11

10.5. Missió de la direcció

La direcció té com a missió orientar les rodes directrius amb seguretat i precisió, perquè el vehicle segueixi la trajectòria desitjada pel conductor.

Per tal que el conductor no hagi de fer un esforç excessiu en l'orientació de les rodes, el vehicle disposa d'un mecanisme desmultiplicador en la transmissió del moviment del volant a les rodes i, en la majoria dels casos, també d'un dispositiu d'assistència.

10.6. Qualitats que ha de reunir la direcció

La direcció ha de complir les condicions següents:

- **Seguretat:** Els mecanismes han de ser fiables i susceptibles d'un manteniment adequat.
- **Suavitat:** S'aconsegueix amb un muntatge precís, una desmultiplicació adequada i un bon manteniment.
- **Precisió:** La direcció no ha de ser gaire dura ni gaire suau i els seus mecanismes s'han de veure lliures de jocs i de desgasts irregulars dels pneumàtics, de pressions inadequades, etc.
- **Irreversibilitat:** Ha de ser insensible a factors externs que repercuteixin sobre el volant.

10.7. Mecanismes i sistemes de direcció

Els mecanismes de comandament de la direcció es poden distribuir en quatre blocs (fig.10.12):

- **Volant:** El volant ha de tenir un disseny ergonòmic, ha de tenir un radi adequat i incorpora el coixí de seguretat (Airbag).
- **Eix o columna de direcció:** Format per un arbre articulat que uneix el volant amb el mecanisme de direcció. Ha de ser deformable, de manera que produeixi la desviació del volant en cas de col·lisió. Permet ajustar el volant en alçada i profunditat per facilitar la conducció.
- **Caixa de direcció:** Transforma el moviment giratori del volant en rectilini transversal al vehicle.

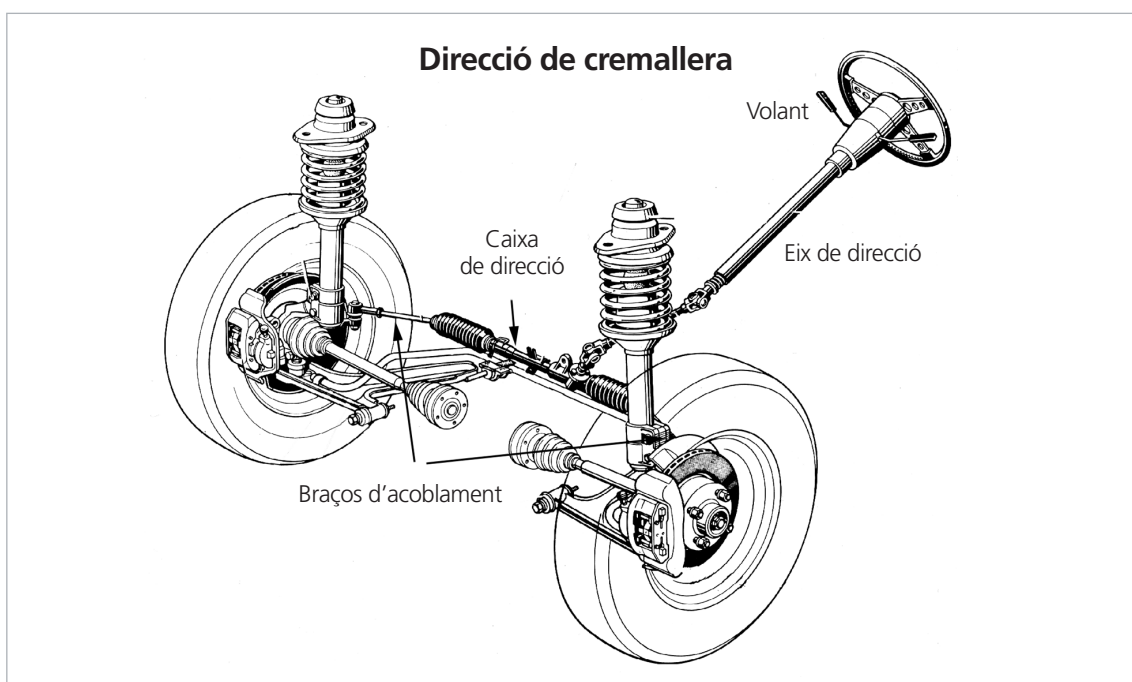


Fig. 10.12

- **Palanques, barres i reenviaments:** Transmeten el moviment des de la caixa de direcció fins a les rodes, constituint el sistema direccional per orientar-les.

Altres elements, com les ròtules (fig.10.13), han de permetre el moviment en diferents sentits per poder fer els canvis de direcció i el moviment relatiu de la suspensió, a la vegada que aïllen el conductor de les vibracions que repercuteixen a les rodes.

Les ròtules en els turismes estan segellades i lubricades de per vida, mentre que en els vehicles industrials i alguns tot terrenys necessiten manteniment de greixatge periòdic.

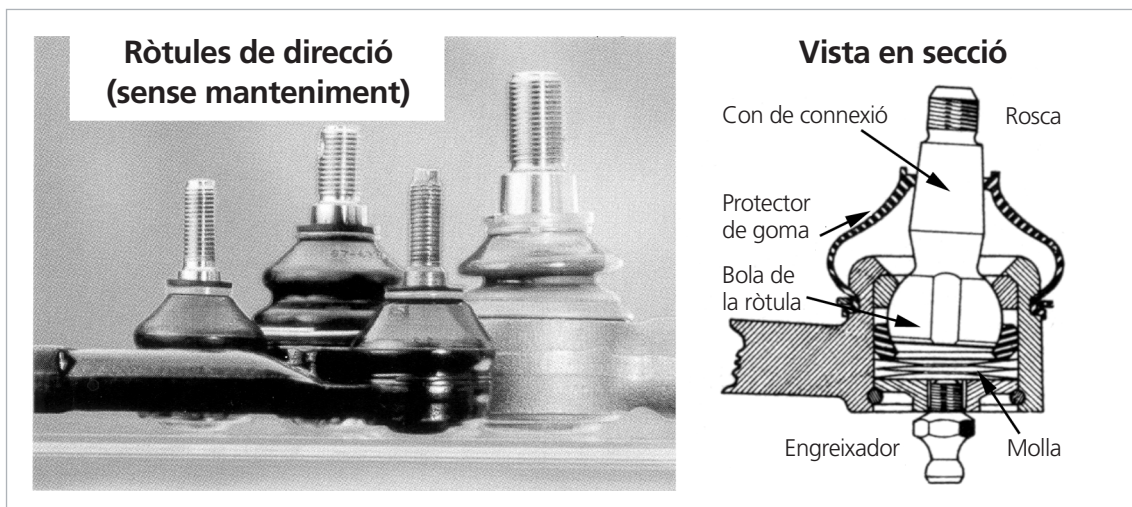


Fig. 10.13

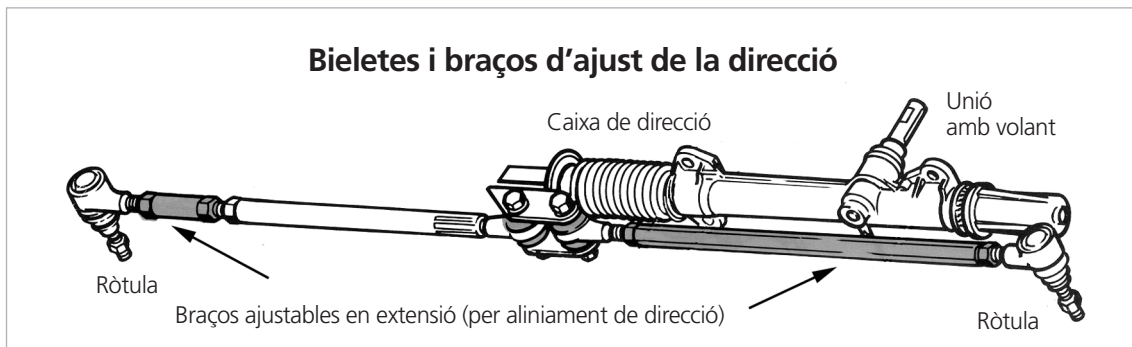


Fig. 10.14

10.8. Caixes de direcció

Segons la forma i els elements utilitzats podem distingir dos tipus principals de mecanismes o caixes de direcció:

- Cargol sense fi.
- Cremallera.

10.8.1. Cargol sense fi

És un mecanisme basat en un cargol sense fi (fig. 10.15), que pot ser cilíndric o globoide, unit a l'eix de direcció per transmetre el gir del volant a un sector dentat, una femella, un rodet o un dit, transmetent el moviment a la palanca d'atac i aquesta a les barres d'acoplament.

10.8.2. Cremallera

Aquest tipus de direcció (fig. 10.16) es caracteritza per la seva senzillesa. Va unida directament a les barres d'acoblament de les rodes, a través de les bieles de direcció, dotades de ròtules en els extrems per tal de poder regular la convergència. És la més utilitzada en els vehicles de turisme i té un gran rendiment mecànic.

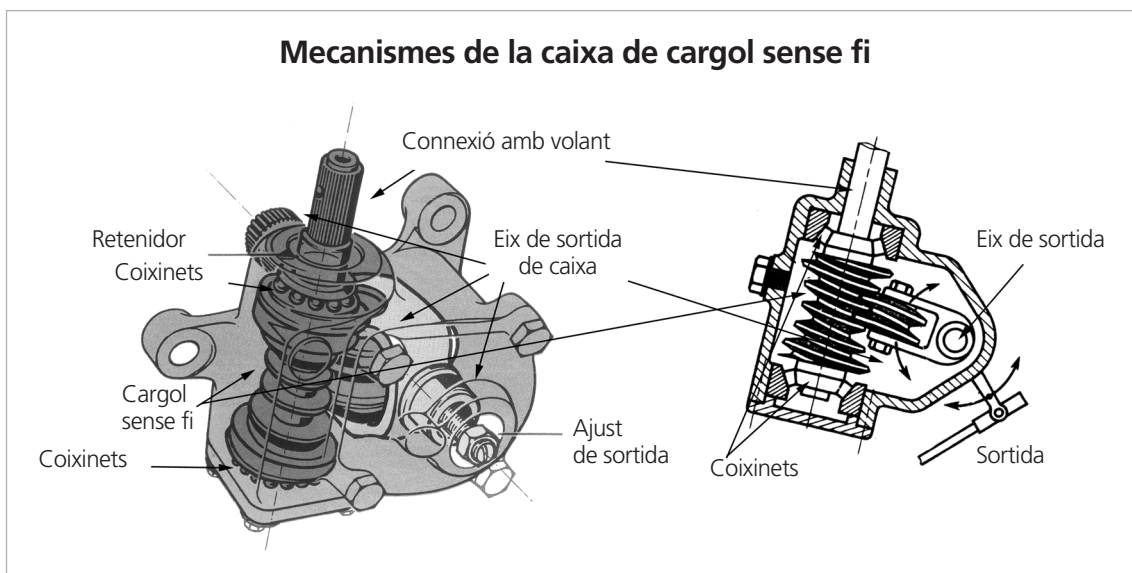


Fig. 10.15

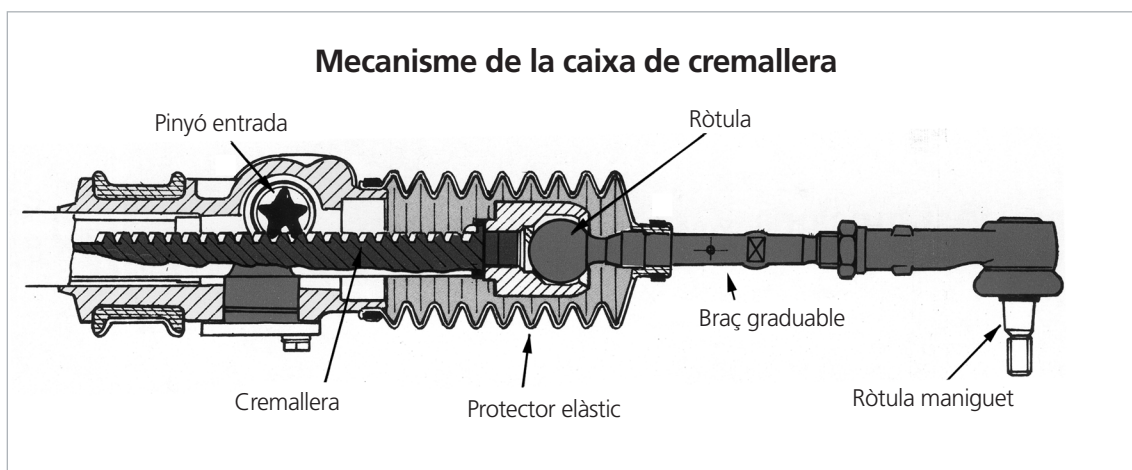


Fig. 10.16

10.9. Direccions assistides

Per tal de fer més suau la conducció i evitar esforços importants sobre el volant, sobretot en el vehicle parat o en vehicles pesants, s'utilitzen mecanismes servoassistits, consistents en afegir un grup d'assistència al sistema de direcció per multiplicar la força exercida sobre el volant, i pot disminuir el radi d'aquest.

Aquest mecanisme, generalment és d'accionament hidràulic, tot i que l'assistència pot ser també elèctrica o pneumàtica.

Es disposa també en molts casos d'assistència variable, de manera que a baixes velocitats i en maniobres d'aparcament, l'assistència és gran per poder orientar les rodes amb poc esforç, però a mesura que augmenta la velocitat del vehicle l'assistència va disminuint, augmentant, per tant, la força que ha de fer el conductor, i afavorint el tacte del conductor en les maniobres a altes velocitats en millorar la seguretat activa.

10.9.1. Servodirecció de cremallera

En accionar el volant es posiciona la vàlvula distribuïdora, de manera que la bomba proporciona líquid a pressió a un costat o l'altre del pistó d'assistència, en funció del gir del volant en un sentit o altre, ajudant així al moviment de la direcció.

La servodirecció de cargol sense fi actua de manera molt similar.

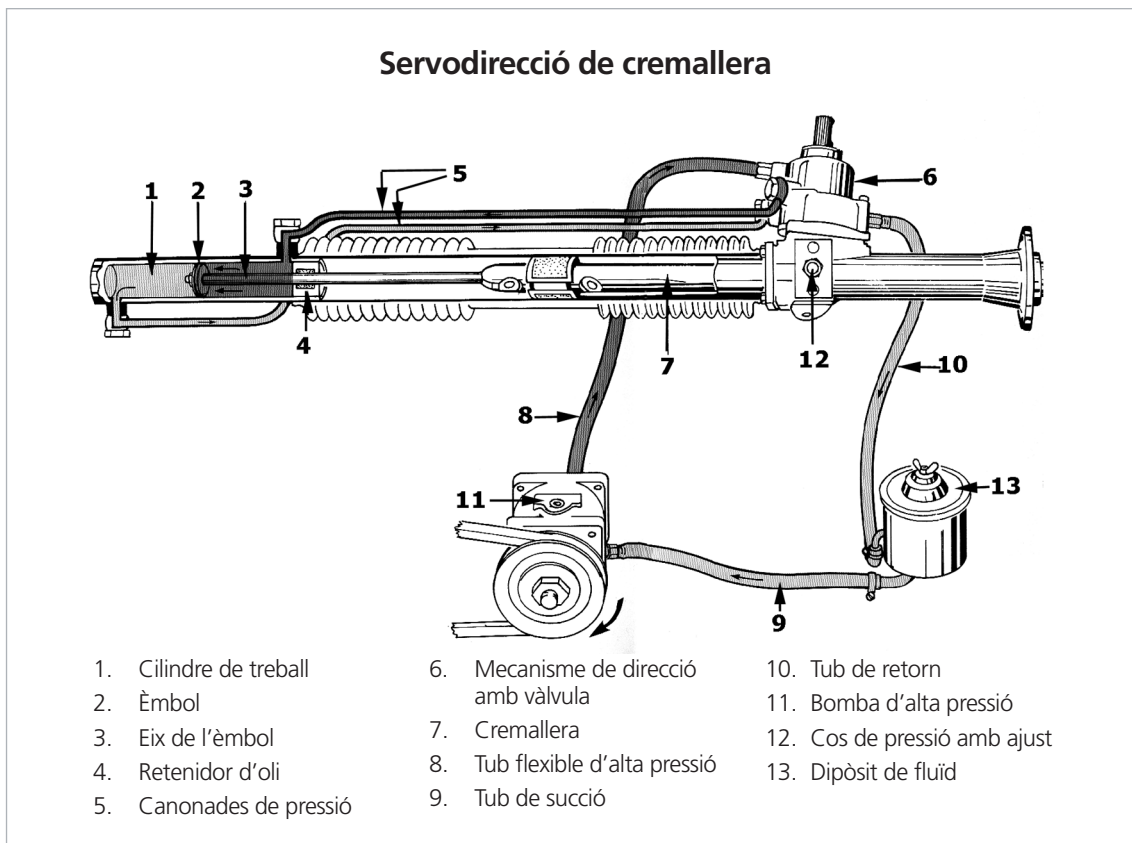


Fig. 10.17

10.9.2. Direcció d'assistència variable

És una evolució de la direcció assistida gràcies a l'aplicació de l'electrònica.

- **Assistència hidràulica variable:** funciona mitjançant un regulador hidràulic de cabal intercalat al circuit i comandat per un motor elèctric governat electrònicament.
- **Direcció assistida elèctricament:** disposa d'un motor elèctric, muntat sobre la columna de direcció o directament sobre la caixa de direcció, que se suma en esforç al gir d'aquesta (fig.10.18).



Fig. 10.18

10.10. Geometria de la direcció

S'entén per geometria de la direcció la condició geomètrica que han de complir tots els òrgans que afecten la direcció (elements de comandament, pneumàtics i suspensió) i que determina la posició de les rodes sobre el terra, en qualsevol tipus de trajectòria.

10.10.1. Geometria de gir

Perquè un vehicle pugui descriure una trajectòria curvilínia correcta s'ha de complir la condició geomètrica que totes les rodes, en qualsevol posició, tinguin un mateix centre de rotació, anomenat centre instantani de gir (principi d'Ackerman (fig.10.19).

Això s'aconsegueix donant a les bieletes de comandament una inclinació tal que, circulant en línia recta, la prolongació dels seus eixos es trobin en el centre de l'eix del darrere (trapezi de Jeantaud, fig. 10.19). D'aquesta manera, en agafar un revolt, els eixos de les rodes coincideixen en un mateix centre, situat en la prolongació de l'eix del darrere.

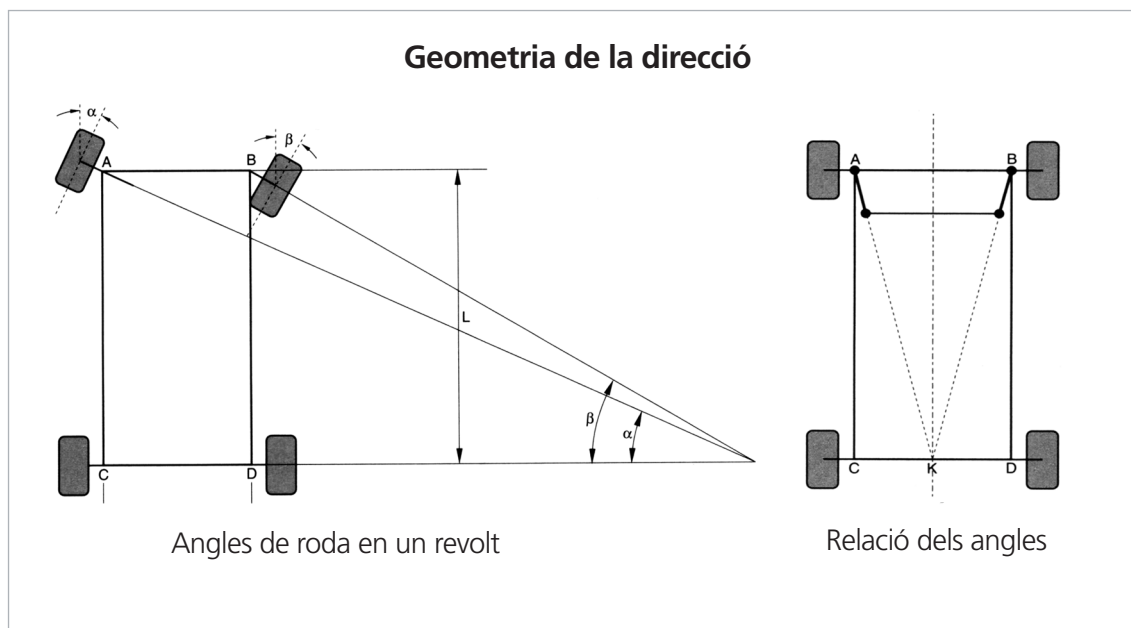


Fig. 10.19

Per tant, per a una determinada trajectòria, el mecanisme de direcció ha de proporcionar angles de gir diferents per a les rodes davanteres, essent sempre més gran l'angle de la roda interior que el de l'exterior.

La distància entre pivots o via i la distància entre eixos o batalla determinen una de les característiques de la direcció, com és el radi de gir.

10.10.2. Geometria de les rodes

Per tal que el funcionament del sistema sigui l'adequat, cal que les rodes directrius compleixin unes condicions geomètriques determinades, anomenades cotes de direcció, a través de les quals s'aconsegueix que les rodes s'orientin fàcilment, sense que les irregularitats del terreny n'afectin la direccionalitat, de manera que en resulta una direcció còmoda i segura.

Les cotes que determinen la geometria de la direcció són les següents:

- Angle de sortida
- Angle de caiguda
- Angle d'avanç
- Convergència i divergència

Angle de sortida

És l'angle que forma la prolongació de l'eix del pivot sobre el qual gira la roda per orientar-se, amb la prolongació de l'eix vertical que passa pel centre de contacte del pneumàtic amb el terra.

Segons el punt d'intersecció de l'eix de gir i la roda (fig. 10.20), l'angle de sortida pot ser:

- **Sortida positiva:** Quan la intersecció de l'eix de gir de la roda amb el terra **B** queda a l'interior del punt de pas de la roda **A**.

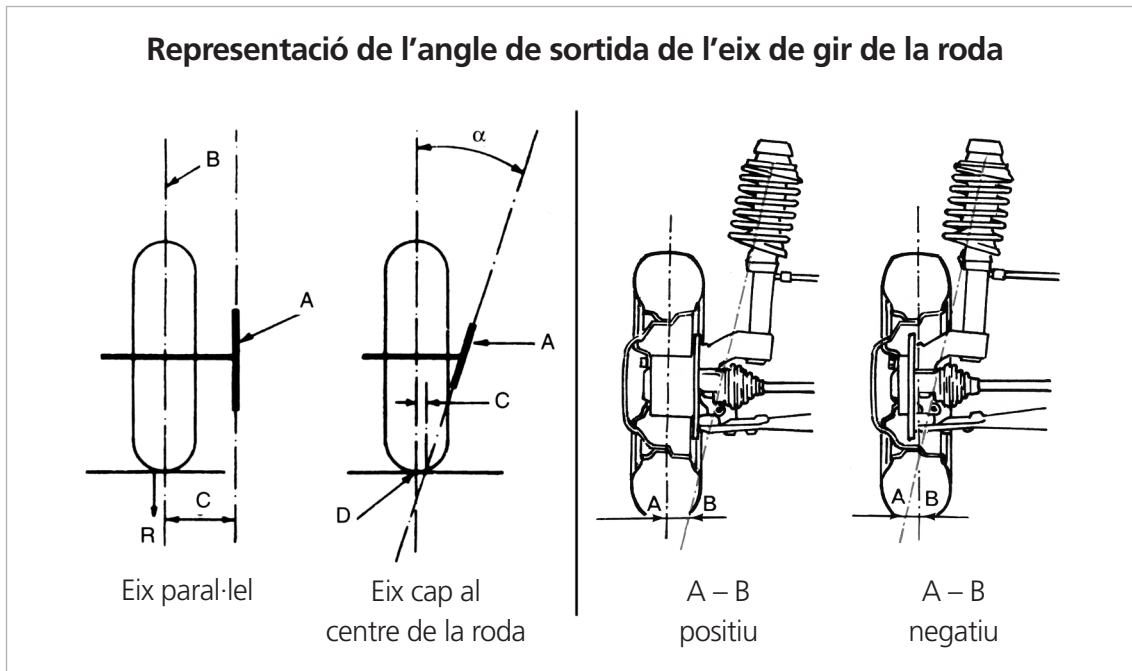


Fig. 10.20

- **Sortida negativa:** Quan la intersecció de l'eix de gir de la roda amb el terra **A** queda a l'exterior del punt de pas de la roda **B**.

L'angle de sortida facilita el retorn de la direcció a la posició de marxa en línia recta, ja que la inclinació del pivot obliga a aixecar la carrosseria durant el gir. En deixar anar el volant i, per tant, desaparèixer la causa que produïa aquest efecte, el pes de la carrosseria actua fent que les rodes recuperin la posició de línia recta.

Angle de caiguda

És l'angle que forma la prolongació de l'eix de simetria de la roda amb l'eix vertical que passa pel centre del punt de contacte de la roda amb el terra (fig. 10.21).

S'aconsegueix donant a l'eix del maniguet una certa inclinació respecte a l'horitzontal.

Angle d'avanç

S'anomena així l'angle que forma la prolongació de l'eix del pivot amb l'eix vertical que passa pel centre de la roda, en el sentit d'avanç.

L'objectiu d'aquest angle és provocar un efecte de remolc de les rodes conservant-les orientades cap al sentit de marxa (fig. 10.22).

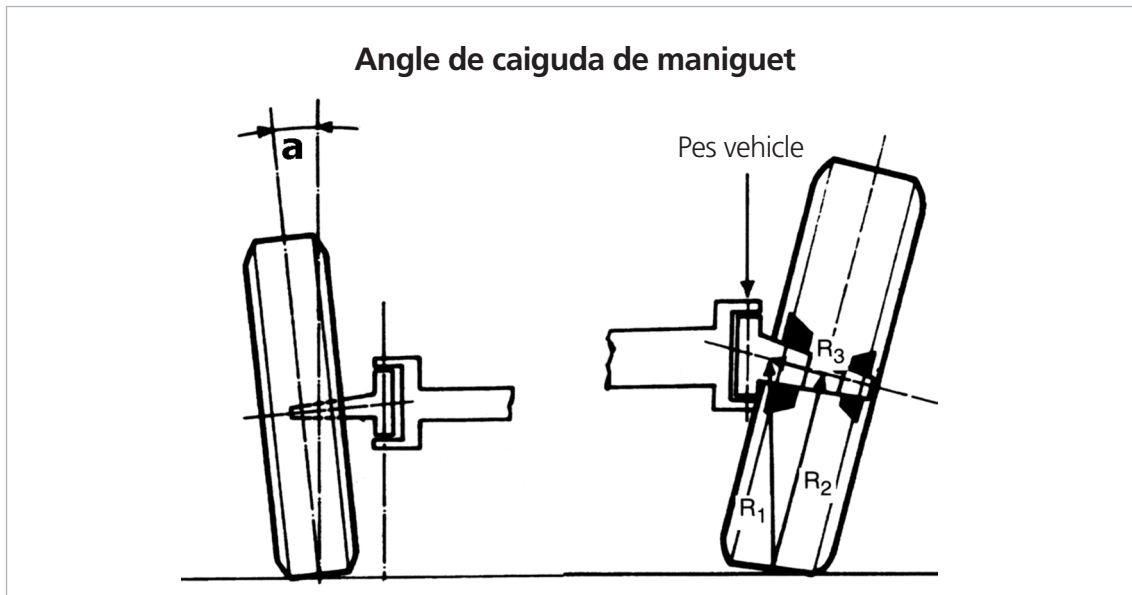


Fig. 10.21

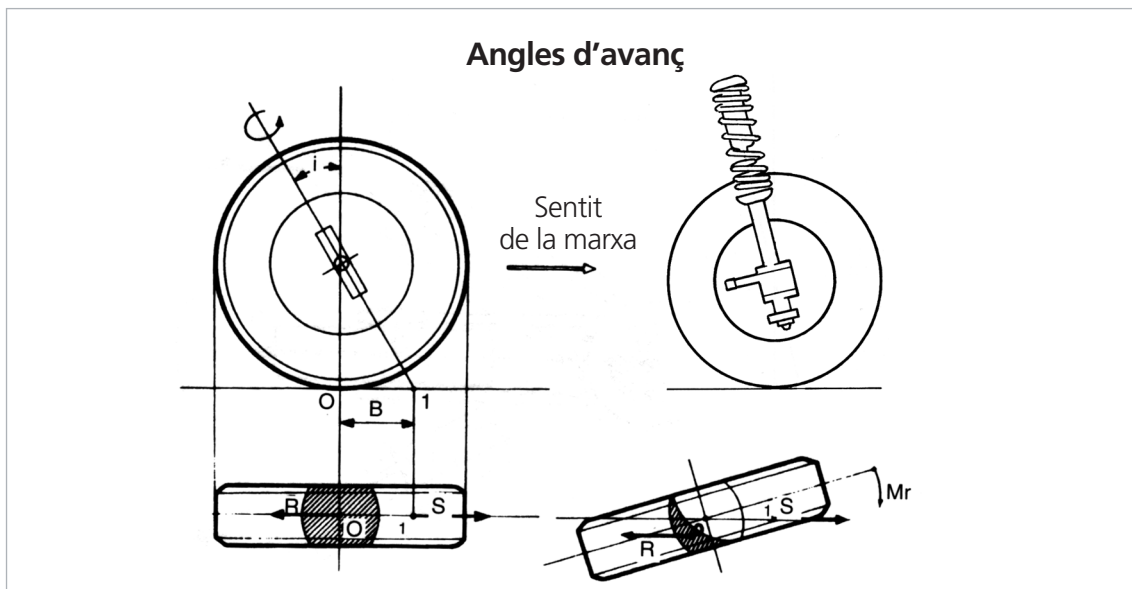


Fig. 10.22

Convergència i divergència

És la diferència de distància mesurada entre la part davantera i de darrere de les rodes d'un mateix eix en sentit de marxa, a dos punts diametralment oposats de la llanta i a la l'altura del centre de la roda (fig.10.23). Les diferències poden ser de dos tipus.

- **Convergència:** Quan la mesura davantera és menor que la del darrere o, dit d'una altra manera, si $A > A'$ respecte a la paral·lela a C.
- **Divergència:** Quan la mesura davantera és major que la del darrere o, dit d'una altra manera, si $A < A'$ respecte a la paral·lela a C.

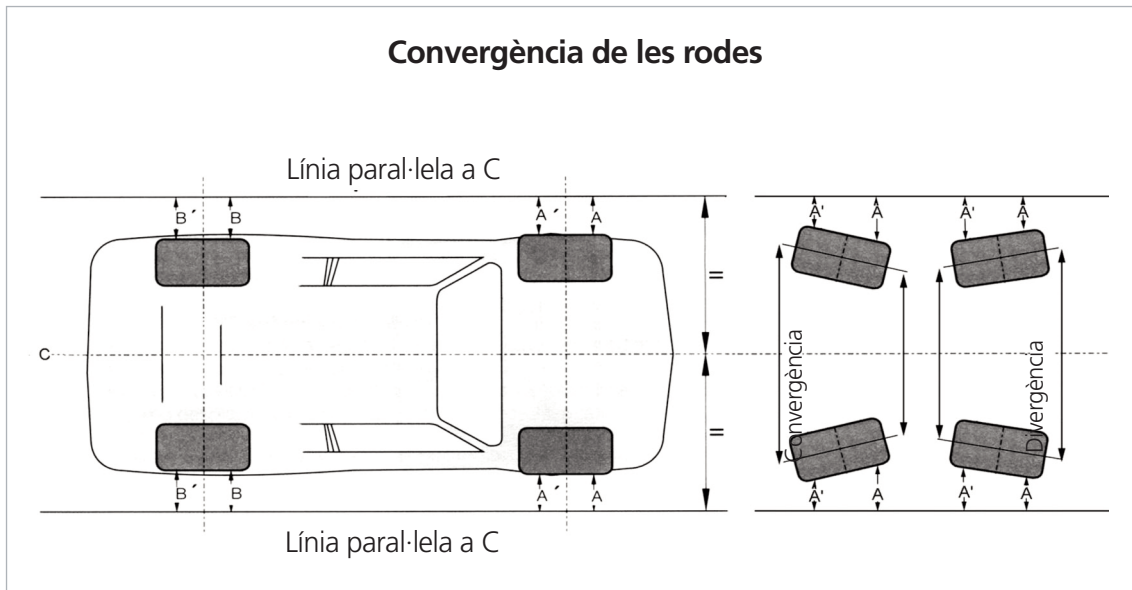


Fig. 10.23

Quan la distància entre les dues mesures és igual ($B=B'$), es diu que la convergència és zero (**0**). La convergència la determinen els fabricants per compensar els efectes dinàmics del moviment del vehicle en matèria de suspensions, forces del motor sobre les rodes i resistència a l'avanç, de manera que, en funcionament normal, les rodes tendixin a circular de la manera més paral·lela possible entre elles.

Unitat 11

Rodes i pneumàtics

11.1. La roda

Les rodes d'un vehicle constitueixen el seu punt de suport; és l'únic punt del vehicle que té contacte directe amb el terra i compleix la missió de:

- Suportar el pes.
- Transmetre la potència del motor (força i moviment), possibilitant d'aquesta manera que es desplaci.
- Assegurar la direccionabilitat i la frenada.

A les rodes se'ls demana que siguin lleugeres, resistents i silencioses durant el rodament, i que tinguin bon comportament tant a l'hivern com a l'estiu.

11.2. Elements de la roda

El conjunt està format per dos elements bàsics (fig.11.1): un suport metàl·lic anomenat llanta i un anell de teixits folrats bàsicament de cautxú, que és el pneumàtic. La llanta (suport de roda), amb les dimensions adequades, i el pneumàtic, amb l'elasticitat suficient per absorbir les irregularitats del terreny i resistir el pes i els esforços generats pel vehicle amb una pressió d'aire determinada, han de complir un paper fonamental que determinarà en gran mesura l'estabilitat, la direcció i la confortabilitat del vehicle.

11.2.1. La llanta

És la part metàl·lica de la roda que, a través d'un perfil adequat, suporta el pneumàtic. Va fixada amb cargols a la caixa de la roda o al tambor de fre a través d'un disc central (excepte en les rodes amb radis, molt poc utilitzades).

Bàsicament, hi ha dos tipus de llanta:

- **D'acer estampat:** rígida i resistent als cops.
- **D'aliatge lleuger:** fabricada d'aleació d'alumini i altres metalls, pesa menys, i això permet que sigui més ampla i gruixuda. Per la seva bona conductivitat tèrmica, la refrigeració dels frens i pneumàtics és millor.

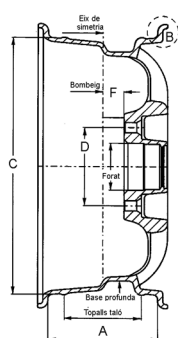
Les llantes segueixen una nomenclatura normalitzada que informa sobre les mides i aplicacions, com podem veure a l'exemple de la taula de la figura 11.2.

Així, **5^{1/2} J13.4.FH36** vol dir que es tracta d'una llanta de 5^{1/2} polzades d'amplada, de perfil de ribet tipus J, de diàmetre de 13 polzades, quatre forats per a cargols, per muntar pneumàtics sense cambra Tubulless i amb un bombeig de 36 mil·límetres.

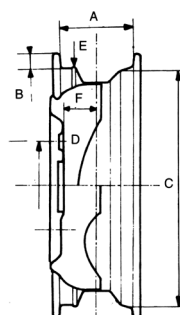


Fig. 11.1

Tipus i nomenclatura de la llanta



Llanta d'aliatge lleuger

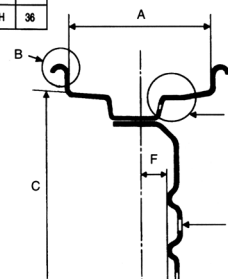


Llanta d'acer estampat

Tipus de roda	A	B	C	D	E	F
4 1/2 J13.4.CH41	4 1/2	J	13	4	CH	41
5 1/2 J13.4.FH36	5 1/2	J	13	4	FH	36



Talonament del pneumàtic



- A. Amplada interior
- B. Perfil del ribet
- C. Diàmetre nominal
- D. Nombre de forats

- E. Seient del pneumàtic
- F. Sortint del disc respecte eix de simetria (bombeig)

- A. En polzades
- C. En polzades
- F. En mil·límetres
- J. Perfil de ribet de llanta

- CH. Llanta per pneumàtic amb cambra
- FH. Llanta per pneumàtic sense cambra

Fig. 11.2

11.2.2. Pneumàtics

Són anells inflables anomenats també cobertes (fig. 11.3) que es col·loquen al voltant de la llanta, mantenint un coixí d'aire entre aquesta i el sòl. La seva missió és proporcionar una bona superfície de contacte amb el terra i un coeficient d'adherència elevat, a la vegada que absorbeix petites irregularitats del terreny i ajuda al sistema de suspensió.

La coberta



Fig. 11.3

Podem distingir dos tipus de pneumàtics:

- **Pneumàtics amb cambra:** Amb la vàlvula incorporada, assegura l'estanqueïtat de l'aire comprimit en el seu interior.
- **Pneumàtics tubeless:** Sense cambra. Les cobertes d'aquest tipus de pneumàtics porten a l'interior un folre de protecció de cautxú, elàstic i impermeable a l'aire. La vàlvula va muntada directament a la llanta, formant un conjunt estanc. Presenta, entre d'altres, l'avantatge d'una pèrdua més lenta d'aire en cas de "punxar", augmentant per tant la seguretat.

Bàsicament, el material emprat en l'elaboració de la coberta és el cautxú sintètic, que amb un procés de "vulcanització" es barreja amb sofre per fer-lo més resistent al desgast.

11.3. Parts de la coberta

- **Carcassa:** (Fig. 11.4) La formen el conjunt de teles o lones barrejades amb el cautxú i que van de taló a taló. Confereix resistència a la coberta, suportant la pressió d'inflament i els esforços exteriors.
- **Capes de rodament:** Són capes interposades entre la banda de rodament i la carcassa, per tal d'absorbir els esforços interns generats pels impactes que rep la coberta durant el seu funcionament.

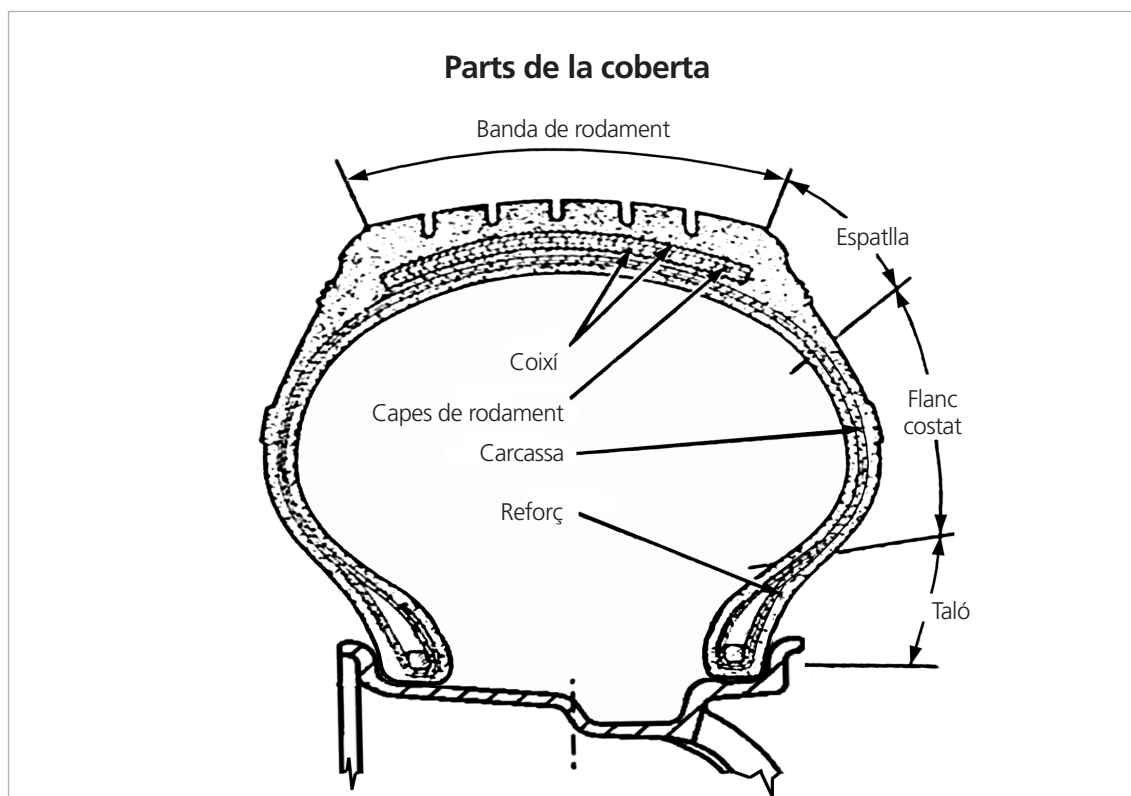


Fig. 11.4

- **Banda de rodament:** Constitueix la superfície de contacte de la coberta amb el sòl, per la qual cosa és la zona de desgast de la coberta. Està formada per una capa de goma amb un seguit de relleus i solcs que donen origen al “dibuix” de la coberta. Situats en el fons del dibuix, es disposa d’indicadors de desgast que informen del moment que cal canviar les cobertes.
- **Espatlles:** Són els dos extrems laterals de la banda de rodament.
- **Costats o flancs:** Compresos entre les espatlles i els talons, és en aquesta zona on s’enregistren els signes que identifiquen la coberta.
- **Talons:** És la part de la coberta en contacte amb la llanta; tenen com a finalitat assegurar un ancoratge perfecte de la coberta a la llanta i l’estanquitat de la cambra d’aire així com la transmissió dels esforços d’acceleració i frenada. Estan formats per un fil de filferro d’acer d’elevada resistència a la tracció, recobert de goma i teixit, per assegurar la no-extensibilitat dels talons.

11.4. Tipus de cobertes

Segons la construcció i la disposició dels teixits que formen la coberta, els pneumàtics poden ser de tipus diagonal o radial, essent aquest últim el més utilitzat (fig.11.5).

Coberta radial: Està formada per capes de teixit o lones amb les cordes disposades de taló a taló en sentit perpendicular a la rotació de la roda.

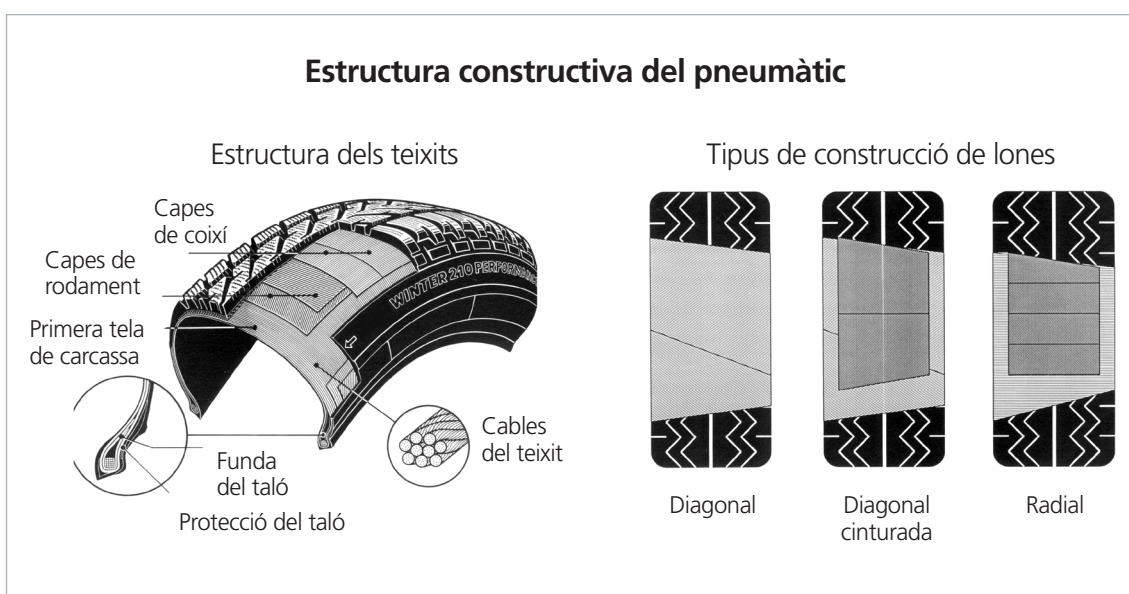


Fig. 11.5

11.5. Nomenclatura i dimensions principals

Exemple: **175/70 R 13 88 T**

175: amplada (l), es mesura en mm.

70: relació percentual (perfil) entre l'altura H i l'amplada l.

R: estructura radial.

13: diàmetre nominal de llanta. S'expressa en polzades.

88: índex de càrrega. Càrrega màxima que pot suportar el vehicle. En aquest cas, 560 kg.

T: codi de velocitat. Límit de velocitat màxima. A la T li correspon 190 km/h.

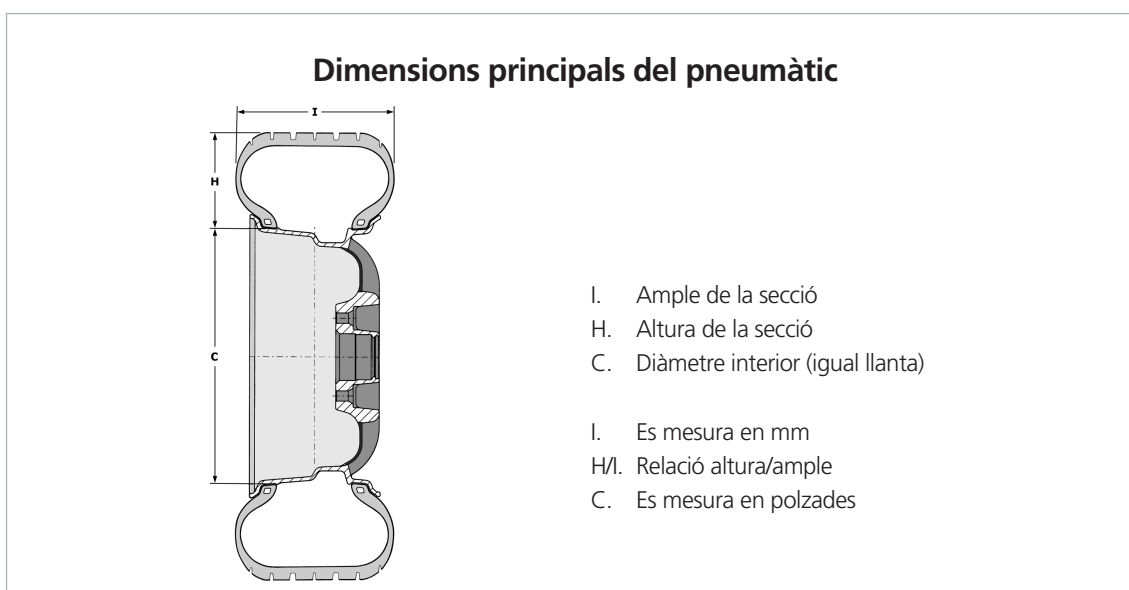


Fig. 11.6

Nomenclatura de la banda del pneumàtic



Europa

1. Mesures 185/65 R15 87T
185 mm/65% altura secció-amplada
R = radial, 15" de llanta, 87 = càrrega màx.
T = velocitat màx. 190 km/h
2. Fabricant
3. Perfil
4. Mètode de construcció
5. Sense cambra
6. Apropiat per hivern
7. Data de fabricació
8. Complex norma Europea
9. País fabricació

EUA

10. Codi intern fabricant
11. Complex normes EUA
12. Ident. fabricant, dimensions model pneumàtic
13. Càrrega autoritzada i pressió
14. Núm. i material capes
15. Marca gruix de desgast
16. Esperança vida relativa
17. Capacitat de frenada sobre mullat
18. Resistència a temperatura
19. Normes de seguretat

Fig. 11.7

1.6. Manteniment

Per la importància que té el pneumàtic en el vehicle, és imperatiu fer-ne un bon manteniment:

- Revisar periòdicament la pressió d'inflament. La comprovació s'ha de fer en fred, ja que quan el pneumàtic treballa s'escalfa i s'incrementa la pressió.
- Verificar la profunditat dels solcs del dibuix del pneumàtic, que no pot ser inferior als 1,6 mm.
- Observar el desgast irregular dels pneumàtics.
- Utilitzar pneumàtics iguals per eixos.
- En cas de substitució, respectar sempre les especificacions del fabricant.

Observació:

A l'hora de comprar uns pneumàtics per fer-ne la substitució, s'han de tenir en compte les mides dels pneumàtics que figuren a la fitxa tècnica, i aquests són els que es preveuen a l'homologació. Si per algun motiu volem canviar els pneumàtics per uns altres que no figuren a la fitxa tècnica, ho haurem de fer per uns que s'anomenen equivalents, això vol dir que el desenvolupament del seu perímetre ha d'estar dintre d'uns límits. La tolerància permesa és d'un $\pm 3\%$ del diàmetre total. Si no es respecta aquest límit, aleshores el vehicle estarà afectat per una reforma d'importància que s'haurà de legalitzar.

Pel que fa a la pressió d'inflament, ha de ser la que aconsella el fabricant, per tal d'aprofitar al màxim les qualitats i la vida útil del pneumàtic. En el cas A, veiem l'efecte d'un pneumàtic poc inflat que desgasta prematurament i malament els laterals de la banda de rodament. En el cas C, el desgast irregular es produeix a la part central del pneumàtic. Només el cas B representa una petjada amb bona adherència i, per tant, més vida útil (Fig. 11.8).

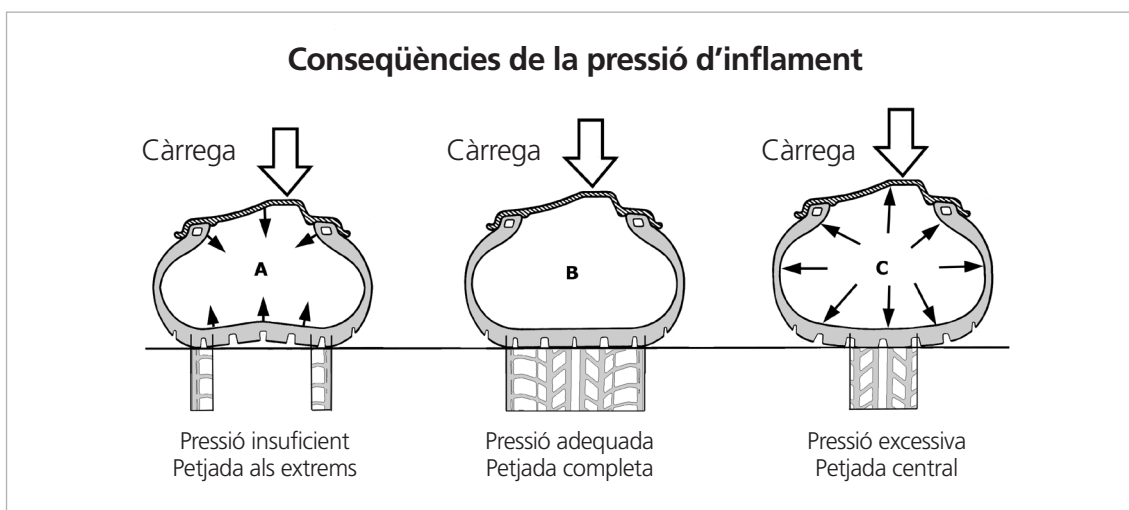


Fig. 11.8

11.7. Control de la pressió d'inflament

Des de l'1 de novembre de 2014, és obligatori que els cotxes venuts nous en el mercat europeu vagin equipats, entre altres dispositius, amb el control d'estabilitat i el TPMS. Aquestes sigles signifiquen en anglès Sistema de Monitorització de la Pressió dels pneumàtics (Tyre Pressure Monitoring System), i és un dispositiu que s'engloba dins dels sistemes bàsics de seguretat.

Aquest sistema serveix per alertar el conductor en cas que una de les rodes no tingui la pressió adequada. En els models més bàsics, senzillament salta un avís en el quadre de comandaments amb la icona d'un pneumàtic o bé amb les lletres TPMS en taronja, però no indica quina de les 4 és la que ha perdut pressió. Els més complets indiquen exactament quin pneumàtic necessita la nostra atenció, i fins i tot ofereixen informació a l'ordinador de bord sobre la pressió i la temperatura de cada roda quan ho consultem.

Existeixen dos tipus de mesurament:

- **Mesurament indirecte:** Una roda amb poca pressió té menys diàmetre que una amb la pressió correcta, de manera que necessita donar més voltes per recórrer la mateixa distància. A través dels sensors de l'ABS, el sistema TPMS pot saber quina roda dona més voltes del que és normal i "pressuposa" que aquesta té una pèrdua de pressió.
- **Mesurament directe:** El dispositiu munta un sensor de pressió en cada pneumàtic. N'hi ha de diversos tipus, normalment adossats a la pròpia vàlvula, però poden anar fins i tot enganxats a la goma del pneumàtic per l'interior de la banda de rodament. Tenen una petita bateria incorporada per al seu funcionament. Cada sensor mesura la pressió i la temperatura de cada roda i emet a la unitat de control la informació mitjançant ràdio a una freqüència de 433 MHz.