MOTOCICLETAS

ARIAS-PAZ

32ª EDICIÓN

CONTIENE CD CON MÁS DE 500 FOTOGRAFÍAS DE MODELOS DE MOTOCICLETAS

CIE DOSSAT 2000

Obras del mismo autor

MANUAL DE AUTOMÓVILES
55ª EDICIÓN

TRACTORES
15ª Edición

CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT 2.000 s.l.
agradece a las numerosas marcas cuyos productos se citan en el texto, la desinterasada colaboración que, desde la Primera Edición, han prestado.

M. ARIAS-PAZ
Ingeniero, Coronel de Ingenieros,
ex Director de la Escuela de
Automovilismo del Ejército

MOTOCICLETAS

32ª
EDICIÓN
Renovada y ampliada

Edición de MOTOCICLETAS

1.ª	edición	1941	17.ª	edición	1965
2.ª	edición	1944	18.ª	edición	1967
3.ª	edición	1946	19.ª	edición	1971
4.ª	edición	1948	20.ª	edición	1973
5.ª	edición	1949	21.ª	edición	1975
6.ª	edición	1950	22.ª	edición	1976
7.ª	edición	1951	23.ª	edición	1978
8.ª	edición	1952	24.ª	edición	1978
9.ª	edición	1953	25.ª	edición	1979
10.ª	edición	1954	26.ª	edición	1981
11.ª	edición	1956	27.ª	edición	1983
12.ª	edición	1957	28.ª	edición	1987
13.ª	edición	1958	29.ª	edición	1995
14.ª	edición	1960	29.ª	reimpresión	1997
15.ª	edición	1961	30.ª	edición	1999-2000
16.ª	edición	1962	31.ª	edición	2001-2002

32ª Edición Octubre 2003

© by MANUEL ARIAS-PAZ GUITIAN. 1940-1996-2003

© CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT 2000 S.L.

Pío XII, 57
28016 Madrid (España)

Actualización de la presente edición y realización del C.D.:
EQUIPO TÉCNICO DE:
CIE DOSSAT

REVISIÓN:
Miguel Angel Pérez Bello

ISBN: 84-95312-07-7
Dpto. Legal: M-43208-2003
Printed in Spain (Impreso en España)

MAQUETA Y CUBIERTA:
Abarro

PRODUCCIÓN:
Julián Manjón González

IMPRESIÓN: Gráficas BLONDE

Queda hecho el depósito que previene la ley nº 11.732 (Rep. ARGENTINA)

Registro P.I. de MEXICO nº 2.966 (núm. Rec. Reg. 461.065)

Inscrita en los registros de propiedad intelectual de España y otros países.

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por Ley, que establece pena de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujesen, plagiaren, distribuyeren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria artística, técnica o científica, o en su transformación, interpretación fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio (soportes informáticos, etc.,) sin la preceptiva autorización de los propietarios del copyright.

Prólogo a la 32 edición

He de reconocer que cuando me enteré de la aparición de una versión actualizada del libro "Motocicletas", de Arias Paz, me llevé una grata sorpresa.

Para cualquier persona que se haya dedicado a las motocicletas en España durante los últimos 20 años, bien sea de forma profesional, o simplemente como aficionado, el nombre de Arias Paz tiene un significado muy especial. Por una parte para nosotros era una especie de "Biblia" de la motocicleta. En él aparecía todo lo que había tenido relación con la motocicleta desde tiempo inmemorial, pero por otra parte había llegado a ser una obra obsoleta, a la que sin embargo, hubo que seguir haciendo referencia durante un largo periodo de tiempo, y que a pesar de su evidente falta de actualidad tuvo que servir como fuente de estudio para un gran número de personas, que no dispusieron de ninguna obra alternativa a la que acudir.

El mundo de la motocicleta es un conjunto con una evolución muy rápida debido al carácter de sus aficionados y de sus profesionales. Esta evolución es todavía más profunda en la faceta técnica y se acentúa cada vez más. El desarrollo de los modelos, las técnicas y los sistemas es seguida y aplicada con una gran rapidez, de manera que cualquier concepto técnico es adaptado inmediatamente y en pocos años los anteriores aparecen como tremendamente desfasados, y no ya sólo en el terreno técnico, esto se puede aplicar también en el estético. Un sistema con algunos años de vida parece únicamente apto para colección.

En este sentido, el que una obra como el Arias Paz se actualice, significa volver a tener en la mano un libro de consulta para cualquier tema relacionado con la motocicleta, significa volver a tener a mano nuestra "Biblia". Lo que para muchas personas fue su primer contacto con la técnica de la motocicleta, puede volver a significar un reencuentro con ella, y para los aficionados noveles una forma de comenzar o ampliar sus conocimientos.

El planteamiento del libro es amplio y riguroso, pero muy asequible para cualquier persona sin conocimientos técnicos previos. Se ha mantenido prácticamente inalterada la estructura básica de las anteriores ediciones, que siempre fue lectiva y sencilla, de modo que se sigue encontrando con facilidad el tema a consultar y el estudio se realiza por apartados. Hace referencia a prácticamente todas las cuestiones sobre las que se puedan tener interés respecto a una motocicleta. Desde el funcionamiento básico del motor, hasta sus sistemas de funcionamiento particulares, desde la teoría elemental del bastidor, hasta la peculiaridades de cada fabricante. Con capítulos bien diferenciados en los que como siempre también se incluyen algunos dedicados a temas que no son puramente mecánicos como la conducción del vehículo, "Motocicletas", de Arias Paz vuelve a ser una práctica guía para todos los aficionados y profesionales, que aún conservan con cariño alguna anterior edición, y para todos aquellos que la descubran por vez primera.

El esfuerzo de CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT 2000 en la puesta al día de este clásico de la mecánica es encomiable y digno de agradecimiento.

Antonio Cobas
14-12-93

NOTA DEL EDITOR

CIE Dossat ha hecho, de nuevo, un gran esfuerzo de actualización de una de las obras de Manuel Arias-Paz Guitián, cuyo Centenario hemos conmemorado recientemente. Como en anteriores ediciones, en esta 323ª se mantiene la estructura didáctica que en su día concibiera Manuel Arias-Paz, que ha dado solidez a una obra que, tras 32 ediciones, sigue siendo actual.

Índice

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 17
1.- Generalidades 17
2.- Elementos de una Motocicleta 20
3.- Tipos de motocicletas 22
3.1. Deportivas 22
3.2. Gran turismo 22
3.3. Turismo 23
3.4. Custom 24
3.5. Naked 24
3.6. Scooters 25
3.7. Ciclomotores 26
3.8. Trail 26
3.9. Motos de campo 27
3.10. Motos de catalogación especial 29

CAPÍTULO II. EL MOTOR 33
1.- El Motor de Cuatro Tiempos 33
1.1.- Introducción e historia 33
1.2.- Descripción 35
1.3.- Funcionamiento 36
1.4.- Disposición de los elementos en un motor real 38
1.5.- Evolución histórica del motor de cuatro tiempos 39
2.- Motores de Varios Cilindros 45

2.1.- Introducción 45
2.2.- Objetivo de los pluricilíndricos 45
2.3.- Ventajas e inconvenientes 46
2.4.- Motores bicilíndricos 47
2.5.- Motores tricilíndricos 53
2.6.- Motores tetracilíndricos 54
2.7.- Motores de seis cilindros 57
3.- Ciclo Práctico 59
3.1.- Ciclo real o práctico 59
3.2.- Consecuencias y cruce de válvulas 62
3.3.- Ejemplos de diagramas de distribución 63
4.- Cilindrada, Compresión y Potencia 65
4.1- Cilindradas unitaria y total 66
4.2.- Relación de compresión 66
4.3.- Tipos de cámara de combustión 68
4.4.- Par y potencia 69
4.5.- Zona de utilización y tipo de motor 71
5.- El Equilibrado 72
5.1.- Equilibrado de un motor 73
5.2.- Motor monocilíndrico 77
5.3.- Motores de dos cilindros 79
5.4.- Motores de tres cilindros 81
5.5.- Motor de cuatro cilindros en línea 81
5.6.- Motor de seis cilindros en línea 82
5.7.- Uniformidad de la marcha del motor 85
6.- La Distribución 86
6.1.- Número de válvulas 87
6.2.- Sistemas de accionamiento 91
6.3.- Mando de la distribución 97
6.4.- Holgura del sistema 100
7.- El Escape en el Motor de Cuatro Tiempos 106
7.1.- El sistema Exup 112
7.2.- Los silenciadores 114
8.- Elementos del Motor de Cuatro Tiempos 116
8.1.- Cárter 117
8.2.- Cilindro 120
8.3.- Culata 122
8.4.- Pistón 125
8.5.- Bulón 126
8.6.- Segmentos 127

8.7.- Biela 129
8.8.- Cigüeñal 130
8.9.- Válvulas 130
8.10.- Elementos de la distribución 131
9.- Regulación de la Distribución 132
9.1.- Calado de la distribución 132
9.2.- Árbol de levas en el cartér 133
9.3.- Monoárbol en culata 134
9.4.- Doble árbol en culata 136
9.5.- Reglaje de válvulas 138
9.6.- Tensor de la cadena de distribución 141
10.- El Motor de Dos Tiempos 142
10.1.- Descripción 143
10.2.- Funcionamiento 144
10.3.- Evolución histórica 146
10.4.- Motores de varios cilindros 149
10.5.- Motores de dos cilindros 150
10.6.- Motores multicilíndricos de 2T 152
10.7.- Ciclo práctico 154
10.8.- Diseño de elementos 156
10.9.- Diagramas de distribución 160
11.- Admisión en el Dos Tiempos 163
11.1.- Falda de pistón 163
11.2.- Válvula de láminas 165
11.3.- Válvula rotativa 168
11.4.- Inyección directa 171
12.- El Escape en el Motor de Dos Tiempos 173
12.1.- Las válvulas de escape 178
13.- Elementos del Motor de Dos Tiempos 190
13.1.- Cárteres 192
13.2.- Cilindro 193
13.3.- Culata 196
13.4.- Cigüeñal 197
13.5.- Biela 200
13.6.- Pistón y segmentos 200
13.7.- Volantes de inercia 202
14.- El Motor Rotativo 202
15.- Comparación de Motores 208
15.1.- Motor alternativo de dos tiempos 208
15.2.- Motor alternativo de cuatro tiempos 209

15.3.- Motor rotativo o Wankel 209
16.- Averías y Mantenimiento del Motor 210
16.1.- Cárter 210
16.2.- Cigüeñal 213
16.3.- Biela 216
16.4.- Pistón 217
16.5.- Cilindro 220
16.6.- Culata 222
16.7.- Válvulas 226
16.8.- Árboles de levas 228
16.9.- Cadena de distribución 229
16.10.- Correa de distribución 231
16.11.- Cascada de engranajes 232
16.12.- Árbol rey y grupo cónico 233

CAPÍTULO III. LA REFRIGERACIÓN 235
1.- Generalidades 235
2.- Refrigeración por Aire 237
2.1.- Motor monocilíndrico refrigerado por aire 237
2.2.- Motores multicilíndricos refrigerados por aire 239
2.3.- Métodos especiales de refrigeración por aire 239
3.- Refrigeración por Agua 242
3.1.- Mezclas anticongelantes 243
3.2.- Tipos de sistemas de refrigeración líquida 244
3.3.- Disposición y funcionamiento de un sistema real 245
3.4.- Radiador 246
3.5.- Electroventilador 248
3.6.- Termocontacto 248
3.7.- Tapón de radiador 249
3.8.- Depósito de reserva o expansión 250
3.9.- Termostato 250
3.10.- Bomba de agua 251
4. Refrigeración por Aceite 254
4.1.- Importancia relativa 254
4.2.- S.A.C.S. (Suzuki Advanced Cooling System) 254
4.3.- Inyección de aceite a los pistones 255
4.4.- Intercambiador aceite-aire 255
4.5.- Intercambiador aceite-agua 256
4.6.- Derivaciones del circuito de refrigeración 257
5.- Mantenimiento y averías 257

5.1.- Mantenimiento 257
5.2.- Averías 258

CAPÍTULO IV. LUBRICACIÓN 261
1.- Generalidades 261
1.1.- Necesidades de la lubricación 261
1.2.- Tipos de lubricación 263
1.3.- Elementos a lubricar 266
2.- Lubricantes 268
2.1.- Clasificación de lubricantes 273
3.- Lubricación en el Motor de Cuatro Tiempos 279
3.1.- Engrase y barboteo 279
3.2.- Engrase a presión 281
3.3.- Cárter húmedo 282
3.4.- Cárter seco 284
3.5.- Elementos 287
3.6.- Contaminación 294
4.- Lubricación en el Motor de Dos Tiempos 295
4.1.- Formación de la mezcla aceite/gasolina 299
4.2.- Engrase separado 299
4.3.- Elementos del sistema de lubricación 302
4.4.- Lubricación de transmisión primaria, embraque y caja de cambios 304
5. Averías y Mantenimiento 305

CAPÍTULO V. LA ALIMENTACIÓN 311
1.- Generalidades 311
1.1.- Características del combustible 313
1.2.- Mezclas de aire y gasolina 318
2.- Principio de funcionamiento del carburador 318
2.1.- Circuitos del carburador 324
2.2.- Tipos de carburadores 331
2.3.- Ventajas e inconvenientes de ambos tipos de carburadores 334
2.4.- Sistemas especiales 336
2.5.- Elementos variables 340
3.- La Inyección Electrónica 343
3.1.- Justificación y fundamento 343
3.2.- Introducción al sistema 345
3.3.- Subconjunto para la recogida de datos 346
3.4.- Subconjunto de proceso de datos 349

3.5.- Subconjunto de suministro de combustible 350
3.6.- Sistemas de inyección actuales 354
4.- Filtros y Cajas 357
4.1.- Sistemas de admisión dinámica 362
5.- Contaminación 363
5.1.- Contaminantes 365
5.2.- Sistemas de reducción de contaminantes 367
6.- Averías y Mantenimiento 371

CAPÍTULO VI. LA ELECTRICIDAD 383
1.- Generalidades 383
1.1.- Constitución y naturaleza eléctrica de la materia 383
1.2.- Corriente eléctrica 385
1.3.- Concepto y tipos de circuito eléctrico 390
1.4.- Algunos componentes electrónicos 392
1.5.- Magnetismo 395
1.6.- Cuadro de símbolos eléctricos 397
2.- Generadores 401
2.1.- Introducción 401
2.2.- Dinamo 402
2.3.- Alternadores 406
2.4.- Alternadores trifásicos 410
3.- Reguladores y Rectificadores 414
3.1.- Tipos de reguladores 417
3.2.- Instalaciones sin batería 418
3.3.- Instalaciones con batería 419
4.- La Batería 427
4.1.- Introducción 427
4.2.- Batería de acumuladores 428
4.3.- Proceso químico en un acumulador de plomo 431
4.4.- Baterías de bajo mantenimiento 435
4.5.- Baterías libres de mantenimiento 436
5.- El Encendido 437
5.1.- El avance de encendido 438
5.2.- Sistemas de encendido 439
6.- Bujía 448
6.1.- Introducción 448
6.2.- Dimensiones 450
6.3.- Referencias de bujías 451
6.4.- Bujías especiales 453

7.- Iluminación 455
7.1.- Medidas de los faros 460
8.- Instrumentos 466
9.- Averías y Mantenimiento 471
9.1.- Bujía 472
9.2.- Encendido 474
9.3.- Alternador y motor de arranque 476
9.4.- Batería 477
9.5.- Sistema eléctrico 478
9.6.- Reguladores y relés 480
9.7.- Instrumentación 481
9.8.- Iluminación 482

CAPÍTULO VII. LA TRANSMISIÓN 485
1.- Generalidades 485
1.1.- Necesidad 486
1.2.- Disposición real en un motor 486
2.- La Transmisión Primaria 487
3.- El Embrague 489
3.1.- Embrague de fricción 491
3.2.- Embrague monodisco en seco 492
3.3.- Embrague multidisco en baño de aceite 493
3.4.- Embrague centrífugo de zapatas 496
3.5.- Embrague centrífugo multidisco 498
4.- El Cambio de Velocidades 499
4.1.- Engrase del cambio 507
4.2.- Cambio automático por variador continuo de velocidad 509
4.3.- Variadores de control electrónico 512
5.- La Transmisión Secundaria 515
5.1.- Transmisión por cadena 517
5.2.- El cardan 521
5.3.- La correa 524
5.4.- La transmisión directa 526
6.- Amortiguadores de Transmisión 526
7.- Sistemas de Arranque 528
7.1.- Sistemas mecánicos 529
7.2.- Sistemas eléctricos 531
8.- Descompresores 533
9.- Averías y Mantenimiento 535

CAPÍTULO VIII. EL BASTIDOR **543**
1.- Generalidades 543
2.- Tipos de Chasis 548
2.1.- La geometría de dirección 557
3.- La Suspensión Delantera 561
3.1.- Horquillas regulables 568
3.2.- Sistemas antihundimiento 572
3.3.- Sistemas especiales 574
4.- La Suspensión Trasera 578
4.1.- Amortiguadores 581
4.2.- Regulación 584
4.3.- Sistemas Progresivos 592
5.- Las Ruedas 595
5.1.- Llantas Especiales 603
6.- Los Neumáticos 604
6.1.- Medidas de los neumáticos 608
7.- Los Frenos 611
7.1.- Frenos de disco 616
7.2.- Sistemas antibloqueo 624
7.3.- Sistema ABS BMW 3ª generación 627
7.4.- Sistemas de control de tracción 631
8.- Averías y Mantenimiento 632

CAPÍTULO IX. AERODINÁMICA **643**
1.- Generalidades 643
2.- Carenados 647
3.- Averías y Mantenimiento 654

CAPÍTULO X. LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS **657**
1.- Precauciones Generales 657
2.- Consejos Prácticos 658
3.- Investigación de Averías 664
4.- Lubricación General 675
5.- Apriete de la Tornillería 676

CAPÍTULO XI. COMPRA DE LA MOTO **679**
1.- La Moto de Segunda Mano 681

CAPÍTULO XII. CONDUCCIÓN DE LA MOTOCICLETA **685**
1.- Adaptación de la Moto 685

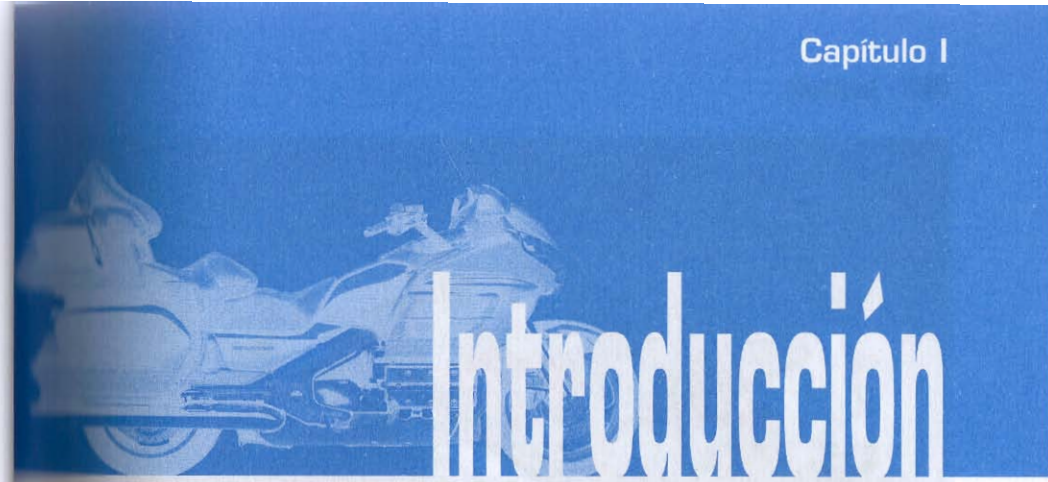
2.- Uso de los mandos 686
3.- Detalles de Seguridad 688
4.- Utilización de la Banda de Potencia del Motor 689
5.- La Frenada 690
6.- Trazado de las Curvas 692
7.- Conducción Deportiva 696
7.1.- El peso 696
7.2.- Geometrías 697
7.3.- Las curvas en conducción deportiva 698
7.4.- Conducción deportiva en circuito 698
8.- Conducción Campestre 701

CAPÍTULO XIII. MANTENIMIENTO PERIÓDICO **705**

CAPÍTULO XIV. DATOS PRÁCTICOS **715**
1.- Longitud 715
2.- Áreas 717
3.- Volúmenes 718
4.- Peso 718
5.- Presión, Fuerza y Potencia 719
6.- Temperatura 719
7.- Evaluación del consumo 719
8.- Medida de la velocidad 721
9.- Tabla de pendientes 722
10.- Peso comparados (Densidades) de diferentes materiales 723
11.- Determinación de la cilindrada de un motor 723

CAPÍTULO XV. CATALOGO DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL **725**

INDICE ALFABÉTICO **737**



Introducción

1. GENERALIDADES

La evolución de la motocicleta a lo largo de la historia, es algo que siempre ha dependido de la utilización que de ella ha demandado la sociedad. Por supuesto, la evolución tecnológica ha sido vital en dicho proceso evolutivo, pero casi siempre ha dependido de las necesidades que este tipo de vehículo tan peculiar ha cubierto en la sociedad.

En España por ejemplo, después del periodo restrictivo vivido tras los conflictos de mediados de siglo, la motocicleta fue el vehículo de transporte por excelencia, dado que la sociedad demandaba un medio de locomoción, ante todo económico, dejando muy en segundo plano el carácter lúdico que siempre la ha caracterizado. A medida que la situación económica mejoró, la demanda de motocicletas sufrió un gran descenso. Ello hizo que la gama de motocicletas evolucionara drásticamente, potenciando el carácter lúdico de sus modelos. Fue así como se vivió el auge de las especialidades de montaña; cross, enduro y trial.

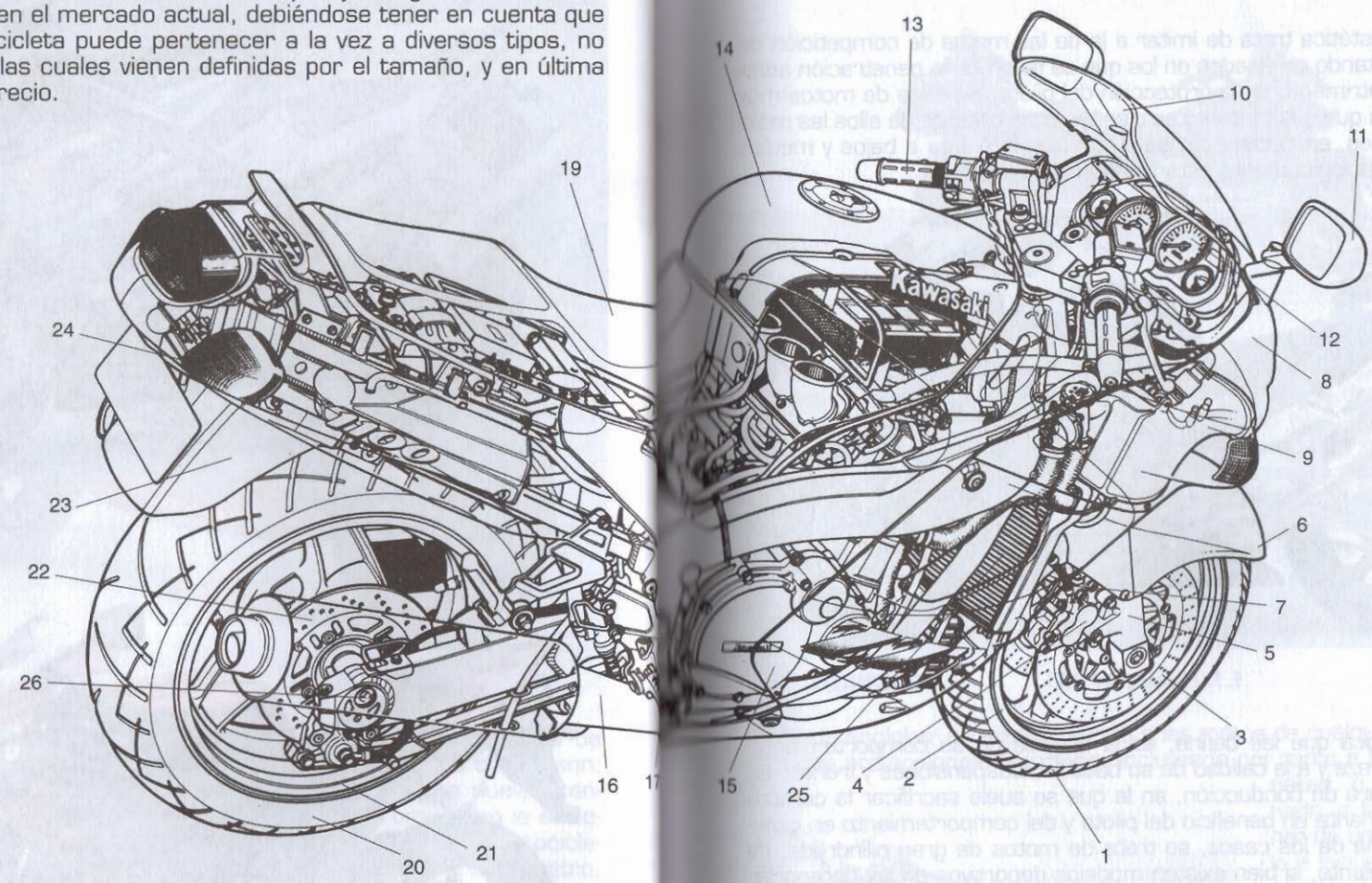
A principios de los 80, cuando comenzó a levantarse el veto a las importaciones de motos japonesas, se vivió en España un auge tremendo, ayudado también por el éxito internacional de las nuevas generaciones de pilotos. Y es que es cierto, que la evolución de la motocicleta ha corrido paralela a la competición, siendo ésta, en muchos casos, el motor de la evolución de las gamas, así como la impulsora de nuevos estilos y tipos de motocicletas.

No hay que dejar de lado la influencia de los novedosos sistemas de comunicación y difusión, como la televisión, el cine, etc, los cuales son, hoy por hoy, los medios más eficaces para transmitir las nuevas tendencias sobre moda e imagen, que tan a menudo irrumpen en la sociedad. Ello hace que se creen nuevos conceptos, en torno a la motocicleta y su mundo, que fructifican en modelos de marcado carácter retro, como las custom o las naked, en los que sobre todo, prima el factor estético, por encima incluso de aspectos tan decisivos desde siempre, como las prestaciones y el comportamiento dinámico.

Asimismo, la evolución de la sociedad en cuanto a la planificación y aumento de los periodos de ocio, influye decisivamente en los gustos y necesidades del usuario. Así, han surgido nuevos tipos de motocicletas, en los que se combina la facilidad de uso diario, con la posibilidad de realizar pequeñas incursiones fuera de las rutas asfaltadas, como medio de contacto con la naturaleza. Son las denominadas trail o motos de uso mixto.

2. ELEMENTOS DE UNA MOTOCICLETA

A continuación se analizarán los diversos tipos y categorías de motocicletas existentes en el mercado actual, debiéndose tener en cuenta que una misma motocicleta puede pertenecer a la vez a diversos tipos, no así a categorías, las cuales vienen definidas por el tamaño, y en última instancia por el precio.



1.4. Elementos de la motocicleta: 1: Neumático delantero. 2: Llanta delantera que sujeta el neumático delantero al bastidor. 3: Freno delantero de disco instalado por duplicado. 4: Pinza del freno delantero, que contiene los elementos encargados de actuar contra el disco. 5: Suspensión delantera formada por una horquilla telescópica. 6: Guardabarros delantero que impide que el neumático lance objetos y suciedad de la carretera al piloto. 7: Conducto hidráulico que permite el accionamiento de los frenos desde el manillar. 8: Faro delantero para permitir la conducción nocturna. 9: Carenado de protección que aumenta la penetración aerodinámica y protege del viento a los ocupantes. 10: Pantalla del carenado que permite al piloto ver la carretera al tiempo que le protege del aire. 11: Espejos retrovisores instalados para que el piloto pueda observar lo que ocurre trás de él sin necesidad de girarse.

12: Cuadro de instrumentos que contiene los indicadores de velocidad, régimen, indicadores informátivos, etc... 13: Manillar que se encarga de las dirección de la moto, sobre el que se integran los mandos de embrague, acelerador, freno delantero y accionamiento de los elementos eléctricos. 14: Depósito de gasolina situado sobre el bastidor. 15: Motor de cilindrada variable. 16: Tubo de escape exterior, dotado de silenciadores. 17: Reposapies para el piloto que incluyen los accionamientos del cambio y el freno trasero. 18: Chasis de alta rigidez. 19: Asiento de dos plazas. 20: Neumático trasero. 21: Llanta trasera. 22: Freno de disco trasero que cuenta con una sola unidad. 23: Guardabarros trasero con las mismas funciones que el delantero. 24: Indicadores de dirección intermitentes para avisar de las maniobras a realizar. 25: Radiadores para la refrigeración del motor.

3. TIPOS DE MOTOCICLETAS

3.1. DEPORTIVAS

En las que su estética trata de imitar a la de las motos de competición de velocidad, adoptando carenados en los que se favorece la penetración aerodinámica, en detrimento de la protección del piloto. Se trata de motos muy potentes, en las que sus motores se diseñan para obtener de ellos las máximas prestaciones, en detrimento de su comportamiento a bajos y medios regímenes. Tecnológicamente están siempre a la última.

1.1. Honda CBR 900.

Otra característica que las define, es la eficacia de su comportamiento, debido a su ligereza y a la calidad de su bastidor, suspensiones y frenos, así como a la postura de conducción, en la que se suele sacrificar la comodidad del acompañante en beneficio del piloto y del comportamiento en general. En la mayoría de los casos, se trata de motos de gran cilindrada, de 600 c.c. en adelante, si bien existen modelos deportivos en las categorías inferiores, con gran rendimiento por otra parte, dada su extrema ligereza.

3.2. GRAN TURISMO

Son motocicletas dotadas de amplios carenados, con los que se ofrece una gran protección a los ocupantes, dado que están pensadas para circular con pasajero. Suele disponer de cúpula regulable, en muchos casos eléctricamente, desde el puesto de conducción, así como de amplias maletas y un gran baúl posterior. Dado su alto peso, disponen de motores de

1.2. Honda GL 1800 GOLDWING

alta cilindrada, con gran cantidad de par a bajo y medio régimen, por lo que su nivel de prestaciones es inferior a lo que se podría deducir de su cilindrada. Dicho peso, junto con su envergadura, no las hacen aptas para la conducción deportiva, por lo que suelen disponer de un generoso equipamiento en el que se suele incluir equipo de audio, control de velocidad y ordenador multifunción. En algún modelo, dada su aparatosidad, se dispone incluso de un sistema de marcha atrás, para así facilitar las maniobras de aparcamiento. Existen versiones más ligeras, propulsadas por motores de media cilindrada, en las que la reducción de peso y envergadura las hacen más aptas para su utilización cotidiana.

3.3. TURISMO

Se suele englobar en esta categoría a las motos de cualquier cilindrada sin grandes pretensiones deportivas, incluyendo por tanto a las denominadas naked, o motos sin carenado, si bien suelen disponer de una pequeña cúpula e incluso de un semicarenado. Suelen ser motos económicas, si se comparan con otras de la misma cilindrada y mayores pretensiones, siendo ante todo muy prácticas.

1.3. BMW R 1100 S

3.4. CUSTOM

Hace años conocidas como chopper, deben su imagen al mercado norteamericano, en el que, dadas las estrictas restricciones de velocidad, las motos no se diseñan pensando en sus prestaciones y comportamiento dinámico, sino en su imagen y estética. Por lo general son motos incómodas, en contra de lo que su imagen pudiera dar a entender a primera vista, ofreciendo una postura de conducción antiaerodinámica. Su comportamiento y prestaciones no se pueden comparar con las motocicletas convencionales, ya que no es ese su objetivo, sino el de proporcionar satisfacción estética a sus usuarios.

1.4. Suzuki 250 LC.

También existen en todas las cilindradas, siendo en cualquier caso motos muy pesadas, dado el escaso desarrollo tecnológico del que hacen gala. Dentro de las custom, existen versiones con pretensiones de gran turismo, disponiendo de amplias pantallas e incluso carenado, estando su postura de conducción más cerca de éstas que de las custom, si bien su tecnología, comportamiento y prestaciones, hace recordar inmediatamente su origen.

3.5. NAKED

Su denominación procede de la traducción al inglés de la palabra desnuda, ya que estas motos están desprovistas de cualquier tipo de carenado que las vista. Se puede efectuar una división dentro de las mismas, en función de su origen y pretensiones. Así, las motos que por su naturaleza económica, no disponen de carenado se catalogan como naked, cuando en realidad han existido desde siempre, siendo la concepción original de la motocicleta.

1.5. BMW R 850 R.

En realidad, se comenzó a utilizar esta denominación, con una nueva generación de motocicletas, posterior a la implantación masiva del carenado, en la que se pretende ofrecer una imagen retro, tal y como eran las motos hasta entonces. Por tanto, al igual que en las custom, la estética juega en ellas un papel fundamental, si bien, a diferencia de las mismas, su comportamiento y sus prestaciones no están condicionadas por la misma, a excepción, lógicamente, de la protección al piloto y la velocidad máxima, ofreciendo por tanto, un comportamiento similar al de una moto convencional. Algunos modelos, aún sin carenado, están realizados desde una perspectiva totalmente deportiva, mientras que la mayoría son de enfoque turístico.

3.6. SCOOTERS

Es un vehículo ante todo práctico, dotado generalmente de cambio automático, el cual ofrece una gran protección y limpieza, permitiendo su utilización con ropa de calle, sin riesgo de ensuciarse, al estar ocultos sus órganos metálicos. Hasta ahora, sus prestaciones eran modestas, dada la escasa

1.6. Suzuki Burgman 650.

cilindrada de sus propulsores, si bien recientemente, han aparecido modelos con propulsores de hasta 650 c.c., con lo que se aumentan sus posibilidades de uso. A estos modelos con más de 250 c.c. se les encuadra dentro de una categoría propia, conociéndose como megascooters.

En la mayoría de los casos, su utilización es claramente ciudadana, pues su pequeño diámetro de ruedas, le impide desarrollar altas prestaciones. El cambio de velocidades suele ser automático, utilizando para ello un variador contínuo. Suelen disponer de carrocería de plástico, con chasis tubular metálico y compartimentos para transportar objetos.

3.7. CICLOMOTORES

Constituyen el grueso de la producción de motocicletas, aunque la legislación no las considere como tales. Su cilindrada está limitada a 50 c.c. y su velocidad máxima a 60 km/h. En esta categoría se pueden encontrar desde scooters hasta motos naked, deportivas, de campo, etc, pudiendo afirmarse que casi todas las categorías están representadas en este tipo de vehículos. Deben su éxito a su bajo precio y a la posibilidad de conducirlos sin carnet (tan sólo una licencia específica), incluso desde los 14 años.

1.7. Suzuki Adress R.

3.8. TRAIL

En principio surgieron como modelos de campo, adaptados al uso en carretera, si bien en la actualidad la situación es opuesta, siendo modelos de carretera, con ciertas aptitudes para circular por caminos y sendas forestales de escasa dificultad. Para ello, cuentan con suspensiones

1.8. BMW F 650 GS.

de gran recorrido y rueda delantera de mayor diámetro, en ambos casos respecto a los modelos de carretera. Existen en todas las cilindradas, desde 50 hasta 1150 c.c., si bien, a medida que su cubicaje aumenta, y por tanto el tamaño de la máquina, disminuyen sus aptitudes camperas, al perder manejabilidad, en beneficio del comportamiento en carretera, donde son usadas en la inmensa mayoría de los casos. Son motos muy prácticas, con grandes cualidades turísticas, dada su posición de conducción, no exenta de un matiz deportivo, dada la manejabilidad que proporciona su ancho manillar, sobre todo en carreteras muy reviradas. Aunque sus neumáticos poseen un dibujo que permite intuir su faceta campera, están más pensados (como el conjunto de la moto en sí) para su uso en carretera.

3.9. MOTOS DE CAMPO

Se pueden clasificar en tres grandes grupos, pertenecientes a otras tantas especialidades deportivas.

En la que la manejabilidad y la ligereza son fundamentales, dada la naturaleza de este deporte, en el que se han de superar grandes obstáculos.

Trial

Poseen un tamaño exiguo, para así favorecer su manejo, y su postura de conducción está diseñada para ir de pie, dado que su velocidad de utilización es muy baja. Sus motores suelen ser de 2T, con una cilindrada en torno a los 300 c.c., existiendo algún modelo de 4T, ciclo de funcionamiento que acabará imponiéndose a corto plazo al de 2T..

1.9. GAS GAS.

Cross.

Especialidad velocística que se lleva a cabo en un circuito de tierra con grandes desniveles. Dada la superficie por la que ruedan, poseen unas suspensiones de gran recorrido y eficacia, para absorber las numerosas irregularidades que presenta la misma. Dependiendo de su ciclo de trabajo (2T ó 4T), su cilindrada oscila entre los 80 y los 650 c.c., si bien actualmente, la tendencia es a usar motores de 4T, por su ecología y fiabilidad, a pesar de sus menores prestaciones (a igualdad de cilindrada).

1.10. Suzuki RM.

Enduro o Todo Terreno.

Especialidad similar al cross, con la diferencia de que se lleva a cabo en circuitos abiertos, por caminos y senderos de una zona. Para ello, disponen de instalación de alumbrado, para así poder ser homologadas para su uso en vías públicas, permitiendo su matriculación. También ofrecen ligeras diferencias en cuanto al escalonamiento de la caja de cambios.

1.11. Suzuki DRZ 400 E.

3.10. MOTOS DE CATALOGACIÓN ESPECIAL

Existen en el mercado una serie de vehículos relacionados de alguna forma con la motocicleta, ya sea por su disposición mecánica o por derivar de ésta, así como por su catalogación legal. Se describen a continuación por estimarse que de alguna forma están relacionados con la motocicleta.

Quads

Son vehículos de cuatro ruedas con motor de motocicleta con una cilindrada que oscila entre los 50 y los 650 c.c. cuya estructura general tiene muchas similitudes con una moto al disponer de manillar, mandos, conjunto sillín-depósito, etc con formas similares a

1.12. Suzuki Dzark 250 R.

éstas. La dirección actúa sobre ambas ruedas delanteras a la vez, mediante un sistema de varillas y reenvíos accionados por el manillar. En la mayoría de los casos se legalizan como vehículos agrícolas o especiales. Existen modelos de planteamiento netamente agrícola cuyo uso se restringe exclusivamente a dicho campo.

Motos de nieve

Apoyadas sobre patines, que realizan una función de sustentación similar a las de los esquís en las personas, transmiten el movimiento a través de una cadena de orugas. Van impulsadas por motores específicos de planteamiento similar al de las motocicletas pero con ciertas particularidades que los distinguen de éstos.

1.13. Moto de nieve Yamaha.

Motos de agua

De estructura similar a las de nieve, carecen obviamente de patines, realizándose la sustentación directamente sobre el casco. La impulsión

1.14. Moto de agua Yamaha.

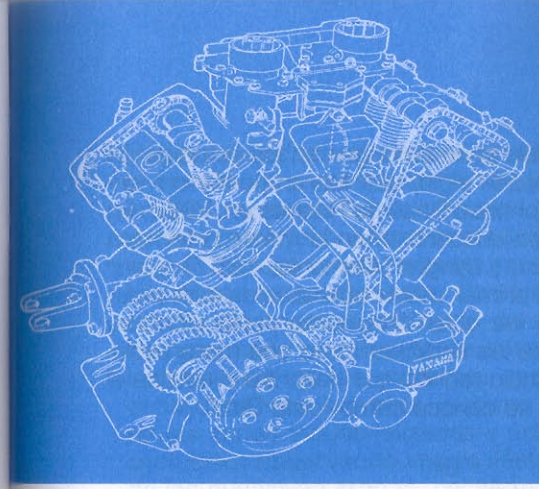
se realiza mediante uno o más chorros de agua generados por una turbina que a su vez es accionada por un motor, que en la mayoría de los casos es de dos tiempos con gran cilindrada.

Cuatriciclos

Son vehículos que en poco se parecen a una motocicleta, si acaso el motor deriva en ciertos casos de alguna de ellas, siendo en la mayoría específicos, existiendo incluso versiones Diesel. La reglamentación vigente los equipara con los ciclomotores en cuanto a los requisitos necesarios para conducirlos, de ahí su inclusión en estas páginas. Como es sabido su estructura, que no su resistencia, es similar a la de un automóvil compacto, siendo una réplica a escala de los mismos.

1.15. Cuatriciclo.

Capítulo II



El motor

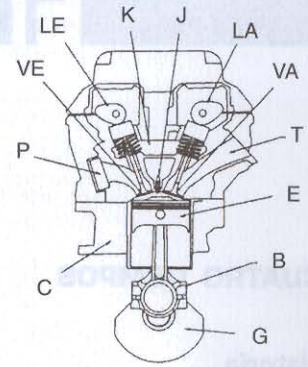
1. EL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

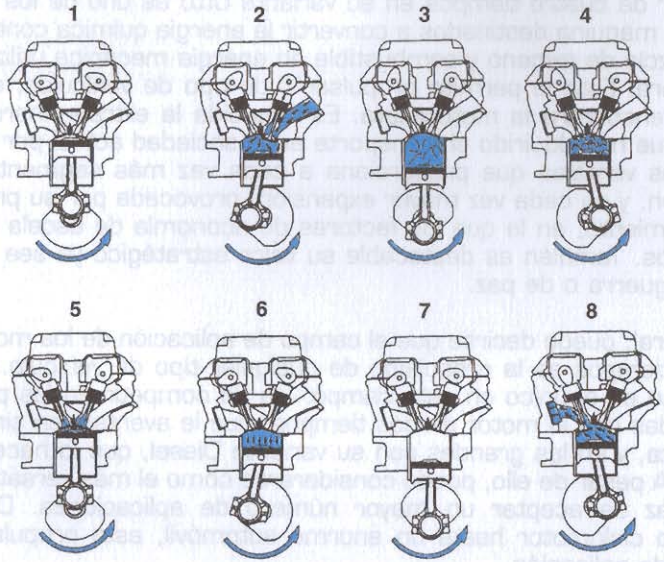
1.1. Introducción e historia

El motor de cuatro tiempos en su variante Otto es uno de los diversos tipos de máquina destinados a convertir la energía química contenida en una mezcla de oxígeno y combustible en energía mecánica utilizable por el hombre. Esta le permite propulsar todo tipo de vehículos, entre los que se encuentra la motocicleta. Es conocida la extraordinaria importancia que ha adquirido el transporte en la sociedad actual por las innumerables ventajas que proporciona a cada vez más segmentos de la población, y su cada vez mayor expansión, provocada por su progresivo abaratamiento, en la que los factores de economía de escala han sido definitivos. También es destacable su valor estratégico ya sea en tiempos de guerra o de paz.

En general, puede decirse que el campo de aplicación de los motores de cuatro tiempos es la propulsión de cualquier tipo de vehículo. No obstante, no es el único en este campo. Ha de competir en las pequeñas cilindradas con el motor de dos tiempos, que le aventaja en simplicidad y ligereza, y en las grandes con su variante Diesel, que lo hace en economía. A pesar de ello, puede considerarse como el más versátil, ya que es capaz de aceptar un mayor número de aplicaciones. Desde un pequeño ciclomotor hasta un enorme automóvil, este propulsor tiene campo de aplicación.

El desarrollo teórico de este tipo de ciclo tiene su origen en los estudios del físico francés Nicolás Carnot en el pasado siglo, que fueron posteriormente completados por su compatriota Alphonse Beau de Rochas en 1862. En un plano práctico, sus antecedentes se encuentran en la máquina térmica de Lenoir (Francia, 1860), en la de Otto y Langen (Alemania, 1867), y, por fin, en aquel que se considera como el primer motor operativo de este ciclo: el Otto (Alemania, 1876). Este físico fue quien finalmente perfeccionó su funcionamiento, pudiendo considerarse los actuales como una mera evolución del mismo. Es por eso que el estudio teórico que describe y justifica el motor de cuatro tiempos de gasolina se conoce como "ciclo Otto".





2.1. Ciclo teórico de un motor de cuatro tiempos.

Hoy en día, dado el elevado grado de refinamiento que ha alcanzado, la batalla de su perfeccionamiento parece que está próxima a acabar en sus aspectos fundamentales, salvo en las cuestiones relativas al uso de materiales alternativos tales como las aleaciones especiales de nueva factura o los nuevos materiales compuestos, con objeto de aumentar su rendimiento. También su evolución se dirige a la minimización del impacto ecológico de su uso, ya que su extensión también ha provocado un importante aumento de la contaminación creada por los residuos de los motores, que, junto con el resto de los factores contaminantes actuales, supone un importante volumen, sobre todo en las zonas industrializadas y urbanas. Más adelante se estudiará su evolución, observando varias ilustraciones de motores representativos de las sucesivas etapas, resaltando sus principales peculiaridades técnicas.

1.2. Descripción

El motor de cuatro tiempos recibe su nombre por realizar un ciclo o periodo de trabajo completo en cuatro fases perfectamente diferenciadas que se comentarán inmediatamente. No obstante, y para que resulten familiares, se señalarán sus principales elementos, contenidos en la Fig. 2.1: C es el cilindro, en cuyo interior se mueve el émbolo o pistón E. Éste lo hace entre su posición más alta, muy próxima a la culata K, y la más baja, junto al cigüeñal G. Estas posiciones se denominan respectivamente "punto muerto superior" y "punto muerto inferior", abreviándose como P.M.S. y P.M.I. Esta denominación se debe a que en esos puntos el pistón se detiene, o bien para bajar después de subir, o bien al contrario. El pistón, por tanto, se mueve de modo alternativo entre sus dos posiciones extremas, mientras que lo que hace el cigüeñal es simplemente girar. La pieza que se encarga de unir estos dos elementos tan dispares y de conciliar movimientos tan distintos es la biela B.

Como elementos auxiliares —aunque muy importantes— se citarán la bujía J y las dos válvulas VA y VE, situadas en la culata K, y cuya misión puede compararse a la de dos pequeñas puertas que se abren y cierran, según interese. VA es la válvula de admisión por la cual entra la mezcla convenientemente carburada. VE es la válvula de escape, que permitirá la salida de los gases quemados una vez que éstos ya no sirven. Además, son accionadas por sendas levas LA y LE, que corresponden a las piezas de forma ovoide en contacto con ambas. Las levas, que en el caso de motores de más de un cilindro se agrupan en uno o más árboles, son las que al girar producen sus aperturas y cierres. Sin entrar todavía en detalles, se puede decir que en realidad es el émbolo E el que, impulsado por la presión de los gases que arden sobre él, obliga al cigüeñal G a girar. Así, mediante una transmisión adecuada, hace mover la rueda de la motocicleta.

1.3. Funcionamiento

Se describirá a continuación el ciclo teórico de un motor de cuatro tiempos en su variante Otto, que es la que interesa. Para ello se divide el ciclo en cuatro fases o tiempos, que se estudian en su secuencia natural. Al realizarlo, el pistón recorre cuatro carreras en el interior del cilindro (dos ascendentes y dos descendentes), mientras que el cigüeñal da dos vueltas completas.

• ***Primer tiempo: Admisión***

Comienza cuando el pistón se encuentra en su posición más elevada, que, como se ha comentado, se denomina punto muerto superior (Fig. 2. 1. I). Es en este instante cuando la válvula de admisión VA se abre, para dejar paso a los gases que existen en el conducto T. Éstos son en realidad una mezcla de aire y vapores de gasolina, convenientemente preparados en el carburador. Cuando el cigüeñal ha recorrido 90 grados en su giro (Fig. 2.1.2) o, lo que es igual, un cuarto de vuelta, el émbolo está en la mitad de su primera carrera descendente. En este momento la fase de admisión se está efectuando y el efecto que hace entrar la mezcla en el interior del cilindro es el vacío dejado tras de sí por el pistón al bajar. Algo similar a lo que sucede cuando se carga una jeringa con agua, el vacío que va dejando al aumentar el volumen disponible es ocupado por la mezcla gaseosa. Este tiempo continúa hasta que llega al punto más bajo o punto muerto inferior (Fig. 2.1.3), momento en que el cigüeñal G ha completado media vuelta. Entonces se cierra la válvula de admisión VA, ya que, si no lo hiciera, se empezaría a expulsar parte de la mezcla previamente admitida. Durante todo este primer tiempo la válvula de escape VE ha permanecido cerrada.

• ***Segundo tiempo: Compresión***

Comienza en el punto muerto inferior en que terminó la fase anterior (Fig. 2.1.3), con ambas válvulas cerradas. A partir de aquí el émbolo comienza su primera carrera ascendente, durante la cual va comprimiendo la mezcla que se admitió en el tiempo anterior (Fig. 2.1.4). Esta compresión va aumentando la temperatura y presión de la citada mezcla fresca, preparándola para que se produzca su explosión. Los valores de presión y temperatura se hacen máximos cuando el tiempo de compresión llega a su fin (Fig. 2.1.5), al llegar el pistón al P.M.S., quedando así la mezcla en situación ideal para estallar en el tiempo posterior, que es conocido como combustión, trabajo o explosión. Se considera por tanto como una fase de preparación, siendo de vital importancia para conseguir un adecuado rendimiento en la combustión.

• ***Tercer tiempo: Combustión***

Una vez finalizada la compresión, en el momento en que el pistón llega al P.M.S. (Fig. 2.1.5), en la bujía J salta una chispa que produce la inmediata combustión de la mezcla aire-combustible. Como consecuencia de ello, el pistón es impulsado hacia el P.M.I., haciendo girar al cigüeñal. Es la única carrera motriz (en la que se produce movimiento), siendo por tanto la más importante del ciclo. La figura 2.1.6 se observa el pistón a mitad de su segunda carrera descendente del ciclo. Durante este tiempo se libera toda la energía química contenida en la mezcla en forma de calor, lo cual eleva extraordinariamente la presión del gas resultante, e impulsa con gran fuerza el pistón hacia el punto muerto inferior (Fig. 2.1.7). Este tiempo anteriormente se denominaba "explosión", pero el avance de la técnica ha probado que la velocidad de la reacción que tiene lugar en el motor no alcanza la velocidad de las denominadas "explosiones", y, por tanto, su denominación exacta es "combustión".

• ***Cuarto tiempo: Escape***

A partir de ese momento, y con objeto de preparar el motor para la realización del siguiente ciclo, se abre la válvula de escape VE. Esto permite que el émbolo, en su segunda y última carrera ascendente, empuje a los gases procedentes de la combustión para que abandonen el cilindro a través de ella y del tubo de escape. P (Figs. 2.1.7 y 8). El motor se sitúa entonces en la posición que reflejaba la figura 2.1.1, es decir, listo para emprender de nuevo todo el proceso, que comenzaría con un nuevo tiempo de admisión.

Una vez explicado el proceso ideal de cuatro tiempos, se realizarán algunas puntualizaciones sobre el mismo.

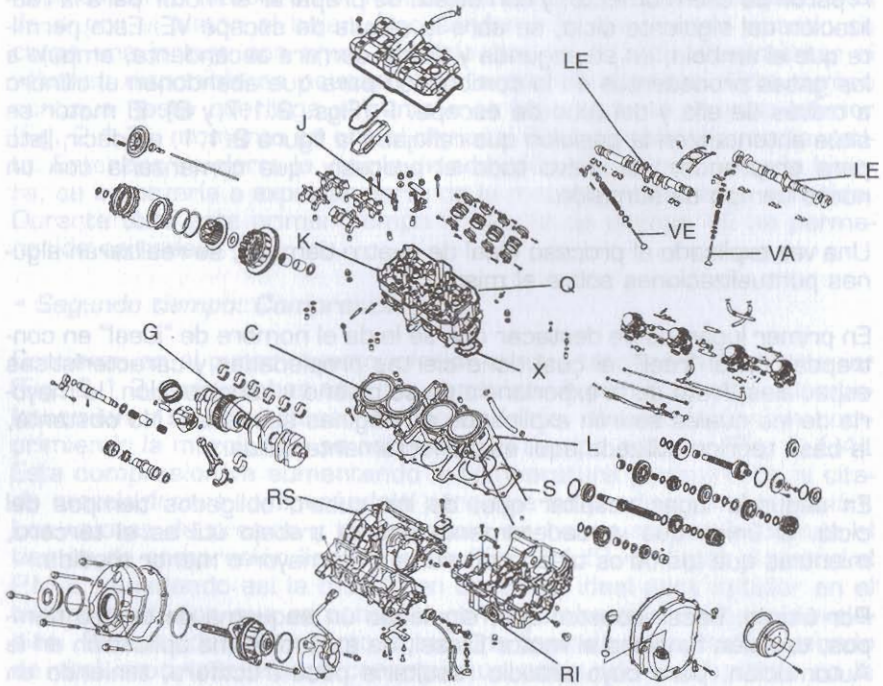
En primer lugar, es de destacar que se le da el nombre de "ideal" en contraposición al "real", el cual tiene ciertas propiedades y características especiales, fruto de la experiencia en su diseño y construcción, la mayoría de las cuales se irán explicando en páginas sucesivas. No obstante, la base teórica utilizada aquí es perfectamente válida.

En segundo lugar, resaltar que, de los cuatro obligados tiempos del ciclo, el único que verdaderamente aporta trabajo útil es el tercero, mientras que los otros tres lo consumen en mayor o menor medida.

Por último, hacer constar que, siguiendo un esquema de cuatro tiempos, también funciona el motor Diesel, de extendidísima aplicación en la Automoción, pero cuyo estudio resultaría poco fructífero, teniendo en cuenta que sus aplicaciones al mundo de la motocicleta han sido puramente anecdóticas.

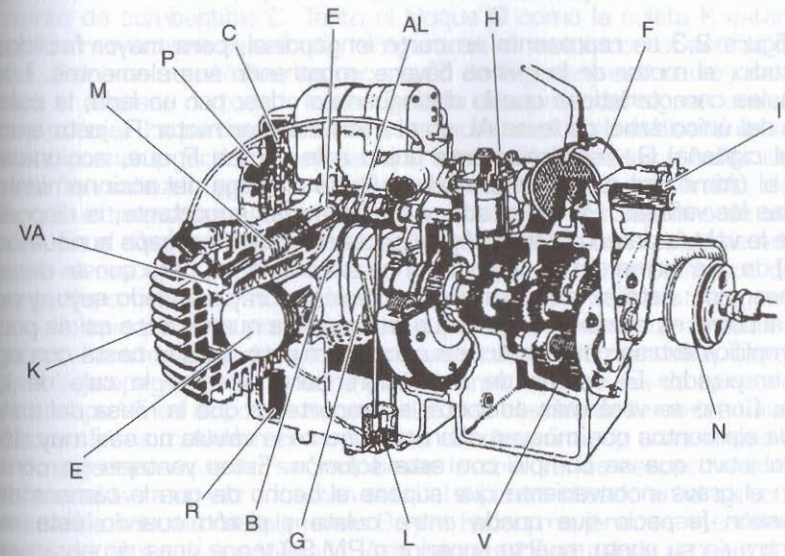
1.4. Disposición de los elementos en un motor real

En la figura 2.2 se observa cómo se disponen en la práctica los elementos de que se compone el motor. Se advierte cómo el cilindro C suele ir encastrado en el interior de un bloque de fundición o aleación Q, que lo sitúa perfectamente alineado respecto de las restantes piezas. A veces el bloque va rodeado de aletas L, cuyo fin es facilitar la refrigeración con el aire de la marcha, cuestión de vital importancia para el correcto funcionamiento del conjunto. Más abajo aparecen los cárteres superior RS e inferior RI, que tienen la misión de albergar en su interior el cigüeñal G en su continuo giro. En la parte superior de la figura destaca la culata K, que soporta gran número de elementos adicionales. Antes de relacionarlos, son de destacar los espárragos S, que se encargan de mantener unidos entre sí, de forma rígida aunque desmontable, el conjunto culata-bloque-cárteres (K- Q-RS-RI). Son generalmente de un grosor apreciable, dado que han de contener las elevadas fuerzas de explosión de los gases en el interior del motor, pudiendo ser pasantes de abajo a arriba o estar roscados en su base a uno de los cárteres.



2.2. Elementos de un motor de cuatro tiempos sobre el despiece de un motor Honda de 400 c.c. y dos cilindros.

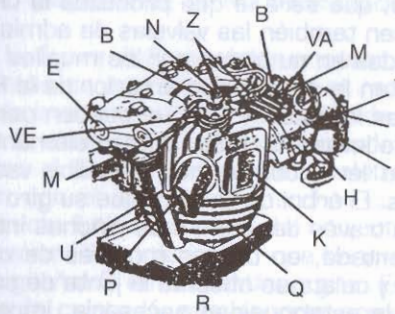
En la culata K, se observa la bujía J, que será la que produzca la chispa en el momento oportuno. Aparecen también las válvulas de admisión VA y escape VE. Estas están mandadas en su cierre por los muelles M, sencillos o dobles, que no aparecían en la descripción anterior de la Fig. 2. 1. De su apertura se encargan las levas LA y LE, que pueden pertenecer al mismo o distintos árboles de levas. Además, existen elementos intermedios entre cada válvula y su leva, como unos sencillos vasos invertidos o los corrientes balancines. El árbol de levas recibe su giro del cigüeñal por medio de una cadena a través de uno o más piñones intermedios, o incluso de una correa dentada, en ciertos motores de concepción más moderna. Entre bloque y culata se observa la junta de culata X, que mantiene perfectamente la estanqueidad necesaria, imprescindible para el correcto funcionamiento del motor. Igualmente sucederá entre bloque y cárter superior y entre este último y el cárter inferior. Hay que tener en cuenta que las piezas en movimiento necesitan de una lubricación continua de la que se encargan aceites de alta calidad. Si las distintas cámaras que componen el motor no fuesen completamente estancas, el aceite se escaparía por las uniones que existen entre ellas, ocasionando en breve el deterioro y destrucción del motor por falta de lubricante, además de numerosos contratiempos y suciedad.



2.3. Motor BMW R-12.

1.5. Evolución histórica del motor de cuatro tiempos

El afán renovador; la inventiva y el esfuerzo de los innumerables técnicos que, en su mayoría durante este siglo han participado en el desarrollo y



2.4. Motor Blackburne.

perfeccionamiento del motor de cuatro tiempos, han permitido llegar al satisfactorio estado actual. Para corroborarlo se seguirán, con la ayuda de las siguientes cinco ilustraciones, las principales novedades que han ido surgiendo en los motores de motocicleta a lo largo de su historia, que es relativamente reciente. Éstos están comprendidos en un abanico de unos cincuenta años. De momento se centrará el interés en el motor en sí, para no dispersar la atención con detalles accesorios referentes al resto de los elementos que conforman el conjunto propulsor. No obstante, en alguna ocasión se hará referencia a alguno de ellos de especial interés ilustrativo. En el siguiente apartado se tratarán los motores de uno o más cilindros y sus variadísimas configuraciones.

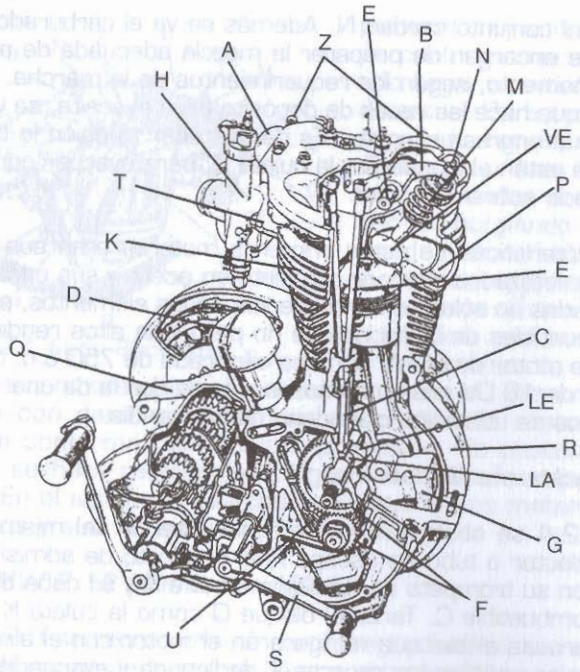
• *Motor BMW R 12 (Alemania, 1935)*

En la figura 2.3 se representa en corte longitudinal, para mayor facilidad de estudio, el motor de la marca bávara, mostrando sus elementos. Las principales características que lo distinguen son dos: por un lado, la colocación del único árbol de levas AL en el mismo cárter motor R, justo encima del cigüeñal G y solidariamente unido a la corona P que, accionada desde el último por medio de la cadena C, se encarga del accionamiento de todas las válvulas. Por otro lado, y quizás la más importante, la disposición de la válvula de admisión VA (igual sucede con la de escape aunque no se vea) de una forma que en aquellos años era corriente, pero que se desechó enseguida: ésta se sitúa paralelamente al pistón y a un lado suyo, y no sobre él como es corriente hoy día. La razón por la que se hace así es porque simplifica extraordinariamente su accionamiento, ya que basta con un corto empujador E, dotado de regulación, para alcanzar la cola de la misma. Como se verá más adelante, es importante que la masa del conjunto de elementos que mueven alternativamente la válvula no sea muy elevada, objetivo que se cumple con esta solución. Estas ventajas no compensan el grave inconveniente que supone el hecho de que la cámara de combustión (espacio que queda entre culata y pistón cuando éste se encuentra en su punto muerto superior o P.M.S.) tenga unas dimensiones excesivas. Como consecuencia de todo ello, el camino que ha de recorrer la llama que produce la mezcla al arder es excesivamente largo y tortuoso, haciendo al motor lento de reacciones. La misma marca descartó este tipo de culata —que ha sido bautizada como culata en L— en modelos posteriores. En la figura también se aprecia la caja de cambios V mostrando sus elementos internos, así como la palanca de arranque I y la salida de transmisión hacia el conjunto cardan N. Además se ve el carburador H con su filtro F, que se encargan de preparar la mezcla adecuada de aire y gasolina en cada momento, según los requerimientos de la marcha. En el fondo del cárter R, que hace las veces de depósito para el aceite, se ve la bomba de aceite L que engrasa el motor. Es de destacar también lo fuertemente aleteados que están el bloque Q y la culata K, para evacuar con facilidad el calor que pueda sobrar al motor.

Algunas características de estos primeros motores eran sus materiales, normalmente realizados casi por completo en acero y sus escasas prestaciones, causadas no sólo por la resistencia de los elementos, sino también por los combustibles de la época que no permitían altos rendimientos. En concreto este motor de BMW con una cilindrada de 750 c.c. desarrollaba una potencia de 18 CV, más o menos la misma que la de una 125 c.c. de cuatro tiempos de utilización ciudadana de hoy en día.

• *Motor Blackburne (Inglaterra, 1937)*

En la figura 2.4 se observa un detalle del exterior del mismo, pudiendo señalar el colector o tubo de escape P, el conducto de admisión T, el carburador H con su trompeta de admisión de aire A y su cuba de almacenamiento de combustible C. Tanto el bloque Q como la culata K están dotados de numerosas aletas que refrigerarán el motor con el aire de la marcha. También se señalan los racores Z de llegada y evacuación del aceite para el engrase de toda la zona. El resto de elementos siguen una disposición normal. La particularidad de este motor reside en el diseño de su culata: en primer lugar, la manera en que están colocadas las válvulas se denomina "en cabeza", ya que se sitúan sobre esta parte del cilindro, dotando de una extraordinaria compacidad a lo que llamamos "cámara de combustión". En el dibujo se puede apreciar la presencia de una válvula de admisión y una de escape, pero se adivinan otras dos, ya que este motor, de neto corte deportivo para su momento, disponía de dos válvulas para cada función, lo que permitía aumentar las superficies de entrada y salida de los gases. La compacidad de la cámara de combustión era muy beneficiosa para la propagación de la llama en la misma; las válvulas de admisión VA y de escape VE se accionan a través de unos elementos llamados balancines B, cuyo fin es trasladar el movimiento desde el final de unas largas varillas o empujadores que no se ven, hasta la cola de las respectivas válvulas. Estas varillas a su vez conectan el árbol de levas situado en el cárter R con la cola de los citados balancines B, y lo hacen moviéndose alternativamente en el interior de los tubos U. Asimismo, en E se puede señalar el eje del balancín B que abre la válvula de escape VE. Otra novedad es que tanto las válvulas como sus muelles M y platillos así como el balancín de cada una de ellas se encuentran en el exterior, careciendo de ningún tipo de protección como pudiera ser una carcasa o similar. Las ventajas son la gran refrigeración que proporciona, más importante si se tiene en cuenta que son unas de las zonas habitualmente más calientes del motor, y el cómodo



2.5. Motor BSA.

acceso a los tornillos de regulación N del reglaje de taqués. Los inconvenientes son asimismo evidentes: lubricación deficiente o cuando menos muy crítica de todo el conjunto, y el desgaste acusado que ha de sufrir por la continua exposición a sustancias indeseables como el polvo, que frecuentemente es de naturaleza abrasiva.

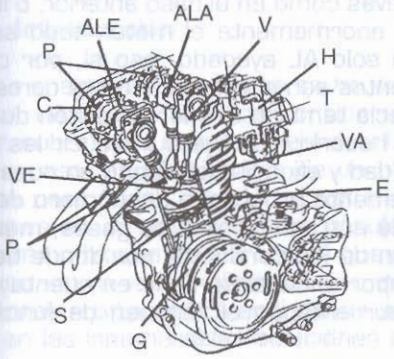
Este motor de 250 c.c. fue en su momento uno de los más rápidos en las carreras en motos de varias marcas, sobre las que destacaron las Excelsior inglesas.

• *Motor BSA C 15 (Inglaterra, 1958)*

En la figura 2.5 se observa un ejemplo inglés de doscientos cincuenta centímetros cúbicos, que muestra cómo una vez más la técnica trata de perfeccionar el funcionamiento del motor de cuatro tiempos. Siguiendo idéntica nomenclatura a la empleada en la figura anterior en los elementos que ambos tienen en común, se destacan ahora los que son novedosos: empezando por la carcasa A llamada "tapa de balancines", que se ocupa de cubrir los elementos de accionamiento de las válvulas VA y VE y las válvulas en si, y que forma por tanto una cubierta para todo el conjunto, protegiéndolo de elementos externos y guardando en

su interior la niebla de aceite que permite mantenerlos en perfecto estado de funcionamiento. Además, y aunque el anterior motor también contaba con ellas, hay que señalar las varillas E que se apoyan en los empujadores C, los cuales a su vez lo hacen en las levas LA y LE. En su parte superior accionan los balancines B y éstos, por medio de los tornillos de reglaje N, a las colas de las válvulas. El árbol de levas es movido a través de un par de piñones F directamente por el cigüeñal G. Es de destacar también la palanca de selección del cambio S y la tapa D del ruptor del encendido —también llamados "platinos"— que recibe el movimiento del mismo a través del piñón U y del árbol, elemento que también impulsa en su parte inferior a la bomba de engrase de engranajes situada al final de éste, en el fondo del cárter R.

• *Motor Yamaha XT 350 (Japón, 1987)*

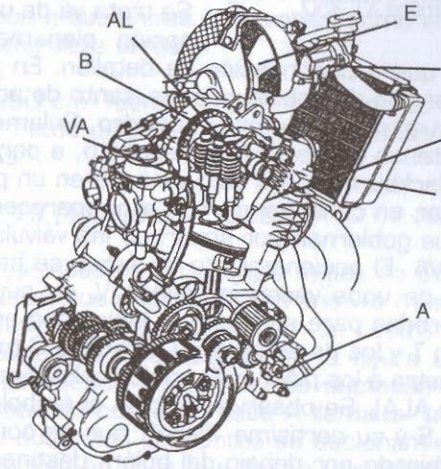


2.6. Motor Yamaha XT 350.

Dentro de los motores refrigerados por aire, y siendo quizá uno de sus últimos representantes, se muestra en la figura 2.6 un motor en su día puntero: el de la Yamaha XT 350, motocicleta destinada a un uso mixto enduro-trail. Actualmente, este tipo de refrigeración se mantiene solamente en modelos económicos o en aquellos otros en los que la ligereza o la resistencia a malos tratos en uso de competición sea determinante. Se trata ya de un motor de concepción plenamente actual por las características que a continuación se detallan. En primer lugar, es de destacar la presencia de dobles válvulas, tanto de admisión como de escape, es decir, cuatro valvulas en un cilindro. Solamente esto obligaría a realizar un extenso comentario al respecto, a partir de lo introducido en el motor Blackburne, pero esto se hará en un posterior apartado. En segundo lugar, en consonancia con ello, aparecen dos árboles de levas ALE y ALA que gobiernan por separado las válvulas de escape VE y las de admisión VA. El accionamiento de éstas se hace sin ayuda de balancín, a través de unos vasos invertidos V, en cuyo interior llevan unas pastillas calibradas para su reglaje. Dobles son asimismo los conductos de admisión T y los de escape P. La cadena C toma su fuerza en el cigüeñal G y arrastra a los piñones P, unidos solidariamente a los árboles de levas (ALE y ALA). Se observa también el émbolo E con sus tres aros o segmentos S y su cortísima "falda", que es como se llama a la parte del mismo ubicada por debajo del bulón, destinada —entre otras cosas— a facilitar el guiado del mismo.

• *Motor Yamaha XTZ 660 (Japón, 1991)*

Como ejemplo de la máxima perfección alcanzada en motores monocilíndricos de cuatro tiempos hasta el momento, se observa en la figura 2.7 una evolución del motor anterior en que se ha tratado de optimizar el rendimiento. En este caso, se ha adoptado ya la refrigeración líquida por circuito cerrado, por ser la que ofrece las mejores condiciones de estabilidad de la temperatura durante el funcionamiento en todo tipo de circunstancias. Esto obliga a añadir una serie de elementos tales como el radiador R, el electroventilador E, el termostato T o la bomba A. La misión de cada uno de ellos se explicará en el capítulo correspondiente. No obstante, lo realmente nuevo consiste en la colocación de un total de cinco válvulas en un solo cilindro; tres son las de admisión VA y las dos restantes las de escape VE. Algo aparentemente tan complicado ha sido resuelto por la marca japonesa de manera singularmente sencilla: en lugar de utilizar dos árboles de levas como en el caso anterior, o incluso tres, que hubieran complicado enormemente el motor, todo se ha solucionado con el empleo de uno solo AL ayudado, eso sí, por cinco balancines B. El resto de los elementos son similares a los ya comentados en la anterior ocasión. Se aprecia también el enorme pistón dotado de una escasa falda, con objeto de hacerlo más ligero y reducir las inercias. No se puede negar la originalidad y eficacia del diseño en cuestión. En general, la justificación del incremento progresivo del número de válvulas es que es necesario facilitar la entrada y salida de gases, mediante el aumento efectivo de la sección de los conductos por donde tienen que pasar. Esto resulta de gran importancia si se tiene en cuenta que, una vez fijada la cilindrada, sólo aumentando el régimen de funcionamiento del motor se podrá obtener mayor potencia. Es a un alto número de revoluciones cuando la mezcla requiere de secciones de paso grandes para no frenarse ni perjudicar el llenado del cilindro. El régimen máximo de funcionamiento de este último motor es de 7.500 r.p.m., con cilindros de alta cilindrada, mientras que, hasta la segunda guerra mundial, era extraño pasar de las 6.000 r.p.m. en motores comerciales, y su potencia prácticamente triplica la del mismo. Si a esto se añade la indudable mejora en fiabilidad y la reducción del mantenimiento requerido, se puede concluir que los motores de hoy en día hubieran colmado las aspiraciones de los técnicos y aficionados de hace tan sólo unos años. El balance de este recorrido por la historia del cuatro tiempos no puede ser, por tanto, más satisfactorio.



2.7. Motor Yamaha XT 660.

2. MOTORES DE VARIOS CILINDROS

2.1. Introducción

En los apartados anteriores se ha seguido la evolución paso a paso del motor de cuatro tiempos considerado formal o académicamente, es decir, sobre las sucesivas mejoras introducidas en los monocilíndricos o, en su caso, en los cilindros de un motor de más de uno. Esto es suficiente para poder abordar el estudio de la progresión seguida por los motores en su acepción más popular, es decir, entendiendo por tal el conjunto o bloque de elementos que propulsan una motocicleta, aunque agrupe, no ya varios cilindros, sino incluso a la transmisión y otros componentes auxiliares. Es aquí donde se encuentra mayor riqueza y variedad en las innumerables soluciones adoptadas.

Ya sea por motivos de economía en los periodos de recesión, o por el puro placer de diseñar máquinas cada vez más exuberantes en otros de euforia, el resultado ha sido que, de las mesas de las oficinas técnicas de las múltiples fábricas, no han dejado de salir diseños nuevos año tras año. En este apartado se estudiarán los pluricilíndricos más usuales de la producción mundial relativamente reciente, agrupándolos en primer lugar por el número de cilindros, en segundo por su disposición relativa y, en caso necesario, por la posición del motor en el chasis.

2.2. Objetivo de los pluricilíndricos

Dejando a un lado consideraciones sobre la suavidad y regularidad de marcha o arranque, y otras similares que se comentarán después, se puede afirmar que, salvo excepciones, siempre que se ha aumentado el número de cilindros ha sido en busca de mayor potencia. Esto es así, porque en cualquier motor sólo existen dos maneras de incrementarla con facilidad, que son aumentar la cilindrada, o elevar el régi-

men de funcionamiento. Si se tiende a elevar la cilindrada, el aumento del tamaño del pistón multiplica las fuerzas de inercia al hacerlo la masa del mismo proporcionalmente. Es fácil de entender que un pistón mayor es más pesado, y esto obliga al resto de los elementos a reforzarse, simplemente para conseguir pararlo en los puntos muertos. Si se eleva el régimen, las fuerzas se incrementan de forma todavía mayor que aumentando el peso, ya que crecen con el cuadrado de la velocidad.

Es evidente, el mejor camino es dividir el trabajo entre varios cilindros. Éstos, al ser más pequeños, disponen de una masa menor que permite aumentar el régimen, de modo que eleva el número de explosiones en un mismo tiempo. Esto compensa la menor cilindrada, y mantiene las solicitaciones sobre biela y demás elementos a un mismo nivel, de modo que la fiabilidad del motor queda inalterada. Por tanto, a igualdad de cilindrada, se aumenta la potencia del motor sin perjuicio para la fiabilidad mecánica. Incluso, en muchos casos, el rendimiento es mayor, ya que la cilindrada unitaria (la de cada cilindro individualmente) obtenida resulta más equilibrada.

2.3. Ventajas e inconvenientes

Empezando por los inconvenientes, el fundamental es sin lugar a duda la elevación de los costes de fabricación, principalmente por la multiplicación del número de elementos y por la mayor complicación del diseño. Asimismo, y de cara a la conducción, el aumento de peso del motor puede hacer que una moto de más cilindros sea más difícil de pilotar. Por lo demás, pueden presentarse problemas para ubicarlo en el chasis, e incluso dificultades notables en la accesibilidad a la hora de realizar las operaciones de mantenimiento, llegando a convertirse en un auténtico engorro. Por supuesto, éstas últimas se encarecen bastante frente al motor de un cilindro. En cuanto a las ventajas, son numerosas. En primer lugar, hay que destacar la mayor potencia para igual cilindrada; además, mayor finura o regularidad de funcionamiento, junto a una mejora en la facilidad de arranque, e incluso de mantenimiento de regímenes de ralentí. También, la disminución notable del nivel de vibraciones, sobre todo en motores de muchos cilindros. Hoy día se puede afirmar, que salvo los grandes monocilíndricos, con un segmento de mercado bien definido en las modalidades campestres o de Trail, donde la ligereza, el costo y el tamaño son fundamentales, la cilindrada unitaria de los motores no suele sobrepasar los 250 c.c., sobre todo en modelos de carretera con las más mínimas pretensiones deportivas. Siempre hay excepciones y marcas que, por distintos motivos, se especializan en motores concretos, por ejemplo Ducati, que con sus bicilíndricos ha conseguido batir en muchas ocasiones a los motores de cuatro cilindros, pero, en general, es una aproximación bastante exacta.

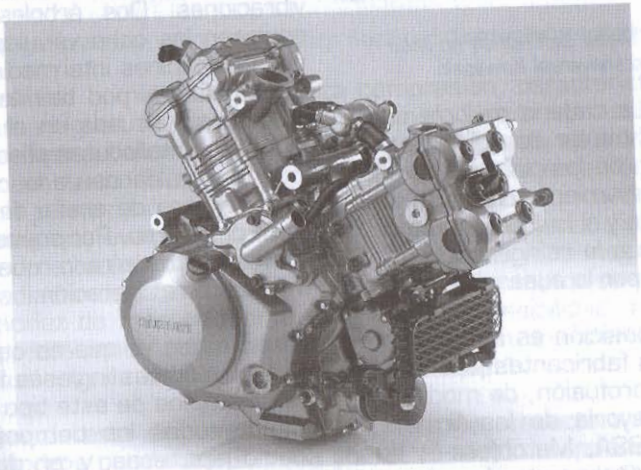
Tampoco se cumplirá esto en ciertas motocicletas cuyo diseño pueda depender, no ya de factores técnicos, sino de otros de naturaleza estética, por ejemplo Customs, motos urbanas, etc...

2.4. Motores bicilíndricos

Son los más utilizados en motos de hasta media cilindrada, si bien en los últimos tiempos, se ha extendido su uso a las grandes cilindradas. Ello está motivado, en gran medida, por el éxito obtenido en competición por los fabricantes que tradicionalmente han empleado esta disposición, así como la reglamentación de los campeonatos de "Superbikes", en los que hasta hace poco gozaban de ventaja en cuanto a cilindrada sobre los modelos de cuatro cilindros.

Pueden disponer los cilindros en línea, en cuyo caso el cigüeñal va colocado transversalmente respecto al sentido de marcha del vehículo. Cuando se emplea la configuración bóxer (cilindros horizontales opuestos), el cigüeñal se coloca longitudinalmente respecto al sentido de marcha. Cuando los cilindros se disponen en "V", el cigüeñal se puede colocar tanto transversal como longitudinalmente.

La disposición más empleada, que no la única, consiste en disponer los cilindros en "V", con un ángulo que oscila entre los 45° y los 90°, con el cigüeñal dispuesto transversalmente, para así favorecer la estrechez de la moto. Muchos de ellos alcanzan cifras de potencia que superan los 130 CV, disponiendo de refrigeración líquida, distribución multiválvulas e inyección electrónica conjuntada con el encendido, por lo que son motores a la última, tecnológicamente hablando.

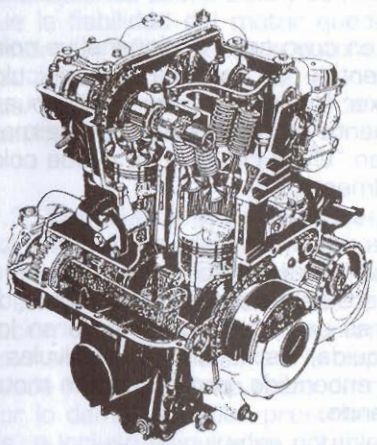


2.7 Bis. Moderno motor bicilíndrico en "V" de 1000 c.c. SUZUKI

En muchos de los casos, propulsan modelos de neto corte deportivo, si bien también se emplean en modelos más turísticos, disponiendo de la misma base mecánica, pero con la termodinámica adaptada a las nuevas condiciones de uso, disminuyéndose la cifra de potencia máxima, en beneficio de un funcionamiento más suave a bajo y medio régimen, con mayores cifras de par. Es también, la disposición más empleada en modelos "Custom".

• *Motor Kawasaki GPZ 500*

La Fig. 2.8 muestra un moderno motor bicilíndrico con el cigüeñal situado transversalmente, caracterizado porque los ejes de ambos cilindros son paralelos y el plano que los contiene está colocado en dirección transversal a la marcha.



2.8. Motor bicilíndrico en línea transversal Kawasaki

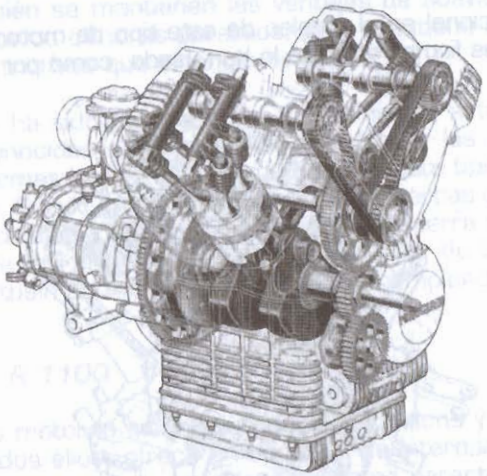
Las ventajas de este tipo de disposición son varias. En primer lugar, la compacidad del conjunto y su relativo bajo costo, ya que, al estar contenido el motor en un solo bloque, hay menos piezas que construir. Otras ventajas son su buena refrigeración y la pequeña longitud del motor.

Como detalles que confirman su reciente diseño están las cuatro válvulas por cilindro, o la inclusión de un eje de equilibrado que vemos delante del cigüeñal y que gira a velocidad doble que éste, con objeto de eliminar vibraciones. Dos árboles de levas accionan las ocho válvulas mediante unos balancines intermedios dotados de regulación por tornillo y contratuerca. La cadena múltiple que los mueve está situada en el centro del motor, entre los dos cilindros. Obsérvense las entalladuras practicadas en la cabeza de los pistones para evitar que éstos alcancen a las válvulas en su desplazamiento. También se distinguen el filtro de aceite de tipo automovilístico y el manocontacto de la presión del mismo. Por supuesto, se ha recurrido a la refrigeración por líquido en circuito cerrado, que se puede apreciar por la ausencia de aleteado masivo de refrigeración.

Esta disposición es actualmente muy empleada, ya que es característica de los fabricantes japoneses. También las firmas inglesas lo emplearon con profusión, de modo que existen ejemplos de este tipo de motor en la mayoría de las firmas inglesas de todos los tiempos —como Norton, BSA, Matchless—, en las cuatro japonesas, y, en general, en prácticamente todas las marcas de renombre.

• *Motor Guzzi 850*

Este es el motor más antiguo de los aquí estudiados. Como puede apreciarse en la figura 2.9, se trata de una visión frontal de un bicilíndrico en V. Se denomina así porque los ejes de sus dos cilindros se cortan formando esta letra imaginaria, cuyo ángulo interior es en este caso de noventa grados. Va colocado de manera que la dirección de su cigüeñal coincide con la de la marcha, denominándose "cigüeñal longitudinal", o "motor en V transversal a la marcha". El desplazamiento de cada pistón es elevado: más de cuatrocientos centímetros cúbicos. El mismo motor se ha llegado a fabricar en versiones de un litro de cilindrada total. En el centro, se observa el cigüeñal.



2.9. Motor bicilíndrico en "V" a 90º Moto Guzzi con disposición longitudinal.

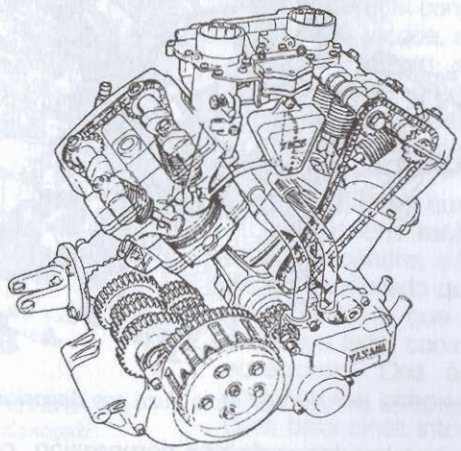
Los pistones son bombeados o de alta compresión, característicos de los motores antiguos de elevadas prestaciones. Las bielas están partidas para facilitar su desmontaje. En su parte trasera se sitúa el embrague bidisco en seco de origen automovilístico y, tras éste, la caja de cambios y la transmisión por cardan. La refrigeración se confía al aire de la marcha, que evacua el calor de las numerosas aletas distribuidas por los cilindros, culatas y cárter inferior. En algunas versiones también había un radiador destinado a enfriar el aceite. Este motor se distingue por su sencillez de mantenimiento y agradable accesibilidad, así como por unas prestaciones nada desdeñables, junto con una cierta rudeza que un entusiasta de las clásicas llamaría "carácter".

Las ventajas de esta disposición en V son varias respecto a los tradicionales cilindros paralelos. Por una parte, el motor mantiene un giro más equilibrado, de modo que las vibraciones son menores. De hecho,

este motor no dispone del eje de equilibrado del Kawasaki anterior. La refrigeración de los cilindros es muy buena, ya que al tener los cilindros orientados hacia el exterior, el aire incide en ellos con fuerza. Además, el motor es muy estrecho en su parte inferior, lo que permite situarlo muy bajo, sin peligro de que roce en el suelo en inclinaciones pronunciadas.

En su contra, tiene un costo más alto, ya que hay que fabricar dos cilindros independientes con sus correspondientes órganos de distribución. También es un motor largo, ya que la disposición del cigüeñal obliga a tener todos los ejes del motor en la misma orientación y, al estar situados detrás, aumentan la distancia.

La marca tradicional en el empleo de este tipo de motores ha sido Moto Guzzi, pero otras firmas también lo han usado, como por ejemplo Honda.



2.10. Motor bicilíndrico en "V" transversal Yamaha.

• Motor Yamaha XZ 550

De nuevo aparece un motor en V, aunque el ángulo entre los cilindros es menor que el del motor anterior (52º). La figura 2.10 muestra un bicilíndrico de reciente diseño refrigerado por agua y colocado transversalmente en el chasis. Lo cierto es que en este caso hacerlo por aire sería poco aconsejable, pues el cilindro trasero lo recibiría caliente, al llegar así tras enfriar el delantero. Como detalles que denotan su modernidad, están las dos válvulas de admisión y escape por cilindro, que son accionadas por cuatro árboles de levas independientes. El accionamiento de éstos se realiza por medio de dos cadenas. Se observa, en la que está situada en el cilindro delantero, el uso de un tensor de patín para conseguir su adecuada tensión en todo momento. El fallo de este elemento puede originar una importante pérdida de potencia e incluso la destrucción del motor. En la parte inferior izquierda se aprecia la pareja de piñones cónicos que transmiten el movimiento del eje secundario del cambio al de salida al cardan, que forman noventa grados. Éstos no serían necesarios en caso de utilizar una transmisión secundaria por cadena. A la derecha se encuentra la bomba para la circulación forzada del refrigerante y el filtro de aceite.

La principal ventaja constructiva de este motor que se denomina "en V transversal a la marcha" es evidentemente su mínima anchura. Al estar situados los cilindros uno tras otro, prácticamente no sobresalen nada del motor. También se mantienen las ventajas de suavidad de marcha respecto al motor de cilindros paralelos, pero mantiene su mayor coste por los mismos motivos que el longitudinal.

Esta disposición ha sido adoptada por varias firmas actuales. Sin duda las dos más conocidas son las Harley Davidson y las Ducati, aunque muchas otras firmas han empleado motores de este tipo, como Morini, Honda, Yamaha, Suzuki, Kawasaki y numerosas marcas desde los inicios de la motocicleta hasta después de la segunda guerra mundial, siendo sin duda una de las disposiciones más habituales de la historia de la motocicleta. Actualmente es la disposición más empleada en motos tipo Custom.

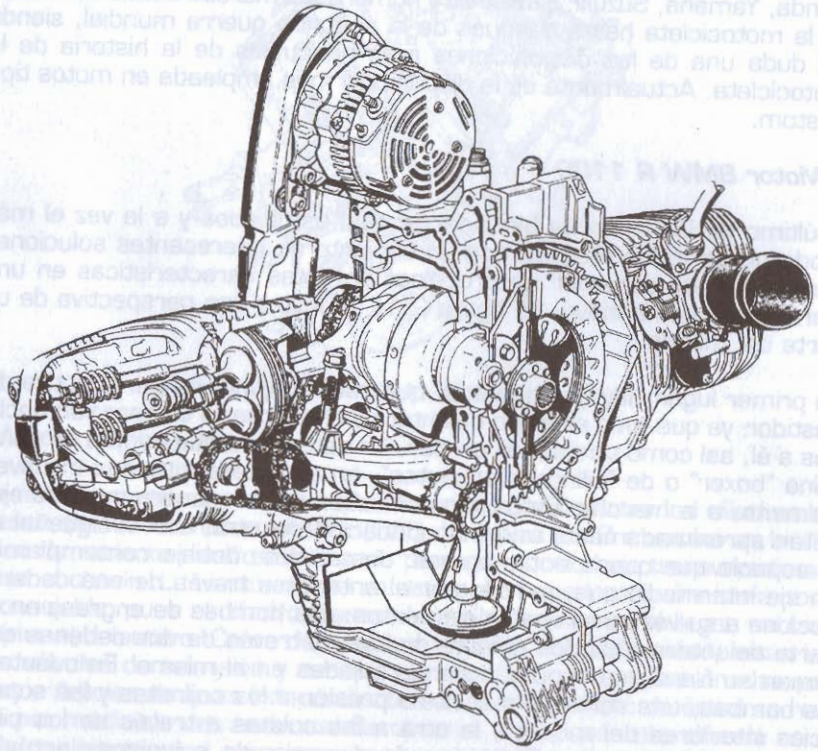
• Motor BMW R 1100

El último de los motores bicilíndricos aquí estudiados y a la vez el más moderno de todos ellos, ofrece un conjunto de interesantes soluciones para tratar de convertir un propulsor de estas características en uno plenamente competitivo. La figura 2.11 muestra una perspectiva de un corte del mismo.

En primer lugar, hay que destacar que este conjunto es parte activa del bastidor, ya que todo el grupo delantero y el subchasis trasero van anclados a él, así como también el cardan. La estructura que adopta se denomina "boxer" o de "cilindros opuestos", en este caso situados transversalmente a la marcha. Éstos van colocados de tal manera que sus ejes están aproximadamente uno a continuación del otro, con el cigüeñal en el espacio que queda entre ambos. Justamente debajo contemplamos un eje intermedio que, movido por el anterior a través de una cadena, acciona a su vez otros cuatro elementos: dos bombas de engrase en su parte delantera y los dos árboles de levas a través de dos cadenas que toman su fuerza en sendas coronas talladas en el mismo. En cuanto a las bombas, una suministra aceite a presión a los cojinetes y las superficies interiores del motor, y la otra a las culatas a través de los cilindros. Con este motor, BMW quería disponer de soluciones actuales

tales como las cuatro válvulas por cilindro, pero sin renunciar a la compacidad de modelos anteriores. Esto se consiguió desechando la idea de situar los árboles sobre las válvulas, pues daría un ancho total excesivo que perjudicaría el ángulo de inclinación en curva; la solución fue hacerlo en la culata pero a media altura, acabando de cerrar el camino con dos varillas y dos balancines desdoblados. Este motor incorpora un sistema de alimentación por inyección electrónica multipunto Bosch Motronic. Su microprocesador recoge información a través de diversos sensores de la apertura del acelerador, la velocidad de giro, la masa del aire aspirado y la temperatura del aceite, y da como respuesta al inyector una señal eléctrica que determina la cantidad de gasolina a suministrar al controlar el tiempo que éste permanece abierto. Además, va provisto de un catalizador de los gases de escape con objeto de reducir las emisiones contaminantes. En la parte más alta del cárter incorpora un potente alternador, movido por una correa trapezoidal que une su polea con otra situada en el extremo delantero del cigüeñal.

Las ventajas de esta disposición son sobre todo la excelente refrigeración de los cilindros y la situación del peso del motor en una zona muy



2.11. Motor bóxer bicilíndrico BMW

baja. Los inconvenientes vuelven a ser los costes, y ahora, además, la anchura del conjunto, que obliga a una situación algo elevada del motor para evitar roces de las culatas en las curvas. Esta disposición ha sido la clásica de BMW a lo largo de 70 años, pero también ha sido empleada por otras marcas a lo largo de la historia. Algunos ejemplos pueden ser modelos de Zundapp o de Velocette.

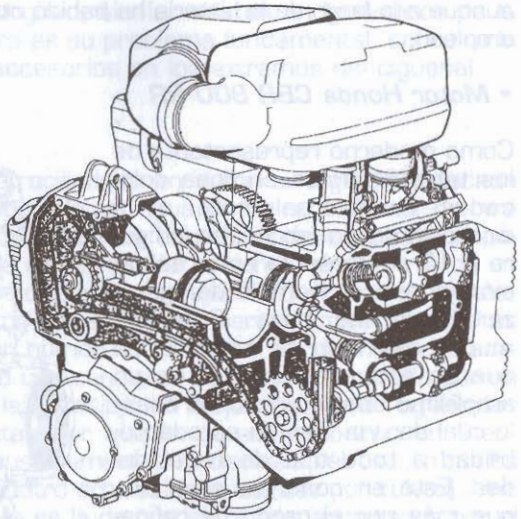
Ha habido algunas otras disposiciones de motores de dos cilindros, pero mucho más marginales que las anteriores: cilindros opuestos longitudinales a la marcha, cilindros paralelos colocados paralelos al suelo y cilindros paralelos longitudinales a la marcha, pero ambos en modelos concretos y sin ninguna continuidad.

2.5. Motores tricilíndricos

Quizá constituyen la clase más escasa de la producción total, proponiendo una solución intermedia entre los más rudos de dos y los más caros y voluminosos de cuatro cilindros. Como ejemplo se utilizará uno de los motores de este tipo más extendido, correspondiente a la ya desaparecida BMW K 75.

• *Motor BMW K 75*

En la figura 2.12 se representa un motor en línea con los cilindros dispuestos horizontalmente y el cigüeñal en la dirección de la marcha, para evitar tener que utilizar un par de piñones cónicos para accionar el cardan. Concebido por la marca alemana como un propulsor modular, derivado de un hermano mayor de cuatro cilindros y un litro de cilindrada, está diseñado de manera que el mantenimiento y las reparaciones sean fáciles de realizar. Dotado como el anterior de inyección electrónica, su sistema de accionamiento de las válvulas es relativamente sencillo si lo comparamos con el anterior: una cadena mueve los dos árboles de levas que gobiernan por separado las válvulas de escape y admisión. La regulación del juego de taqués se



2.12. Motor tricilíndrico en línea horizontal BMW

realiza a través de pastillas calibradas interpuestas entre los vasos invertidos y las colas de las mismas. En conjunto, ofrece un resultado muy satisfactorio, junto a un mantenimiento bastante reducido.

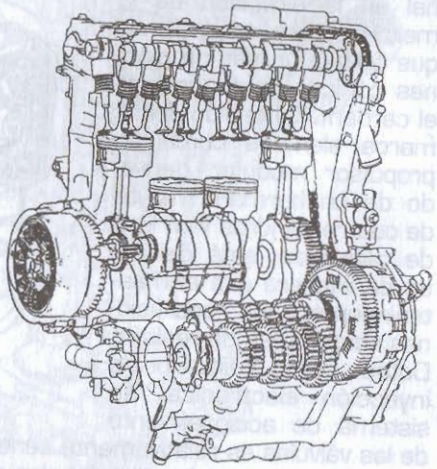
Las principales ventajas de los motores de tres cilindros vienen dadas por la posibilidad de realizar propulsores suaves, menos pesados que los de cuatro cilindros, pero con buenas prestaciones. No son muy habituales, aunque firmas como BSA, Triumph y Laverda han realizado bastantes motos con esta disposición. En la actualidad, como moto de serie sólo se emplea en ciertos modelos de la renacida fábrica inglesa Triumph, existiendo no obstante alguna marca de presencia marginal como Benelli y algún motor de competición como los empleados por Aprilia en Moto GP.

2.6. Motores tetracilíndricos

Son los reyes de la categoría media-alta. En un abanico que llegó a comenzar en los doscientos cincuenta centímetros cúbicos, hoy su campo de aplicación se extiende desde los cuatrocientos hasta las cilindradas más elevadas, que superan el litro de cilindrada. Dentro de ellos, los transversales parecen perfilarse como los más habituales por la multiplicidad de sus aplicaciones. Se estudiarán tres ejemplos de disposiciones relativas, aunque a lo largo de la historia ha habido otras que en la actualidad no se emplean.

• *Motor Honda CBR 900 RR*

Como moderno representante de los tetracilíndricos en línea colocados transversalmente a la dirección de la marcha, en la figura 2.13 se presenta esta realización japonesa, ejemplo de ligereza donde los haya. Son con mucho este tipo de motores los que se están imponiendo en un amplísimo abanico de cilindradas, lo cual da una idea de su adaptabilidad a todo tipo de necesidades. Este en concreto se distingue más por el grado de refinamiento y compacidad alcanzados que por incorporar soluciones que, aunque no son revolucionarias, sí son muy ingeniosas. No obstante, vamos a comentar su



2.13. Motor Honda 900.

estructura general que no por común es menos interesante: cuatro cilindros alineados, refrigerados por agua y coronados por un total de dieciséis válvulas que son accionadas por dos árboles de levas sin mediación de balancines. La forma del cigüeñal proporciona una explosión cada media vuelta, es decir, cuatro regularmente repartidas en las dos que completan un ciclo. La cadena de distribución se sitúa en un costado del motor, al igual que lo hace en el opuesto el alternador. Esto último es un lujo que no podían permitirse muchos motores de hace relativamente poco, con objeto de no ensancharlos excesivamente; la alimentación se encomienda a cuatro carburadores a depresión, cuyo reglaje periódico requiere el uso de vacuómetros calibrados. De la lubricación se encarga una sola bomba. El circuito de refrigeración es similar a los ya comentados, con válvula by-pass termostática y bomba centrífuga para forzar la circulación del líquido. En cuanto a la organización del cambio, no merece ninguna observación especial.

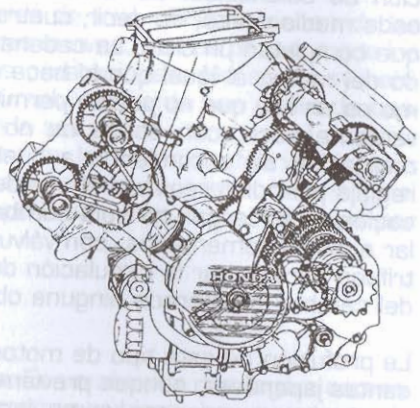
La profusión de este tipo de motores, debida principalmente a los fabricantes japoneses, aunque previamente utilizada en motocicletas de altas prestaciones europeas como las famosas MV Agusta y multitud de máquinas de competición, sobre todo italianas, se ha debido a su relativa economía de fabricación debida a los pocos elementos necesarios para realizar el propulsor y a la gran compacidad y sencillez del diseño (comparada con un motor en "V"). Otras ventajas claras son su fácil refrigeración y su pequeña longitud, similar a la de un bicilíndrico de la misma disposición. La anchura es su problema fundamental, sobre todo si se incorporan elementos accesorios en los extremos del cigüeñal.

• *Motor Honda VFR 750 R*

La figura 2.14 muestra un tetracilíndrico en V con su cigüeñal colocado transversal a la marcha y refrigerado por agua, como no podía ser de otra manera por las razones que comentamos en el bicilíndrico de igual disposición. Su principal virtud es la estrechez del conjunto, similar a la de un bicilíndrico, que repercute no sólo en la manejabilidad de la motocicleta, sino también en un mejor factor de penetración aerodinámica, que a altas velocidades equivale a un buen número de caballos. También es destacable el bajo centro de gravedad que consigue, solamente superado por un boxer. Como inconvenientes, la accesibilidad mejorable y una regularidad de funcionamiento ligeramente peor que la de su homónimo en línea. Como vemos, aparecen inexcusablemente las dieciséis válvulas, movidas en este caso por un total de cuatro árboles de levas (dos por culata). Una novedad digna de ser reseñada es la de que éstos son accionados por el cigüeñal a través de una cascada de piñones, lo que reduce a cero el mantenimiento que en otro caso deberíamos prestar a la cadena correspondiente; precisamente esta marca se ha decantado en numerosas ocasiones como la que nos ocupa por el empleo de soluciones técnicamente perfectas pese a su elevado coste. El bloque formado por los cuatro carbu-

radores se aloja en el centro de la V, bajo una gran caja que contiene el filtro del aire. En modelos recientes, la alimentación ha pasado a ser por inyección.

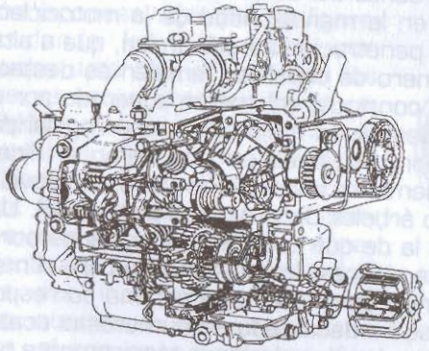
Este tipo de motores es bastante caro de fabricar, y por ello su producción no alcanza los niveles de los motores en línea, los reyes de la categoría de cuatro cilindros. La multiplicación de los sistemas y la dificultad para realizar algunos de sus componentes son la razón principal. Además de Honda, otros fabricantes han utilizado este tipo de motores en motos de altas prestaciones y prestigio, así como en motos de gran peso y capacidad de carga, como Yamaha, Suzuki, Kawasaki, etc.



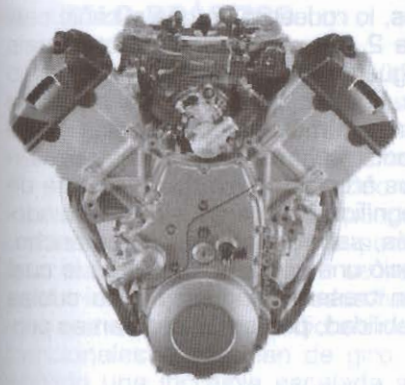
2.14. Motor Honda 750 VFR.

• ***Motor Honda GL 1200***

Como último ejemplo de tetracilíndrico se observa en la figura 2.15 un motor boxer dotado de dos bloques de dos cilindros enfrentados cada uno y entre los que se sitúa un breve cigüeñal. Este propulsor de inspiración automovilística (Volkswagen, Porsche) tuvo que incorporarse a una motocicleta de clara vocación turística, y que fue la precursora de lo que actualmente hemos dado en llamar "Supertourers": la Honda Goldwing de finales de los setenta. Desde entonces, se ha mantenido tal cual, salvo ligeras modificaciones. En motos tan equipadas (y por tanto tan pesadas) como la que monta este motor, es importante mantener al menos lo más bajo posible el centro de gravedad, y esto lo consigue a la perfección todo boxer. Dos válvulas por cilindro parecen suficientes para un motor de más de un litro de cilindrada, y además le dan un carácter muy civilizado. Dos árboles de levas y cuatro ejes para los balancines, dotados estos últimos de reglaje por tornillo y contratuerca, completan las culatas, y dos correas dentadas de neopreno sirven para comunicar el movimiento desde el cigüeñal hasta ellas. Por debajo de todo este conjunto se sitúa la caja de



2.15. Motor Honda 1200.



2.15 bis. Motor Honda 1300 Pan European.

cambios con salida directa al eje del cardan. Por encima se encuentran únicamente el conjunto de cuatro carburadores y la caja del filtro del aire, pues el depósito de gasolina ocupa el espacio bajo el asiento del piloto.

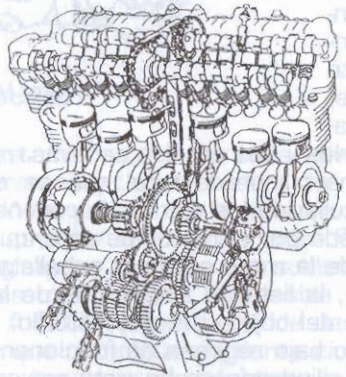
Este tipo tan especial de propulsor ha tenido sin embargo otras aplicaciones en momentos de gran expansión motociclista, aunque no es muy empleado debido a su gran costo y a que, salvo la posibilidad de lograr un motor muy bajo, no presenta grandes ventajas. Una disposición algo similar, el cuatro cilindros en V transversal a la marcha, ha sido más empleada debido a su menor anchura, con ejemplos claros en las antiguas Brough Superior y más actualmente en Honda, en su modelo Paneuropean.

2.7. Motores de seis cilindros

Es éste un apartado casi marginal, en el que se comentarán dos ejemplos solamente.

• ***Motor Honda CBX 1000***

Fue en su día una auténtica revolución, pues su impresionante aspecto, junto al hecho de haber sido el primer motor de serie en declarar una



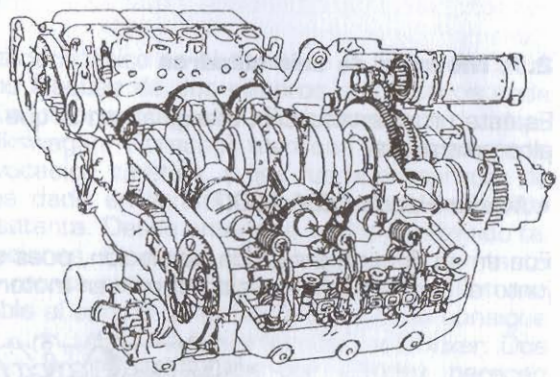
2.16. Motor Honda 1000 CBX.

potencia superior al centenar de caballos, lo rodearon de una aureola casi mágica. Y no es para menos. La figura 2.16 muestra este motor: seis pistones, veinticuatro válvulas y un cigüeñal extraordinariamente largo para conseguir sujetar los seis pistones. En comparación con el motor, la caja de cambios es estrecha y la anchura del motor es tan elevada como la de un boxer, a pesar de que el alternador y el motor de arranque están situados tras el bloque de cilindros, y dos árboles de levas con cadena de accionamiento central. Se incluye la magnífica batería de seis carburadores a depresión. No se puede pedir más, salvo un motor menos ancho. La motocicleta que lo incorporaba conoció una corta vida durante la cual utilizó dos tipos distintos de suspensión trasera, ninguno de los cuales llegó a solucionar sus problemas de estabilidad, por lo que cesó en su producción.

Además de este motor ha habido otros dos ejemplos ilustres: la Benelli Sei y la Kawasaki Z 1300.

• ***Motor Honda GL 1500***

La Fig. 2.17 muestra este motor, una evolución clara del visto en la 2.15. En la carrera hacia la cima, a veces se diseñan ingenios como éste, que alguien podría catalogar de "poco razonables"; lo cierto es que para animar a una motocicleta de más de trescientos kilos en vacío todo parece poco. Dos bancadas de tres cilindros, cada una frente a frente, doce válvulas, doce balancines, cuatro ejes para soportarlos y dos árboles de levas movidos por dos correas dentadas para una cilindrada total que se eleva hasta el litro y medio. Y algunas peculiaridades dignas de reseñar: un mecanismo de marcha atrás accionado por el motor de arranque, e incluso otro que permite la elevación de la moto sobre el caballete central sin esfuerzo alguno. Por supuesto, la lista de accesorios de la moto es interminable, pero queda fuera del objeto de este estudio. Es un motor muy fiable, sobre todo por su bajo régimen de funcionamiento, ideal para largos recorridos, cuya cilindrada se ha visto recientemente aumentada hasta los 1800 c.c.



2.17. Motor Honda 1500.

3. CICLO PRÁCTICO

Por contraposición al teórico, el ciclo práctico está constituido por la sucesión de movimientos de sus distintos componentes tal y como se llevan a cabo en la realidad. La diferencia fundamental estriba en los tiempos que permanecen abiertas cada una de las válvulas del mismo. Se podría preguntar el sentido de haber explicado un ciclo que en la realidad no se cumple. Se puede decir que es el que se cumpliría en ciertas condiciones muy especiales, que básicamente consisten en que las velocidades a que se ve sometida la mezcla carburada y los posteriores gases quemados fuesen suficientemente bajas. El problema que surge es que dichas velocidades son aproximadamente proporcionales al régimen de giro, y si se tiene en cuenta que éste ha sufrido una increíble escalada a lo largo de los años, con objeto de aumentar la potencia de los motores, se comprueba que ha sido necesario alejarse de este ciclo teórico de una manera muy importante.

Esencialmente, hay que señalar que, cuando un gas se desplaza a una elevada velocidad, aparecen fenómenos tales como resistencias e inercias, que se reflejan en la lentitud en los cambios de dicha velocidad, pérdidas de presión y otros fenómenos de similar naturaleza que varían sustancialmente respecto de lo que el mismo gas haría si se desplazara de forma mucho más lenta. En definitiva, lo importante es favorecer en cada momento el llenado del cilindro con la mezcla carburada. Esto es así, porque en función de la cantidad de mezcla que se introduzca se obtendrá la correspondiente potencia mecánica, que es el objetivo fundamental. Lógicamente cuanto mayor sea la cantidad de gas aspirado, más masa reaccionará y mayor trabajo se conseguirá.

A continuación se hará referencia a los valores que determinan el ciclo práctico.

3.1. Ciclo real o práctico

A regímenes bajos bastaría con que, tanto la válvula de admisión como la de escape, estuvieran abiertas solamente durante las carreras respectivas, es decir, a lo largo de 180 grados de giro de cigüeñal cada una de ellas. Esto no es así si se funciona entre 6000 y 12000 revoluciones por minuto, regímenes entre los que suelen alcanzar los motores actuales sus potencias máximas. Es destacable la cifra inferior, claramente conservadora: A 6000 rpm el motor da cien vueltas en un segundo. Esto quiere decir que completa cincuenta ciclos completos en ese tiempo, lo que obliga a llenarlo y vaciarlo otras tantas veces (cincuenta admisiones y cincuenta escapes por segundo). La mitad de ese periodo

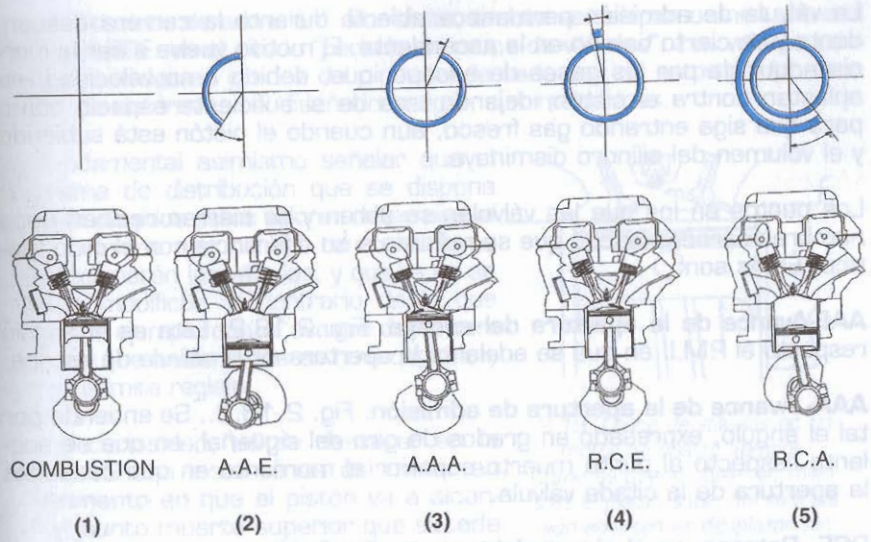
lo ocupan las carreras de compresión y explosión, durante las cuales las dos válvulas permanecen cerradas. Teniendo en cuenta todo esto se entiende cómo, por pequeña que sea la resistencia de los gases a llenar primero y desocupar después el cilindro, se hace realmente difícil conseguir que ambas operaciones se desarrollen satisfactoriamente. El tiempo requerido para cada una de las fases sería únicamente de 2 centésimas de segundo. La solución reside en ampliar con generosidad los tiempos que permanecen abiertas las válvulas, lo cual es posible gracias a la inercia que poseen los gases, debido a su propia masa, y que evitará que haya una inversión en el sentido de circulación, como podría pensarse en un principio. También hay que destacar que, por razones análogas, se adelanta el momento en que ha de saltar la chispa en el interior del cilindro.

En la figura 2.18 se observa cómo se desarrolla el ciclo real por etapas y marcando los distintos momentos de apertura y cierre de ambas válvulas. Es importante reseñar que, en esta ocasión, el motor gira en sentido contrario a las agujas del reloj, y que la válvula situada a la izquierda es la de escape y, por tanto, la de la derecha es la de admisión.

Tomando el ciclo, no en el punto en el que se abre la válvula de admisión, sino en el momento en el que se produce la combustión de la mezcla, ésta se produce por la aparición de una chispa en la bujía situada en la culata, pero la aparición de este detonador de la reacción no se produce en el P.M.S., sino un poco antes.

Con ello se evita, en gran parte, la pérdida de presión acaecida por el desplazamiento descendente del pistón, realizándose por tanto la combustión cuando éste se encuentra en las proximidades del P.M.S. y el volumen es más reducido. Se le conoce como A.E. (avance al encendido) y su valor debe aumentar al tiempo que lo hace la velocidad de giro del motor. Se compensa así la mayor velocidad del pistón, dado que una misma cantidad de mezcla tarda el mismo tiempo en quemarse. En motores modernos, también se adecúa el A.E. a la carga (apertura del acelerador), para compensar la mayor demora en la combustión, fruto de la superior cantidad de mezcla a quemar.

Cuando se produce la combustión, el émbolo baja con gran rapidez, y cuando aún no ha llegado al P.M.I., se abre la válvula de escape. La razón viene dada porque, al producirse la combustión, los gases aumentan muchísimo de volumen por dos motivos: uno es que los productos finales de la reacción química ocupan un mayor volumen que los originales; el segundo es que, al estar mucho más calientes, se dilatan. El aumento del volumen empuja al pistón, con gran fuerza inicialmente, disminuyendo progresivamente a medida que se acerca al P.M.I., debido sobre todo al aumento de volumen, tal y como se ha citado. Interesa aprovechar al máximo la onda expansiva de la combustión, pero también



2.18. Ciclo real en un motor de cuatro tiempos. El giro del motor se realiza en sentido antihorario. En la parte superior aparece el ángulo girado por el motor desde el punto en el que se produce la combustión de la mezcla, con los ángulos característicos.

es necesario sacar del cilindro el gas quemado, por ello se abre la válvula de escape antes de que el pistón llegue al P.M.I. De esta manera la alta presión en el interior del cilindro hace que el gas salga con rapidéz, siendo ya despreciable la presión sobre el pistón. El tiempo de escape continua durante el resto de la carrera descendente y toda la ascendente.

Antes de que se llegue al P.M.S., se abre la válvula de admisión, cuando todavía no se ha cerrado la de escape. Lo lógico sería pensar que la presión dentro del cilindro continúa siendo mayor que en el exterior, y que el sentido de la circulación de los gases a través de la válvula de admisión sea de salida en vez de entrada. Realmente esto no ocurre debido a la inercia de los gases. Al abrirse el escape, los gases salen con una gran fuerza debido a la presión interior, y adquieren rápidamente una gran velocidad, de modo que la inercia conseguida le impide pararse de golpe. Esto tiene lugar hasta el punto de que si se cerrara la válvula de escape cuando la velocidad del gas fuese nula, se comprobaría que la presión interior es menor que la existente en el exterior. Esta disminución de la presión es la que aprovechamos para comenzar a introducir gas fresco. Éste empuja a su vez al quemado que aún queda, permitiendo que la válvula de escape no se cierre cuando el pistón llega al P.M.S., sino que puede permanecer abierta mientras los gases frescos empujan a los quemados aún algún tiempo.

La válvula de admisión permanece abierta durante la carrera descendente y un cierto tiempo en la ascendente. El motivo vuelve a ser la inercia adquirida por los gases de escape, que, debido a su velocidad, se aplastan contra el pistón, dejando tras de sí suficiente espacio como para que siga entrando gas fresco, aun cuando el pistón está subiendo y el volumen del cilindro disminuye.

Los puntos en los que las válvulas se abren y se cierran reciben unos nombres característicos que se refieren a su diferencia con el ciclo teórico. Éstos son:

AAE-Avance de la apertura del escape. Fig. 2.18.2. Este es el ángulo respecto al P.M.I. en que se adelanta la apertura de la válvula de escape.

AAA- Avance de la apertura de admisión. Fig. 2.18.3.. Se entiende por tal el ángulo, expresado en grados de giro del cigüeñal, en que se adelanta respecto al punto muerto superior el momento en que comienza la apertura de la citada válvula.

RCE- Retraso en el cierre del escape. Fig 2.18.4. Es aquel tiempo o ángulo en que permanece abierta la válvula de escape, una vez sobrepasado el punto muerto superior ya en el tiempo de admisión.

RCA- Retraso en el cierre de la admisión. Fig. 2.18.5. Es el ángulo en que se mantiene aún abierta la válvula de admisión tras superar el punto muerto inferior.

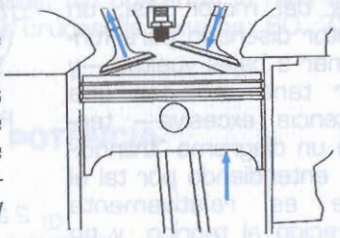
3.2. Consecuencias y cruce de válvulas

Como resultado de estas modificaciones que, en mayor o menor medida, realiza todo constructor al diseñar las características del diagrama de distribución de un motor, nos encontramos con dos consecuencias fundamentales: la primera, que tanto la válvula de admisión como la de escape permanecen abiertas durante más de media vuelta de cigüeñal, y la segunda que existe un tiempo en que ambas permanecen abiertas simultáneamente. Es precisamente este tiempo el que se conoce como "cruce de válvulas". Durante el mismo, el gas quemado acaba de salir del cilindro ayudado a su vez por el empuje de los gases frescos que empiezan a entrar simultáneamente en el mismo. Es de gran importancia para el proceso de renovación de la carga y su duración determina de manera fundamental el carácter final que ha de tener el motor que estamos diseñando.

En la Fig. 2.18, se observa que el proceso de escape dura desde el AAE hasta el RCE, denominándose este ángulo "periodo de escape". Asimismo la admisión transcurre entre el AAA y el RCA, llamándose entonces este

ángulo "periodo de admisión". Por tanto, ambos se solapan o unen entre el AAA y el RCE: es el citado "periodo de cruce de válvulas". Los valores concretos medidos en grados del cigüeñal de cada uno de estos parámetros los ha de determinar el diseñador, según sus intenciones.

Es fundamental asimismo señalar que el diagrama de distribución que se dispone una vez elegidos estos valores determina el perfil o forma que han de tener las levas que accionarán las válvulas, y que ya no se podrán modificar, al contrario de lo que pasa por ejemplo con el avance del encendido del que hablaremos en otro capítulo y que sí admite reglaje.



2.19. Cruce de válvulas en un motor de cuatro tiempos. Como se puede observar, mientras el pistón sube, las válvulas aún abiertas se desplazan sin llegar a tocarlo jamás.

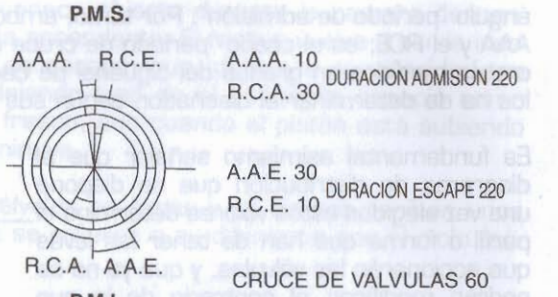
Como curiosidad, es de destacar en la Fig. 2.19 una instantánea del motor en el momento en que el pistón va a alcanzar el punto muerto superior que sucede durante el cruce de válvulas. Dada la compacidad de las actuales cámaras de combustión que viene impuesta por las altas relaciones de compresión que en general se utilizan, sería cuestionable porqué razón no choca el pistón contra las mismas en ese momento. La razón es que, tanto la apertura de una como el cierre de la otra no se producen de forma instantaneamente en los puntos característicos, sino que dura un cierto tiempo. Por ello, en el dibujo se observa que ambas sólo están ligeramente accionadas cuando el pistón llega arriba, ya que la de escape está casi cerrada y la de admisión empezando a abrirse, y por ello el contacto no llega a tener lugar.

3.3. Ejemplos de diagramas de distribución

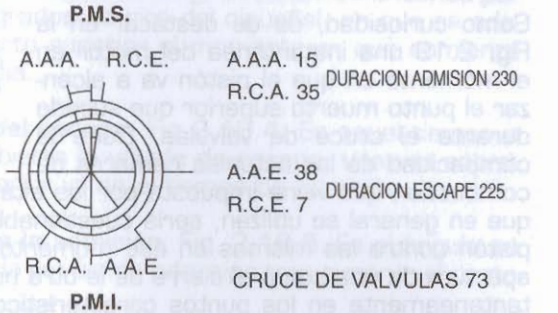
Para justificar su existencia, es preciso plantear antes un par de cuestiones: la primera es que, a mayor régimen de giro del motor, mayor es la potencia suministrada por el mismo, ya que crece el número de explosiones que tienen lugar; por tanto, una de las maneras de obtener mayor potencia es elevar el régimen de giro. La segunda, que dado que el tiempo que dura cada ciclo es inversamente proporcional a dicho régimen, en dos motores con los mismos valores de AAE, AAA, RCE Y RCA habrá menos tiempo real de admisión y escape a régimen máximo en aquel que gire más deprisa. En definitiva, si se quiere más potencia, hay que subir el régimen, pero así se perjudica el llenado. La solución es modificar el diagrama de distribución dando más grados de apertura a las válvulas, para compensar la pérdida en tiempo real.

Es de destacar que un diagrama de distribución dado es en general adecuado para una determinada banda de revoluciones del motor. Así, un motor diseñado para funcionar a bajas vueltas —y por tanto no dar una potencia excesiva— tendrá un diagrama "tranquilo", entendiendo por tal el que es relativamente parecido al teórico, y no obtendrá brillantes resultados a regímenes altos. Igualmente, en otro de competición, primará el funcionamiento a altas vueltas, penalizando inexcusablemente el rendimiento en bajas. Su diagrama se alejará mucho del teórico y tendrá duraciones de aperturas de válvulas, muy amplias. Es lo que se conoce por un motor "nervioso". Esto provocará que, en regímenes bajos, haya un tiempo excesivo en los periodos de admisión y escape, de modo que no sólo hay tiempo para llenar y vaciar el cilindro, sino que sobrará tiempo, y se escapará el gas, perjudicando el rendimiento.

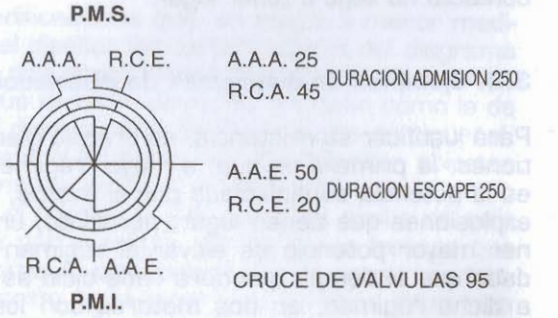
En las figuras 2.20, 2.21 y 2.22 se pueden analizar las diferencias entre un motor tranquilo, otro deportivo y un tercero muy deportivo respectivamente. Las potencias que proporcionan y los regímenes a que las alcanzan son por este orden: 56 CV a 6.000 rpm, 100 CV a 10.000 r.p.m. y 112 CV a 12.000 r.p.m.



2.20. Diagrama de distribución del motor Honda VT.



2.21. Diagrama de distribución del motor Honda.

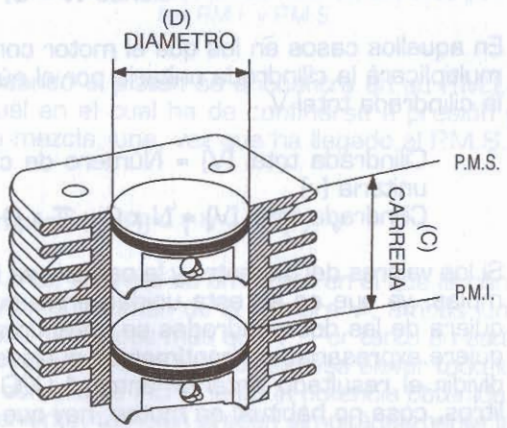


2.22. Diagrama de distribución del motor Honda VFR 750 R RC-30.

Como se puede apreciar, la potencia es sensiblemente proporcional al régimen al cual se obtiene. En los diagramas se ve cómo las duraciones de las admisiones son de 220, 230 y 250 grados y las de los escapes de 220, 225 y 250 respectivamente. Hay que señalar que estos ángulos se han medido cuando las válvulas se han abierto 1 mm, y que se alejan progresivamente de los 180 teóricos. No obstante, lo más destacable es el aumento de los respectivos cruces de válvulas: 60, 73 y 95 grados.

4. CILINDRADA, COMPRESION Y POTENCIA

El volumen de mezcla que entra en el cilindro desde que se abre la válvula de admisión hasta que se cierra es una m edida aproximada de la "respiración" de éste. Cuanto mayor sea, más fuerza se desarrollará en la explosión y, por tanto, el motor será más potente. Por ser este valor tan importante, es necesario definirlo de manera clara. Para ello, hay que fijarse primero en dos características fundamentales de todo grupo propulsor. En la figura 2.23 sé aprecia una representación de un cilindro con el pistón en sus dos posiciones extremas. La distancia o longitud existente entre ambas recibe el nombre de "carrera" C del motor. Al diámetro del émbolo se le denomina D, y será prácticamente igual que el del cilindro por cuyo interior discurre, denominándose "diámetro". Ambos suelen medirse en milímetros. Se dice que un motor es "cuadrado" si diámetro y carrera coinciden. Si la última es mayor que el primero, se dice que es "de carrera larga", característico de propulsores de corte tranquilo. Por último, si es el diámetro el mayor, estamos ante un ejemplo de tipo "supercuadrado", muy corriente en aquellos casos destinados a la competición y los modelos deportivos, por admitir con comodidad elevados regímenes de giro.



2.23. Magnitudes del diámetro y la carrera de un motor.

4.1. Cilindradas unitaria y total

El volumen comprendido entre ambas posiciones del pistón es lo que llamamos cilindrada unitaria 'V'. Su valor será igual al área de la base, en este caso el pistón, por su altura o carrera C. El área del pistón A vendrá dada en función del diámetro D. En la Fig 2.23 se observan estas dos dimensiones. Así pues:

Área del pistón (A) = π x Diámetro (D) al cuadrado / 4
Cilindrada unitaria (v) = Carrera (C) x π x Diámetro (D) al cuadrado / 4

siendo π = 3,14

En aquellos casos en los que el motor conste de más de un cilindro, se multiplicará la cilindrada unitaria por el número N de ellos para obtener la cilindrada total V.

Cilindrada total (V) = Número de cilindros (N) x Cilindrada unitaria (v)
Cilindrada total (V) = N x C x π x D al cuadrado / 4

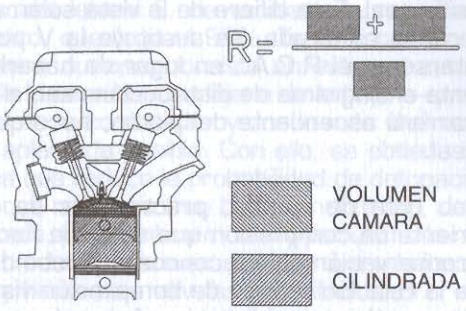
Si los valores del diámetro y la carrera se introducen en m.m. en las formulas, ya que es en esta unidad en la que normalmente se dan, cualquiera de las dos cilindradas se obtendrán en milímetros cúbicos. Si se quiere expresarlas en centímetros cúbicos, que es lo corriente, hay que dividir el resultado anterior entre 1.000. Si se diera la cilindrada en litros, cosa no habitual en motos, hay que recordar que a su vez un litro tiene mil centímetros cúbicos o mililitros.

4.2. Relación de compresión

En los cuatro tiempos de gasolina se observa que la mezcla carburada ha de comprimirse en el interior del cilindro antes de saltar la chispa en la bujía, para que se realice la combustión en las condiciones adecuadas. La importancia de esta compresión previa es tal, que la potencia de un motor depende en segundo lugar de este valor, hasta el punto de que todo motor se diseña de manera que tenga la máxima relación que pueda soportar el combustible disponible en el mercado, cuya calidad se mide por el número de octano. A continuación se comentará cómo se calcula.

En la figura 2.24 se aprecia el volumen o zona barrida por el pistón en su recorrido entre ambos puntos muertos que se ha llamado cilindrada o desplazamiento "V". Dentro del cilindro —y generalmente en una cavidad practicada en la culata— existe un volumen adicional "V'" al que se

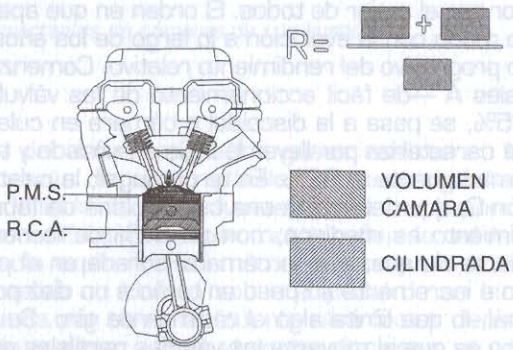
suele llamar "volumen de la cámara de combustión". Éste no se puede incluir dentro de la zona que el émbolo recorre, y por ello se le llama también "volumen residual", pues no es evacuado por éste ni siquiera al final de la carrera de escape. La relación de compresión es la proporción existente entre el conjunto del volumen total que alberga el cilindro en su interior cuando el pistón se encuentra en su P.M.I., formado por V más V', y aquél en el cual ha de confinarse a presión y temperatura elevadas toda la mezcla, una, vez que ha llegado al P.M.S., que es precisamente V'.



2.24. Relación de compresión teórica, entre loa puntos P.M.I. y P.M.S.

Relación de compresión (R) = (V + V') / V'

Se suele dar en tanto por uno. Así, se trata de un motor en el que la cilindrada V es nueve veces superior al volumen de la cámara V', ambas juntas serán nueve más una igual a diez veces más que V'. Por tanto en este caso la relación de compresión será de diez a uno. Interesa elevar todo lo posible este valor, puesto que con ello se incrementa la potencia obtenida. No obstante, existe un inconveniente: también crecen simultáneamente la temperatura y la presión al final de la carrera de compresión, y puede darse el caso no deseable de que la mezcla se inflame por ello espontáneamente. Este fenómeno tiene distintas variantes y se conoce con el nombre de "detonación" o "autoencendido" de la mezcla. Puede producir daños graves al motor, según las circunstancias. El remedio es utilizar combustibles de alta calidad, no siempre disponibles, ciertos aditivos antidetonantes como el tetraetilo-plomo o mezclas de gasolina y metanol, por ejemplo.



2.25. Relación de compresión real establecida con el pistón entre los puntos R.C.A. y P.M.S.

En la Fig. 2.25 se muestra la relación de com-

presión real. Ésta difiere de la vista solamente en que, a la hora de considerar la cilindrada, se sustituye la V por otra menor que empieza a contarse en el R.C.A., en lugar de hacerlo desde el P.M.I. Teniendo en cuenta el diagrama de distribución real, el que el R.C.A se encuentre en la carrera ascendente del pistón, hace que ésta última sea menor que la real.

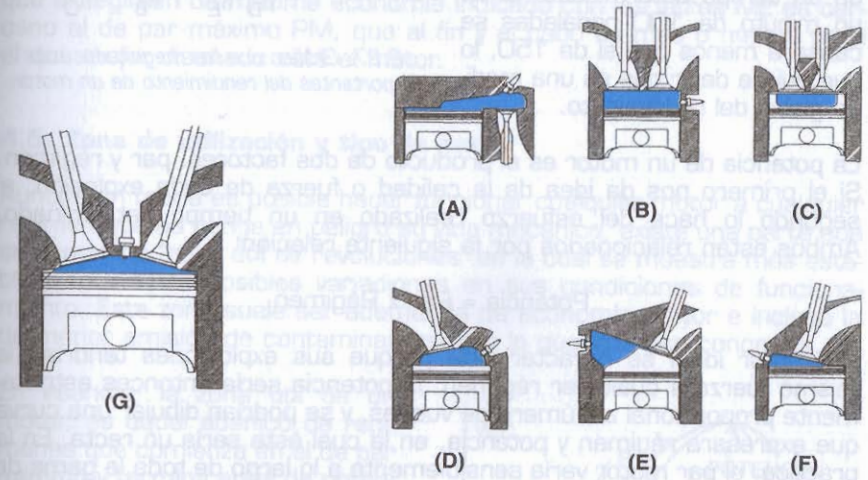
Como nota de interés, práctica, es de destacar que la prueba muy corriente de compresión que se suele hacer a los motores cuyo estado de conservación quiere conocerse, debe de dar valores superiores incluso a la relación teórica de compresión vista hasta ahora y que aparece en los catálogos publicitarios de muchas motos. Es decir, un motor con una relación de compresión de diez a uno, debe dar una lectura en compresímetro superior y cuyo valor debe consultarse en el manual de taller. Esto es debido a la comentada inercia de los gases que aumenta el rendimiento del llenado de los cilindros, y que es variable en cada motor.

Esta operación sirve para comprobar que sus segmentos ajustan adecuadamente y sus válvulas cierran bien, estando en condiciones de evitar fugas indeseadas y proporcionar con ello una compresión de la mezcla suficiente, lo que se reflejará en una potencia adecuada. Por el contrario, si se halla desgastado por el uso o mal mantenido por ausencia del adecuado reglaje de taqués, se notará en breve falta de rendimiento.

4.3. Tipos de cámara de combustión

Se entiende por cámara de combustión, el espacio mínimo libre que queda entre la cara superior del pistón y la culata cuando el primero alcanza el P.M.S., ya que es donde se inicia y desarrolla la parte más importante de la combustión. En la Fig. 2.26 aparecen los tipos más corrientes, algunos ya en desuso. Se toma como referencia el rendimiento de la hemisférica, por ser el mejor de todos. El orden en que aparece se corresponde en cierto modo con la evolución a lo largo de los años, que se refleja en el aumento progresivo del rendimiento relativo. Comenzando con una de válvulas laterales A —de fácil accionamiento de las válvulas— con un rendimiento del 75%, se pasa a la discoidal o cámara en culata B de forma cilíndrica, que se caracteriza por llevar la bujía en un lado y tener un rendimiento de aproximadamente el 92%. En tercer lugar, la culata Heron o de bulbo en el pistón C, que determina una culata plana de fabricación muy sencilla. Su rendimiento es mediano, con un 95% de la hemisférica, y tiene el inconveniente de que, al ir la cámara labrada en el pistón, éste debe ser reforzado e incrementa su peso en torno a un diez por ciento respecto a otro normal, lo que limita algo el régimen de giro. Su principal ventaja a nivel práctico es que al moverse las válvulas paralelas entre sí, es imposible que choquen unas con otras en los periodos de cruce. La cuarta es la de bulbo en culata D, de rendimiento ligeramente superior a la anterior, de un 96%, a

continuación la Rover o trapezoidal lateral E, de excelentes propiedades antidetonantes y buen rendimiento, que llega al 98%. Tanto ésta como la siguiente aprovechan un fenómeno curioso: consiste en evitar el autoencendido, haciendo que la zona de la cámara más lejana de la bujía —que es donde termina la parte principal de la combustión y donde más fácilmente se produce éste— sea lo más aplastada posible. Con ello, se obtiene una buena refrigeración de los gases que reduce la probabilidad de detonación. La penúltima es la triangular F, que reúne un muy buen rendimiento, de un 99%, con la propiedad antes citada, por idéntico motivo y por último la más actual hemisférica G que tiene un rendimiento excelente y que admite con comodidad tres, cuatro, cinco y hasta seis válvulas por cilindro. Si a esta última la dotamos de un pistón troncocónico o bombeado en general, se obtienen similares características a las de las dos anteriores. Es con mucho la más extendida hoy día gracias a sus buenas prestaciones.

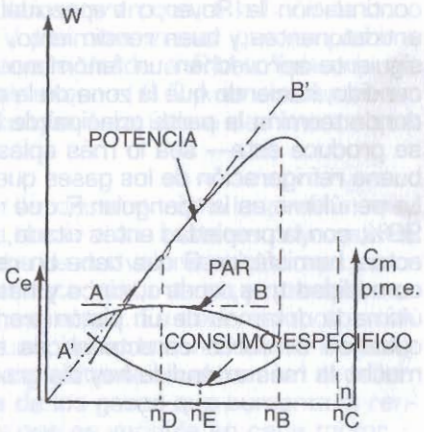


2.26. Tipos más importantes de cámaras de combustión.

4.4. Par y potencia

El par motor es una medida del esfuerzo que los gases realizan en la reacción de combustión, a través de pistón y biela, sobre el cigüeñal, obligándolo a girar. A mayor cilindrada, más fuerte será la explosión y mayor el empuje de los mismos. Es decir, el par motor refleja la calidad en cuanto a fuerza de una sola explosión del motor. Lo podemos comparar con el esfuerzo que realiza un ciclista sobre el pedal de su bicicleta. Siendo importante, queda por tener en cuenta otro factor decisivo: el régimen o número de vueltas a que el motor funciona en un momento dado. Es igual al doble de explosiones sucedidas en cada cilindro en un motor de cuatro tiempos. En los motores de dos tiempos, al

sucederse un ciclo por vuelta, y por tanto una explosión, el régimen es igual al número de explosiones en cada cilindro. A mayor número de explosiones, mayor cantidad de trabajo puede realizarse en un tiempo determinado (un motor que gire a cuatro mil r.p.m. estará en condiciones de realizar el doble de trabajo en la unidad de tiempo que si lo hiciera a dos mil). En este caso se le podría asimilar al esfuerzo que ha realizado el ciclista en dar varias pedaladas, en un tiempo determinado. Si en un minuto da 100 pedaladas se cansará menos que si da 150, lo que quiere decir que es una medida global del rendimiento.



2.27. Gráfico con las magnitudes más importantes del rendimiento de un motor.

La potencia de un motor es el producto de dos factores: par y régimen. Si el primero nos da idea de la calidad o fuerza de cada explosión, el segundo lo hace del esfuerzo realizado en un tiempo determinado. Ambos están relacionados por la siguiente relación:

Potencia = Par x Régimen.

Un motor ideal se caracterizaría porque sus explosiones tendrían la misma fuerza a cualquier régimen: la potencia sería entonces estrictamente proporcional al número de vueltas, y se podrían dibujar una curva que expresara régimen y potencia, en la cual ésta sería un recta. En la práctica, el par motor varía sensiblemente a lo largo de toda la gama de revoluciones. Son precisamente las diferencias en la forma de entregar el par de los motores lo que determina el tipo de conducción en unos u otros. Las causas que originan tales variaciones son muchas, pero la fundamental es la mencionada al explicar el diagrama de distribución real: un árbol de levas favorece el llenado a un determinado régimen, exclusivamente, y es en general a ése al que se dará el máximo par.

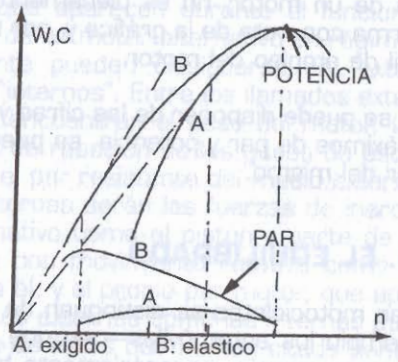
En la figura 2.27 se observan tres actuaciones características de un motor de cuatro tiempos: son, en el eje vertical y de arriba a abajo, las representaciones gráficas de la potencia, el par y el consumo específico de un ejemplo dado, frente al régimen al que se representa en el eje horizontal. Se obtienen a través del ensayo de la motocicleta en un banco dinamométrico o banco de potencia, aunque también se puede ensayar sólo el motor. Hay que destacar que todas las mediciones se realizan con carga máxima (apertura total del acelerador).

El par motor, que es la gráfica señalada con la letra P, da el esfuerzo o calidad de cada explosión, medida por ejemplo a través de la presión media efectiva. El par máximo se alcanza en este motor, de características más bien tranquilas, a la mitad del régimen de potencia máxima en el punto señalado como PM. Al diseñarlo, se puede elegir con bastante exactitud este momento, en función de AAE, AAA, RCE y RCA. La potencia es la gráfica superior, indicada con la letra W, y se ve claramente cómo aumenta casi proporcionalmente con las vueltas. El máximo lo alcanza al final de la banda de revoluciones en el punto señalado como WM, y siempre a mayor régimen que el de par máximo. A partir de ahí cae y no se ensaya el motor más allá, pues no tiene sentido. Por último, se refleja en la parte inferior, la curva de consumo específico indicada por C, que es una medida del aprovechamiento de la gasolina, por decirlo en términos coloquiales. Lo único destacable de ella es comprobar que el régimen de máxima economía indicado con las letras ME es cercano al de par máximo PM, que al fin y al cabo es más o menos para el que mejor diseñado está el motor.

4.5. Zona de utilización y tipo de motor

Aunque en teoría es posible hacer funcionar cualquier motor a cualquier régimen que no ponga en peligro su vida mecánica, existe una parte que se denomina "zona útil de revoluciones" en la cual se muestra más estable frente a las posibles variaciones en sus condiciones de funcionamiento. Esta zona suele ser además la de economía mayor e incluso la de menor emisión de contaminantes, por lo que interesa conocerla.

En esencia, la zona útil de un motor, es aquel abanico de regímenes que comienza en el de par máximo y termina en el de potencia máxima. La razón de ser ésta la zona donde interesa que el motor se sitúe es que si, por circunstancias del terreno aumenta la resistencia al avance (aparición de viento en contra, aumento repentino de la pendiente, etc), el régimen caerá, pero, al haber sobrepasado el de par máximo, el motor responderá con un aumento del par motor según se aprecia en la gráfica. Por el contrario, si se circulara a menos del régimen citado y apareciera una dificultad, el motor acabaría



2.28. Comparación entre dos motores con la misma potencia pero cilindradas diferentes, A: motor deportivo de baja cilindrada. B: motor de gran cilindrada y comportamiento más tranquilo.

calándose irremisiblemente. En consecuencia, se puede decir que todo propulsor se comporta de manera estable en la zona de óptimo uso o útil. Una vez conocidos estos dos valores de la motocicleta —cosa que puede hacerse consultando el manual de características técnicas— una medida interesante podría ser marcarlos en el cuentarrevoluciones y seleccionar las marchas de tal forma que la aguja se sitúe siempre entre ambos.

Por último, la figura 2.28 va a servir para comparar las curvas características de dos motores de cilindradas diferentes que van a obtener la misma potencia máxima al mismo régimen, aunque por caminos muy distintos. El primero es un motor muy poco deportivo pero de gran cilindrada, que da su par máximo, de valor bastante elevado, en consonancia con su mayor volumen, a casi tan sólo una cuarta parte del régimen de potencia máxima. El segundo es otro de corte ligeramente deportivo que, pese a tener una cilindrada que puede ser la mitad de la del primero, a base de mantener el par casi constante, acaba consiguiendo los mismos resultados, aunque el par máximo lo alcanza a tres cuartos de la potencia máxima. Pues bien, a primera vista no se aprecian más diferencias entre ambos, pero hay que fijarse en la zona útil de cada uno: si se supone que el máximo se produce a seis mil revoluciones por minuto, el primero puede circular sin cambiar de marcha entre mil quinientas y seis mil, mientras que el segundo sólo entre cuatro mil quinientas y seis mil. Es decir, la zona útil de uno es el triple de la del otro, lo que repercute directamente en la facilidad de conducción: mientras que el conductor del más tranquilo no necesitará prácticamente cambiar de velocidad, el que lleve el otro lo hará de manera casi continua. Por tanto, la cifra de potencia máxima, como único dato a analizar acerca de un motor, no es plenamente válida, ya que no indica cuál es la forma concreta de la gráfica y, por tanto, ni las características ni la zona útil de empleo del motor.

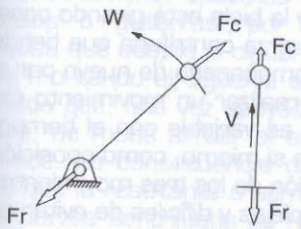
Si se puede disponer de las cifras y regímenes a que se alcanzan dichos máximos de par y potencia, se puede obtener una mejor idea del carácter del mismo.

5. EL EQUILIBRADO

Las motocicletas se distinguen de otros tipos de vehículos —como por ejemplo los automóviles— en que, por razones obvias de limitación de peso y espacio, necesariamente han de adoptar en ocasiones soluciones de compromiso a la hora de resolver problemas como el equilibrado. Se dice que un motor está equilibrado si, durante el régimen estacionario —que es aquel que se caracteriza porque el régimen se mantiene constante en el tiempo, es decir, se circula al mismo régimen durante un tiempo prolongado— transmite unas fuerzas a sus soportes

de valor y dirección fijos. El caso contrario, se traducirá en la generación de ruidos y vibraciones. En los automóviles se suelen usar amortiguadores llamados "silent-blocks" en los apoyos del grupo propulsor, de manera que al conductor le llegue el menor número posible de perturbaciones mecánicas. Estos consisten en sencillos bloques de caucho que sustituyen a los antiguos anclajes rígidos, dando un excelente resultado. La solución citada es escasamente utilizada en las motocicletas, y menos cada vez, dadas las funciones estructurales que el motor ha de prestar en gran número de ellas. Así pues, al tener difícil el ocultarlas, los constructores se ven obligados a emplear numerosos refinamientos mecánicos con objeto de reducir en lo posible las molestas vibraciones que la mayoría de los motores producen. Dichas vibraciones son el origen del debilitamiento de las uniones atornilladas, de sobrecargas en determinadas piezas que incrementan su desgaste y de otros fenómenos indeseables, incluyendo la incomodidad de la conducción producida por las continuas sacudidas.

5.1. Equilibrado de un motor

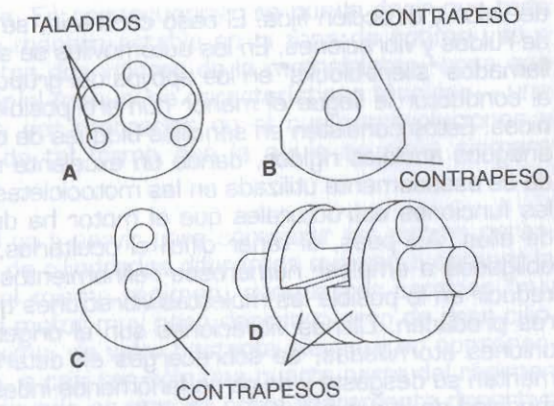


2.29. A la izquierda se observa que una masa girando crea una fuerza centrífuga Fc, que debe ser compensada con una reacción Fr para que el punto de apoyo se mantenga estable.

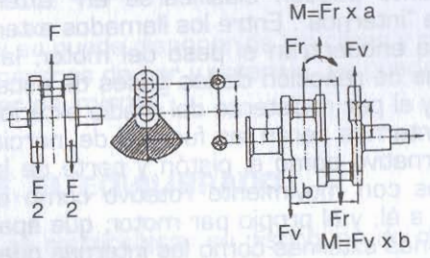
Teniendo en cuenta que para analizar con rigor los numerosos aspectos involucrados en esta materia se necesitan sólidos conocimientos de física, se tratará una aproximación al problema sin incurrir en complicaciones excesivas ni tampoco en simplificaciones sin sentido.

Las acciones, fuerzas y momentos o pares que aparecen durante el funcionamiento de un motor alternativo en régimen constante pueden clasificarse en "externos" e "internos". Entre los llamados externos se encuentran el peso del motor, las fuerzas de reacción de los gases de escape y de los líquidos en movimiento y el par resistente del medio exterior al giro del cigüeñal. Las acciones internas serán las fuerzas de inercia de las masas con movimiento alternativo como el pistón y parte de la biela, las centrífugas de las masas con movimiento rotativo como el cigüeñal y la parte de la biela unida a él, y el propio par motor, que aparece en la Fig 2.29. Tanto las acciones externas como las internas pueden estar equilibradas o no. Muchas de éstas que hemos citado tienen escasa influencia por diversas causas, por lo que los constructores se esmeran en eliminar los desequilibrios más importantes. En consecuencia, el origen de la falta de equilibrio de un motor se reduce a las fuerzas de inercia de las masas en movimiento alternativo que varían periódicamente en magnitud y sentido. Por poner un ejemplo en este sentido, si se estudia el movimiento del pistón, se comprueba que cuando está

llegando al P.M.S., se debe producir una fuerza que frene su carrera ascendente. Esta fuerza se establece en el apoyo del cigüeñal, que tiende a subir durante el proceso de frenada. De igual manera, en la carrera descendente el apoyo tiende a bajar, estableciéndose una secuencia de oscilaciones verticales. El otro gran causante de las vibraciones son las fuerzas centrífugas, debidas a las masas con movimiento giratorio que varían continuamente de dirección. Por poner otro ejemplo, la muñequilla del cigüeñal que es la zona donde se unen éste y la biela está girando constantemente. Por esta causa se establece una fuerza centrífuga que tiende a desplazarla hacia el exterior, y que debe ser compensada de nuevo por el apoyo de la manivela, que entonces tenderá a realizar un movimiento circular. Finalmente, el par motor, cuya magnitud es variable con el tiempo, tenderá a hacer girar el apoyo del cigüeñal sobre sí mismo, como oposición al cambio del régimen establecido. La composición de los tres movimientos oscilantes, da lugar a vibraciones bastante complejas y difíciles de evitar en una amplia gama de revoluciones.



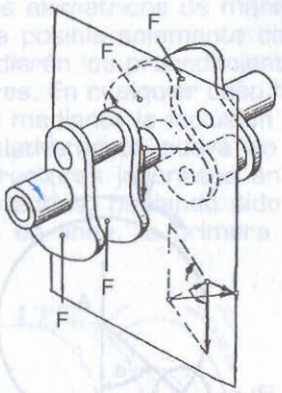
2.30. Cuatro tipos de contrapesos en diferentes cigüeñales.



2.31. Las fuerzas de inercia y las centrífugas de un motor de un cilindro se pueden equilibrar mediante contrapesos, en el motor de dos cilindros a 180 grados, las de inercia se compensan entre los cilindros.

En la práctica, se considerará como equilibrado un motor que asegure un grado tolerable de desequilibrio. Ello se consigue seleccionando el número de cilindros, una disposición de los mismos y de las muñequillas del cigüeñal apropiadas, así como utilizando contrapesos e incluso árboles completos para tal fin. Para que todo funcione según lo previsto, las piezas del motor deben fabricarse en conformidad con unas ciertas tolerancias en sus masas y en sus dimensiones. Es decir, que se deben asegurar masas iguales en los grupos de pistones pertenecientes a un mismo motor, iguales masas e idéntica disposición de los centros de gravedad de las bielas, y el equilibrado estático y dinámico del cigüeñal.

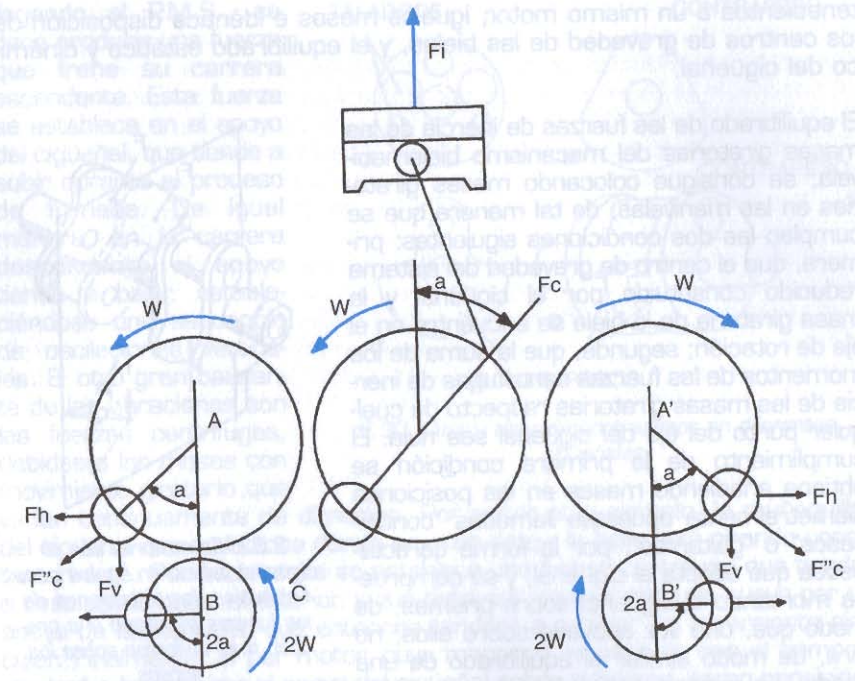
El equilibrado de las fuerzas de inercia de las masas giratorias del mecanismo bielamanivela, se consigue colocando masas giratorias en las manivelas, de tal manera que se cumplan las dos condiciones siguientes: primera, que el centro de gravedad del sistema reducido constituido por el cigüeñal y la masa giratoria de la biela se encuentre en el eje de rotación; segunda, que la suma de los momentos de las fuerzas centrífugas de inercia de las masas giratorias respecto de cualquier punto del eje del cigüeñal sea nula. El cumplimiento de la primera condición se obtiene añadiendo masas en las posiciones diametralmente opuestas llamadas "contrapesos" o "guitarras", por la forma característica que adopta el cigüeñal, y se comprueba montando el cigüeñal sobre prismas, de modo que, una vez apoyado sobre ellos, no gire, de modo similar al equilibrado de una rueda. La consecuencia de esta operación es que la resultante o suma de todas las fuerzas de inercia que provocan esfuerzos centrífugos es nula. Hay varios tipos de contrapesos como se aprecia en la Fig 2.30, dependiendo de características como el tipo de motor, de engrase, etc...



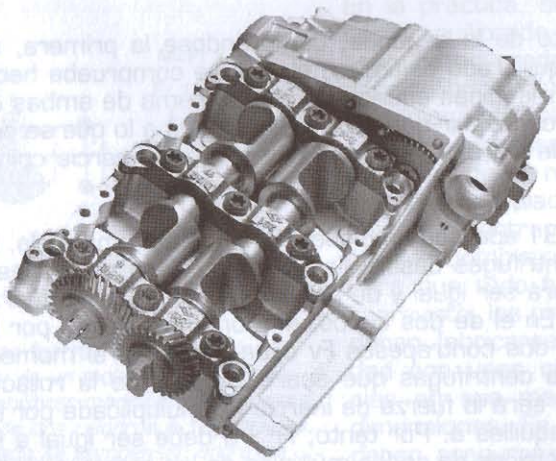
2.32. En motores con el cigüeñal calado en ángulos poco habituales, las direcciones de las fuerzas mantiene una presión más uniforme sobre los apoyos.

El cumplimiento de la segunda, cumpliéndose la primera, se asegura mediante el equilibrado dinámico, el cual se comprueba haciendo girar el cigüeñal en máquinas equilibradoras. La suma de ambas condiciones se resume en conseguir que éste gire en tomo a lo que se denomina su "eje principal de inercia", es decir, que el eje de inercia coincida con el de giro.

En la figura 2.31 aparece un cigüeñal de una sola manivela, la suma de las fuerzas centrífugas desarrolladas por los dos contrapesos F/2 en cada una deberá ser igual y de dirección contraria a la fuerza centrífuga sin ellos F. En el de dos codos, el momento creado por las fuerzas centrífugas de dos contrapesos Fv debe equilibrar el momento creado por las fuerzas centrífugas que aparecen durante la rotación de dos manivelas, que será la fuerza de inercia Fr, multiplicada por la distancia entre las muñequillas a. Por tanto, Fr x a debe ser igual a Fv x b. Los cigüeñales simétricos de codos múltiples de los motores multicilíndricos generalmente se equilibran en conjunto sin colocar contrapesos. Sin

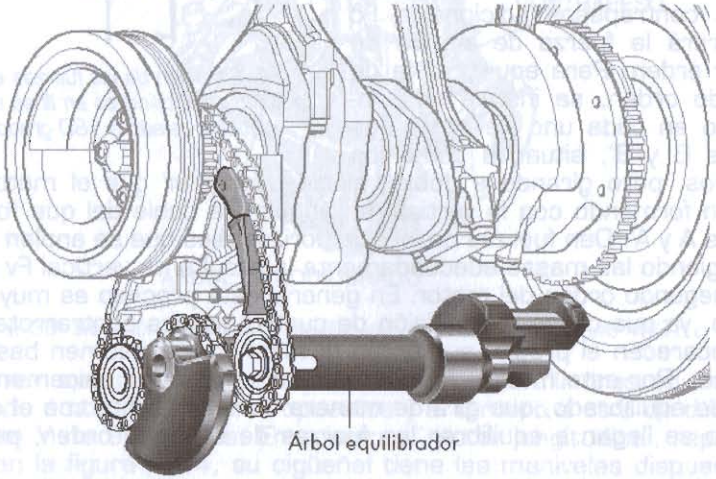


2.33. Colocación de los árboles de equilibrado para eliminar los desequilibrios de primer y segundo orden en un motor monocilíndrico.



2.33 Bis. Árboles de equilibrado

embargo, frecuentemente se dotan de ellos, con el fin de disminuir los momentos que flexionan el cigüeñal, y descargar los cojinetes principales. Los contrapesos aseguran además, una distribución más uniforme de la presión alrededor del muñón de bancada, como se puede apreciar en la figura 2.32. En los cigüeñales asimétricos de manivelas múltiples, el equilibrado dinámico resulta posible solamente colocando contrapesos. A continuación, se estudiarán los procedimientos de equilibrado en los distintos tipos de motores. En cualquier caso hay que decir que el equilibrado de los motores mediante la inclusión de árboles contrarrotantes es una técnica relativamente nueva en el mundo de la motocicleta. Fueron los constructores japoneses en la década de los 70 los que la pusieron en práctica, habiendo sido la Yamaha TX 750 de 1972, una bicilíndrica en línea, la primera en emplearlos.

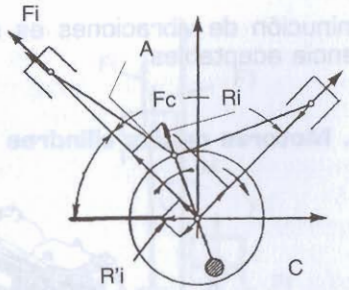


2.33 Tris. Disposición del árbol de equilibrado en un motor.

5.2. Motor monocilíndrico

En este motor, la suma de las fuerzas centrífugas (Fc) se equilibra con contrapesos C, que se colocan en la prolongación de los brazos de la manivela, creando fuerzas contrarias Fc, mientras que las fuerzas de inercia de primer orden y de segundo orden pueden equilibrarse solamente con ayuda de un sistema de contrapesos adicionales, como los de la figura 2.33. La fuerza de inercia Fi se equilibra colocando un contrapeso en cada uno de los árboles A y A', paralelos al eje del cigüeñal y dispuestos simétricamente a ambos lados en el cárter del motor, que giran en direcciones opuestas con una velocidad igual a la frecuencia de rotación del cigüeñal. Los contrapesos se montan en un

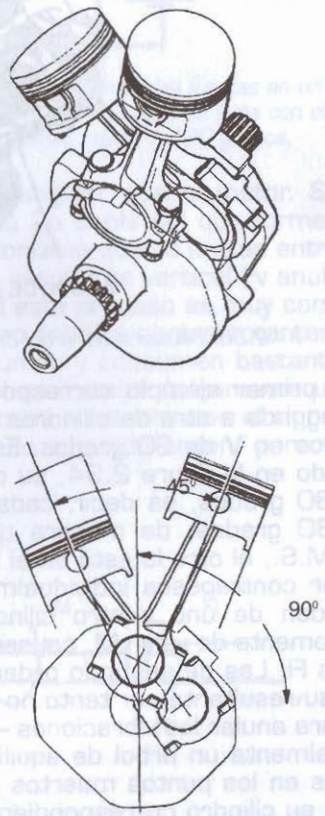
equilibrado con contrapesos C y D. Las fuerzas de inercia de primer y segundo orden para el primer cilindro Fi y Fi son iguales a las del segundo, pero están dirigidas en sentido contrario, por lo que su resultante es nula. Puesto que los ejes de los cilindros son paralelos, las fuerzas dan lugar a un par M, que actúa en el plano formado por los ejes de los cilindros, y que no está equilibrado. Para hacerlo, habría que incluir un eje de balance en un plano perpendicular al del cigüeñal con dos masas que en los puntos muertos se encontraran en posiciones opuestas a las de los pistones de sus cilindros correspondientes. Esta operación normalmente no se realiza.



2.37. Situación de las fuerzas en un motor de dos cilindros en V de 90 grados con una sola muñequilla.

En la Fig 2.36 se observa un motor bicilíndrico con los cilindros en línea y el cigüeñal calado a 180 grados, que dispone de un único árbol de equilibrado, el cual está provisto de dos contrapesos, que giran de forma contrarrotante con el cigüeñal, coincidiendo con la posición del pistón correspondiente en los puntos muertos.

Por último, en la figura 2.37 se aprecia un motor con sus dos cilindros formando una V de 90 grados. El cigüeñal de este motor tiene un codo A en el cual se unen las bielas de ambos cilindros situados en un mismo plano. Las masas rotativas originan una fuerza centrífuga Fc que se equilibra con dos contrapesos C instalados en las prolongaciones de los brazos de la manivela del cigüeñal. La resultante de las fuerzas de inercia de primer orden Ri tiene magnitud constante, y siempre está orientada siguiendo el radio de la manivela. Por lo tanto, puede ser equilibrada simplemente aumentando la masa de los contrapesos, colocados en la prolongación de los brazos de la manivela del cigüeñal para equilibrar las fuerzas centrífugas de las masas rotativas. En cuanto a la resultante de las fuerzas de inercia de segundo orden Ri, se anotará solamente que no está equilibrada.



2.38. Embielaje decalado en motores en V con ángulos diferentes de los rectos y sus múltiplos empleado por la firma Honda.

Si el ángulo de la V del bicilíndrico no es ni de 90 grados ni de 180 grados —lo que suele ocurrir a veces por razones de compacidad del propulsor— es realmente dificil equilibrar el motor. Hay un sistema, empleado habitualmente por la firma Honda, que consiste en desfasar el embielaje de los cilindros para anular la diferencia existente entre este motor y un V de 90 grados, que tiene unas posibilidades de equilibrado mucho mayores. El sistema es muy sencillo, y consiste simplemente en que sea cual sea el ángulo entre los cilindros, al sumarle la mitad del ángulo que formen las muñequillas, la suma de los dos sea de 90 grados. Por poner un ejemplo, un motor con un ángulo entre cilindros de 52 grados —que corresponde a una Honda VT 500 E— debe tener un ángulo de muñequillas que sea el doble de la diferencia del ángulo de los cilindros con los 90 grados, en este caso 38 grados por 2, en total 76 grados. Un clásico motor de 45 grados debería tener 90 grados por tanto, tal y como se aprecia en la Fig 2.38.

5.4. Motores de tres cilindros

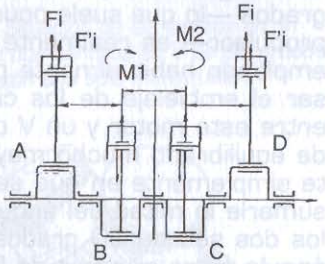
No son muy habituales, y los que existen disponen en los motores de cuatro tiempos de cilindros en línea con el cigüeñal calado a 120 grados, de modo que las explosiones tengan lugar de manera regular. En este caso, las fuerzas de primer y segundo orden se encuentran anuladas, y también los momentos de segundo orden. Para hacer lo propio con los de primer orden, que tienen una intensidad aceptable, se debe instalar un eje paralelo que gire a la misma velocidad con las masas situadas en posiciones opuestas a las de los pistones de los cilindros correspondientes en los puntos muertos

5.5. Motor de cuatro cilindros en línea

Es una de las configuraciones de uso más extendido. En la figura 2.39 se aprecia su disposición real. El cigüeñal de este motor tiene manivelas A, B, C y D dispuestas a 180 grados, y está equilibrado, es decir, Fi y M son nulos. Las fuerzas de inercia de primer orden para el primer y cuarto cilindros son iguales y de sentido contrario a las de los cilindros

segundo y tercero, por lo cual la resultante es nula. Por efecto además de la acción simétrica de estas fuerzas con respecto al punto medio del cigüeñal, el momento M= MI + M2 vale cero. No sucede lo mismo con la resultante de las fuerzas de segundo orden Fi, pues, al tener todas el mismo sentido, no se anulan entre sí. Sin embargo, su momento Mi sí se anula. Con el fin de anular todas la vibraciones, se puede instalar un eje de balance paralelo al cigüeñal que gire a doble velocidad, o mejor aún dos que equilibran por completo las fuerzas de segundo orden no anuladas por la propia construcción del motor.

El resto de los motores de cuatro cilindros son menos empleados, pero el motor V-4 con los cilindros colocados a 90 grados sobre dos muñequillas del cigüeñal tiene desequilibradas las mismas fuerzas y momentos que su homólogo de dos cilindros, y el método de contrarrestarlo es similar. El boxer de cuatro cilindros solamente tiene desequilibrados los momentos de segundo orden.

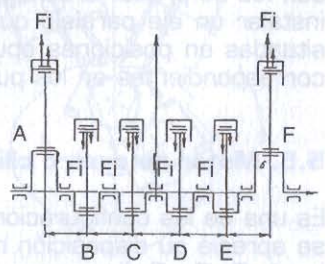


2.39. Situación de las fuerzas en un motor de cuatro cilindros en línea.

5.6. Motor de seis cilindros en línea

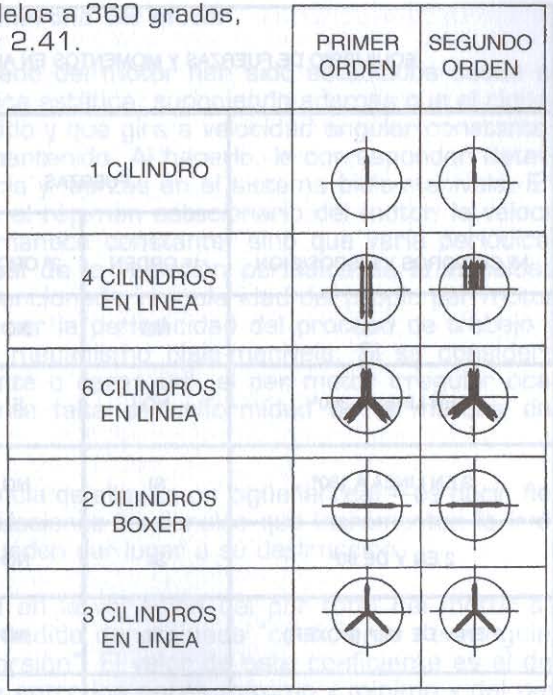
En la figura 2.40. el cigüeñal del motor tiene las manivelas dispuestas a 120 grados, y está equilibrado, es decir, Fi y M valen cero. Si se suman las fuerzas de inercia de primer orden para los cilindros primero y sexto, segundo y quinto, y tercero y cuarto, la resultante es nula. Igualmente sucede si se hace con las de segundo orden, cosa que no sucedía en el motor precedente de cuatro cilindros en línea. Además, por la disposición de las manivelas del cigüeñal, las fuerzas de inercia no originarán ningún momento longitudinal, siendo por tanto ambos iguales a cero.

Hay un método práctico bastante sencillo para comprobar si las fuerzas están desequilibradas en un motor. Realizando un círculo podemos ver el equilibrado de las de primer orden dibujando una flecha desde el centro del circulo, que correspondería al eje del cigüeñal, hasta el punto donde se situarían las muñequillas. Si las flechas se compensan, el motor tiene equilibradas las fuerzas de primer orden, lo que ocurre en casi todos los casos, con la excepción del monocilíndrico, o el dos cilindros paralelos a 360 grados, tal y como se ve en la Fig 2.41.



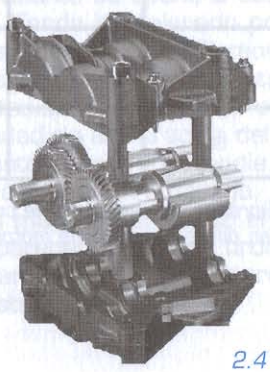
2.40. Situación de las fuerzas en un motor de seis cilindros en línea.

Para comprobar el equilibrado de las fuerzas de segundo orden, se dibujan las mismas flechas, pero con el doble del ángulo que poseen respecto del cilindro que se tome como referencia, que puede ser el situado en la vertical, al que le corresponderían 0 grados. De este modo se observa que el desequilibrio aumenta. Para ver las de cuarto orden se situarían las flechas con un ángulo cuatro veces mayor que el original respecto al cilindro referencia, y así sucesivamente, aunque a partir del segundo orden las fuerzas no se equilibran mediante elementos externos debido a su pequeña intensidad.



2.41. Situación de los vectores de las fuerzas de inercia de primer y segundo orden en varios tipos de motores.

En la Fig 2.42 se aprecia un cuadro con las fuerzas y momentos equilibrados en la mayoría de los motores de uso común en el mundo de la motocicleta.


2.41 Bis. Arboles de equilibrado.

EQUILIBRIO DE FUERZAS Y MOMENTOS EN ALGUNOS MOTORES				
	FUERZAS		MOMENTOS	
Nº CILINDROS Y DISPOSICION	1er ORDEN	2º ORDEN	1er ORDEN	2º ORDEN
1	NO	NO		
2 EN LINEA A 360º	NO	SI	NO	SI
2 EN LINEA A 180º	SI	NO	NO	SI
2 EN V DE 90º	SI	NO	NO	NO
2 EN V DE 180º (BOXER)	SI	NO	SI	NO
3 EN LINEA A 120º	SI	NO	SI	NO
4 EN LINEA	SI	NO	SI	SI
4 EN V DE 90º	SI	NO	NO	NO
4 EN V DE 180º (BOXER)	SI	SI	SI	NO
6 EN LINEA DE 120º	SI	SI	SI	SI
6 EN V DE 180º (BOXER)	SI	SI	SI	SI

2.42. Fuerzas y momentos equilibrados sin necesidad de contrapesos ni árboles de equilibrado en diferentes tipos de motores.

5.7. Uniformidad de la marcha del motor

La dinámica y el equilibrado del motor han sido estudiados desde el punto de vista de la cinética estática, suponiendo además que el cigüeñal es absolutamente rígido y que gira a velocidad angular constante, es decir, a un régimen mantenido. Al hacerlo, le corresponden determinadas fuerzas de inercia y fuerzas en el sistema biela-manivela. En realidad, incluso durante el régimen estacionario del motor, la velocidad del cigüeñal no permanece constante, sino que varía periódicamente. La causa principal de la variación periódica de la velocidad angular consiste en la mencionada irregularidad del propio par motor producido, condicionada por la periodicidad del proceso de trabajo y por las propiedades del mecanismo biela-manivela. Si se considera constante el par resistente o carga útil, el par motor irregular ocasionará la correspondiente falta de uniformidad de la marcha del motor.

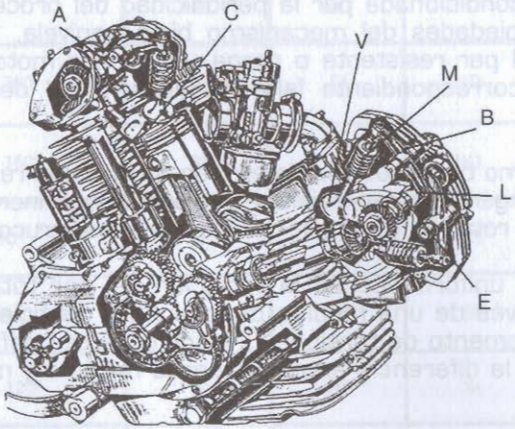
Además, como consecuencia de ello, en un cigüeñal real —es decir, flexible— se engendran oscilaciones torsionales que incrementan la irregularidad de rotación y pueden dar lugar a su destrucción.

El grado de uniformidad en la variación del par total del motor se valora a través de una medida denominada "coeficiente de irregularidad del momento de torsión". El valor de este coeficiente es el del cociente de la diferencia entre los pares máximo y mínimo y del par medio.

Para evitar estas irregularidades, se integran en los motores unas masas giratorias de peso considerable que se llaman "volantes de inercia" y cuya misión es la de suavizar los valores máximos de las gráficas estudiadas. Suelen estar formadas por un sencillo disco de la masa adecuada que se coloca en un extremo del motor. Actúa en realidad como almacenador de energía mecánica. Cuando el cigüeñal tiende a acelerarse en exceso, el volante se opone a ello, y en los momentos en que el cigüeñal se frena, tiende a acelerarlo por el mismo motivo, homogeneizando, la velocidad de rotación. El momento de inercia del volante debe ser tal que asegure el funcionamiento del motor a la mínima velocidad estable de rotación en ralentí. Si se exceden sus dimensiones, empeorará la capacidad de aceleración del motor, ya que al fin y al cabo hay que moverlo, y esto consume potencia, cuanta mayor sea su masa, más se desperdiciará en él. Sin embargo, si es demasiado pequeño, se dificulta la puesta en marcha del motor, el régimen de ralentí es inestable o inexistente y aparecen pequeños tirones en la mayoría de los regímenes. Por el contrario, su capacidad para subir de régimen es mayor, así como su respuesta.

6. LA DISTRIBUCIÓN

Los motores de cuatro tiempos se caracterizan por requerir un sistema de accionamiento de las válvulas que controlan el paso del flujo gaseoso en la cámara de combustión. Ya se vio anteriormente que los momentos de apertura y cierre de las válvulas deben controlarse de manera muy precisa debido a la altísima velocidad a la que se realiza el proceso. Esta rapidez debe ser compaginada además con un cierre de cada uno de estos elementos lo suficientemente firme como para que su posición no se vea alterada por factores exteriores.



2.43. Elementos de la distribución de un motor Ducati.

El sistema de distribución de un motor de cuatro tiempos está formado por varios elementos, que se muestran en la Fig 2.43. Las válvulas V se encuentran situadas en los alrededores de la cámara de combustión C, pudiendo adoptar varias posiciones. Su número también es variable. Como mínimo deben existir dos, una de admisión y otra de escape, llegándose a motores muy especiales que disponen de cuatro de cada tipo. Sin embargo, lo más habitual es disponer de dos en motores de prestaciones limitadas y cuatro en los deportivos. Las válvulas V disponen de unos muelles M que se emplean para mantenerlas cerradas cuando no son accionadas y también como mecanismo de retorno para su cierre. En contadas ocasiones no hay muelle y la válvula se cierra por medio de un empujador. El accionamiento de la válvula se realiza siempre a través de un árbol de levas A o de varios de ellos. Son ejes E que disponen de levas L, que al girar pueden provocar un movimiento alternativo de los elementos situados perpendicularmente a ellas. La válvula puede ser accionada directamente por la leva, o disponerse de algunos elementos intermedios que transmitan el movimiento, como los balancines B.

En los motores de hace algunos años, la disposición más común era situar los árboles de levas en el cárter, cerca del cigüeñal, y transmitir el movimiento hasta la culata por medio de elementos intermedios. Actualmente esta tendencia está en franco retroceso, y sólo se emplea en motores de diseño antiguo.

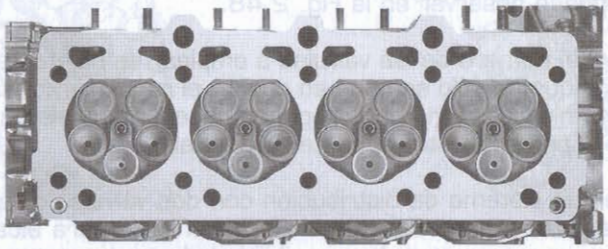
Los motores actuales sitúan el árbol de levas en la culata, y accionan las válvulas directamente o a través de elementos como balancines o empujadores.

Las válvulas deslizan a través de las llamadas guías postizas insertadas en la culata para evitar el contacto directo con la misma. De igual forma, el ajuste y cierre se realiza en los llamados asientos, también postizos. Ambos elementos se insertan a presión y con dilatación previa de la culata (congelando incluso tanto las guías como los asientos).Las primeras están realizadas en materiales antifricción, a base de bronce, fabricándose los asientos en acero endurecido para resistir las altas temperaturas. En los últimos años, dada la sustitución de la gasolina tradicional súper pòr la conocida sin plomo, se han reforzado los asientos con materiales endurecedores, dada la ausencia del plomo que oficiaba como lubricante.

6.1. Número de válvulas

En un motor de corte deportivo, y, en general, siempre que se quiera aumentar el rendimiento, es aconsejable que la superficie por la que se realiza la entrada de la mezcla al cilindro sea la máxima posible. Esta circunstancia hay que compatibilizarla con la realización de una cámara de combustión compacta, por lo que en la actualidad el espacio disponible para este fin es similar al que ocupa el pistón del motor, ya que las cámaras de combustión son de tipo hemisférico.

Como las válvulas son redondas en su base, existe un cierto desaprovechamiento de la superficie de la culata, que no puede servir como compuerta de entrada.



2.43 Bis. Culata de motor con cinco válvulas por cilindro.

2.43 tris. Muelle de paso variable.

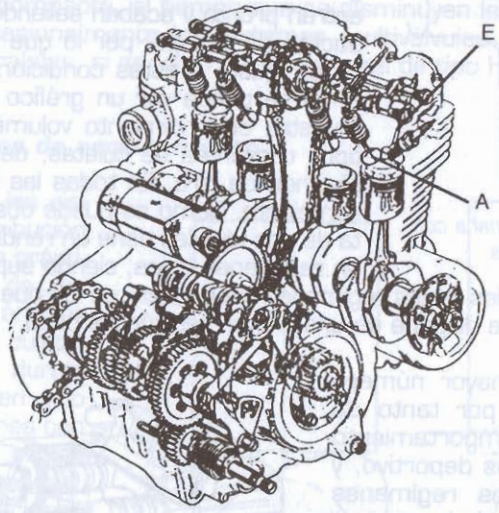
Inicialmente los motores dispusieron de dos válvulas —como se observa en la Fig. 2.44— una para la admisión señalada con la letra A, y otra para el escape, con la letra B. Sin embargo, las necesidades de una mayor potencia han obligado a contar cada vez con mayores superficies de trasvase, lo que ha obligado a aumentar el número de válvulas. De esta manera, y aunque las válvulas son mas pequeñas, se dispone de un área mayor, ya que disminuyen los espacios muertos que no se pueden aprovechar en el interior de la culata. La opción más utilizada hoy en día es la de cuatro válvulas —como muestra la Fig. 2.45— empleadas las dos señaladas con la letra A y E para cada cometido, pero también son de uso corriente las de tres válvulas, ilustradas en la Fig. 2.46 en las que dos son de admisión A y una de escape E, y las de cinco válvulas de la Fig. 2.47, en las que tres se destinan a la entrada de mezcla A y dos a la salida de los residuos E.

Honda dispone de una culata de ocho válvulas, cuatro A de admisión y otras cuatro E de escape, empleada en un motor muy especial que dispone también de pistones P de sección no circular, sino más o menos oval, lo que permite alinear las válvulas de cada función. Este tipo de motor se puede observar en la Fig. 2.48.

El tamaño y el número de las válvulas a emplear es objeto de un estudio previo, en el que no sólo se tiene en cuenta el rendimiento, sino también el comportamiento del motor, el régimen necesario, el sistema de accionamiento, y, por supuesto, el coste comercial.

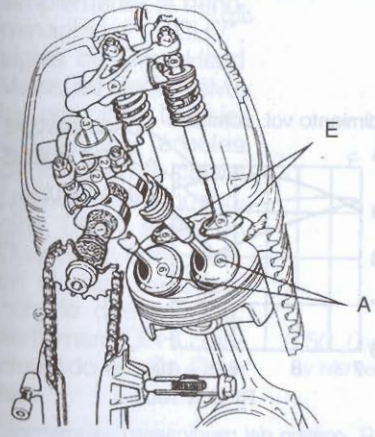
En general, un sistema de distribución con dos válvulas dispone de una sección de paso menor. Esto es un inconveniente para alcanzar elevados regímenes, ya que no hay posibilidad de trasvasar toda la masa gaseosa necesaria, pero, por el contrario, en regímenes bajos y medios

es favorable, ya que en este momento no es necesario un llenado completo, y el paso es suficiente.

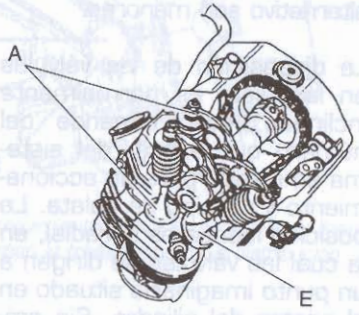


2.44. Elementos de la distribución de dos válvulas por cilindro de un motor Honda.

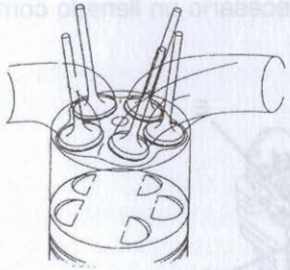
Las culatas multiválvula por el contrario están dirigidas a motores con mayores rendimientos, que requieren llenados muy rápidos y completos en periodos de tiempo muy cortos. Esto obliga a aumentar la sección de paso al máximo. Los contras vienen dados de la excesiva sección con que se



2.45. Motor BMW con cuatro válvulas por cilindro.



2.46. Motor de tres válvulas por cilindro.



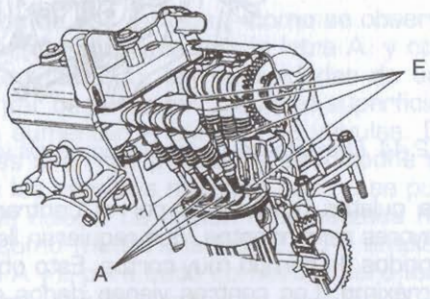
2.47. Culata de Yamaha con cinco válvulas.

encuentra el motor en regímenes menos elevados y cargas parciales, en los cuales los gases tienen demasiado paso, de modo que entran pronto y acaban saliendo por los conductos de escape, por lo que la distribución no se ajusta a estas condiciones. En la Fig. 2.49 se puede ver un gráfico en el cual se muestra el rendimiento volumétrico de tres tipos diferentes de culatas, dependiendo del régimen de giro. En todas las cilindradas es semejante. Como se puede observar, la culata de dos válvulas tiene un rendimiento mayor en regímenes bajos, siendo superada por las culatas multiválvulas en los regímenes superiores, en los que destaca la de cinco válvulas, que dispone de una mayor sección de paso.

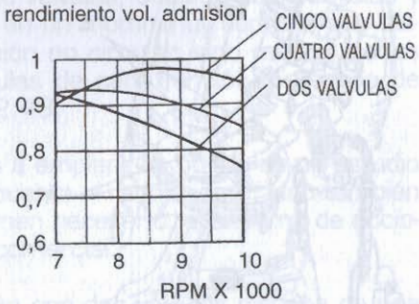
En general, a mayor número de válvulas —y por tanto de sección— el comportamiento del motor es más deportivo, y se benefician los regímenes mayores a costa de los menos elevados.

Las válvulas de los motores que disponen de un mayor número de ellas son más pequeñas, y por tanto más ligeras. Esto favorece también su refrigeración e incrementa las posibilidades de aumentar la velocidad de giro, ya que las inercias causadas por su movimiento alternativo son menores.

La disposición de las válvulas en la culata es normalmente inclinada, pero depende del número que exista, del sistema empleado para su accionamiento y del tipo de culata. La posición idónea es la radial, en la cual las válvulas se dirigen a un punto imaginario situado en el centro del cilindro. Sin embargo, esta posición es algo complicada en motores de



2.48. Motor Honda con ocho válvulas por cilindro.

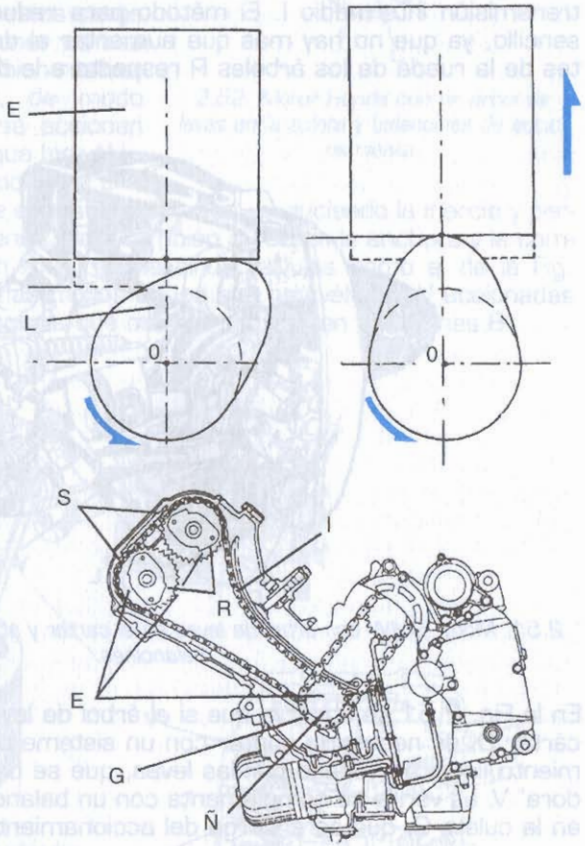


2.49. gráfico del rendimiento volumétrico de motores de dos, tres y cuatro válvulas y cinco dependiendo del régimen.

más de dos válvulas. Por ello es corriente situarlas paralelas con un ángulo determinado entre ellas, que es muy variable. Actualmente se tiende a reducir el ángulo, de modo que se consiga una cámara de combustión muy compacta, al tiempo que se disminuyen las dimensiones de la culata. Ocasionalmente los sistemas multiválvulas emplean válvulas radiales o paralelas, si se usan culatas planas de tipo Heron o similares.

6.2. Sistemas de accionamiento

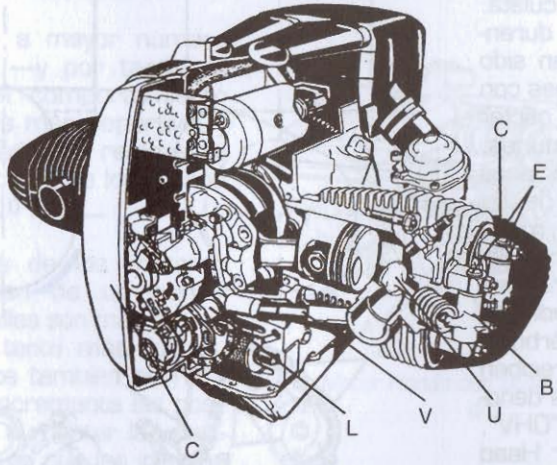
Actualmente, los sistemas de distribución disponen en la práctica totalidad de los modelos los árboles de levas en la culata. Sin embargo, durante décadas han sido las distribuciones con árboles en el cárter las más comunes. Hay denominaciones para cada tipo de distribución, de modo que los motores llegan a diferenciarse por este motivo. Los sistemas con árboles en el cárter reciben simplemente la denominación "OHV", siglas de Over Head Valve, es decir, válvulas en culata. Los sistemas con árboles de levas en la culata reciben la denominación "OHC", siglas de Over Head Cam, que, en el caso de disponer de dos árboles, se llaman "DOHC", incluyendo el afijo Double.



2.50. Conversión del movimiento giratorio de la leva en lineal y elementos que forman la transmisión de la distribución.

Como se ve en la Fig. 2.50, en todos los casos el desplazamiento de las válvulas se realiza por medio de levas L. Estas piezas están formadas

por un cilindro de base ovoide que gira de manera excéntrica, con un centro de giro O, de modo que cualquier elemento E, en contacto permanente con ellas, sufre un movimiento de vaivén cuando ellas giran. En los motores de cuatro tiempos, los periodos de distribución se repiten cada dos vueltas del cigüeñal, de modo que es muy sencillo activar las válvulas sin más que conectar los árboles giratorios que contienen las levas a cualquier elemento que gire con el cigüeñal y dotarlos de un mecanismo desmultiplicador, que divida la velocidad del cigüeñal por dos. El método clásico es unir los árboles de levas L al cigüeñal G por medio de engranajes E, bien de contacto directo o bien con un sistema de transmisión intermedio I. El método para reducir la velocidad es muy sencillo, ya que no hay más que aumentar al doble el número de dientes de la rueda de los árboles R respecto a la del cigüeñal Ñ.

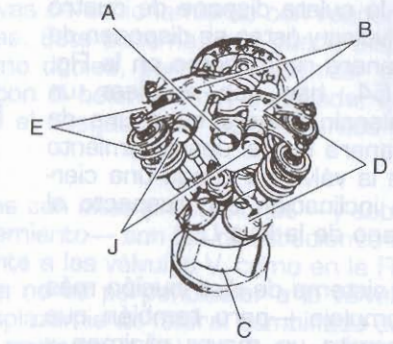


2.51. Motor BMW con árbol de levas en el carter y accionamiento por varillas y balancines.

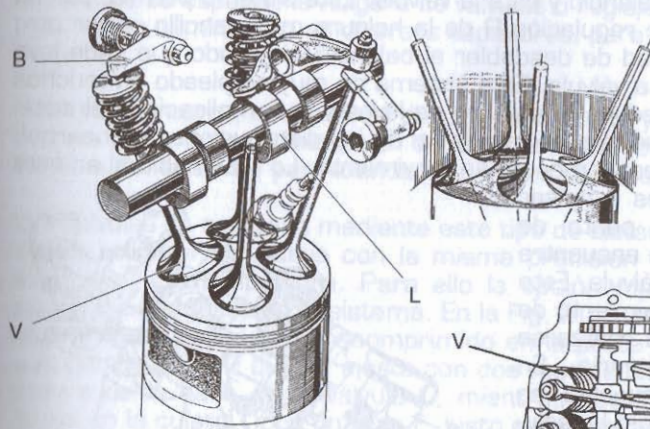
En la Fig. 2.51 se observa que si el árbol de levas L se encuentra en el cárter C, es necesario contar con un sistema de transmisión del movimiento lineal provocado por las levas, que se denomina "varilla empujadora" V. La varilla se complementa con un balancín B cuyo eje E está fijo en la culata C, que se encarga del accionamiento de las válvulas U.

Cuando el árbol se encuentra en la culata hay varios sistemas diferentes. En la Fig. 2.52 únicamente hay un árbol A que contiene las levas L de las válvulas de admisión D y de escape E. La disposición más habitual es intercalar un balancín B entre la leva y la válvula, de modo que el movimiento se transmita con el giro de este elemento sobre unos ejes fijos J, que son independientes para cada grupo de válvulas. Esto exige que

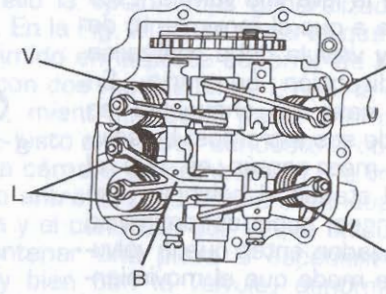
los balancines adquieran una cierta inclinación o que las válvulas no se encuentren en un mismo plano perpendicular al cilindro C, ya que las levas deben estar situadas en el árbol una a continuación de la otra. En caso de motores con tres, cuatro o cinco válvulas por cilindro, la disposición monoárbol no es frecuente, pero se da en ocasiones, sobre todo en los dos primeros. En estos casos se puede optar por disponer de una leva para cada válvula, o bien realizar balancines desdoblados, de modo que con una sola leva se accionen dos válvulas. Esto exige que las válvulas estén paralelas. La opción de una leva por válvula disminuye el peso del balancín, reduciendo la inercia y permitiendo mayores regímenes, pero también aumenta la anchura y la complicación del sistema. En motores de cinco válvulas como el de la Fig. 2.53, se emplean sistemas mixtos en los que hay válvulas V accionadas independientemente, mientras que otras L comparten balancines B.



2.52. Motor Honda con un árbol de levas en la culata y balancines de accionamiento.

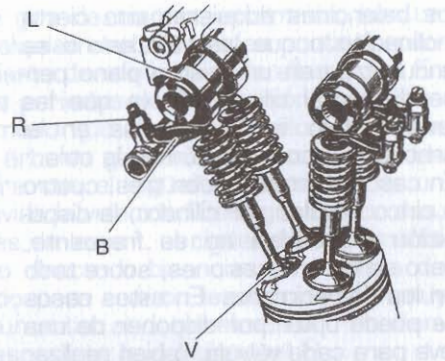


2.54. Motor Honda con válvulas situadas de forma radial.



2.53. Motor Yamaha de cinco válvulas con un árbol de levas en la culata y balancines simples y desdoblados.

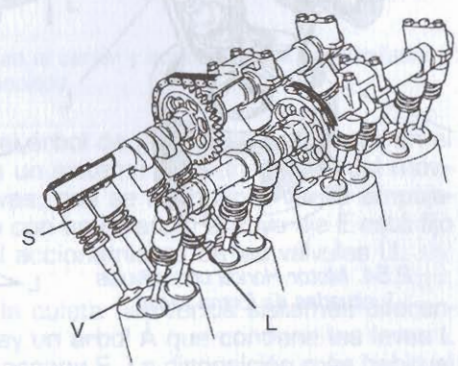
Si la culata dispone de cuatro válvulas y éstas se disponen de manera radial como en la Fig. 2.54, hay que emplear un balancín B para cada una de manera que el desplazamiento de la válvula V tenga una cierta inclinación con respecto al plano de la leva L.



2.55. Motor Kawasaki con cuatro válvulas por cilindro y accionamiento por doble árbol de levas con empujadores intermedios.

El sistema de distribución más complejo —pero también que permite un mayor régimen y más exactitud— es el que incluye dos árboles de levas: uno se encarga de accionar las válvulas de admisión y el otro las de escape. Se emplea en todo tipo de motocicletas deportivas, con especial relevancia en los motores multiválvulas.

En este caso, vuelven a convivir varios sistemas de accionamiento de las válvulas. El menos extendido, representado en la figura 2.55, consiste en un balancín B intermedio entre la leva L y la válvula V, de modo que la leva acciona el balancín y éste la válvula. Este sistema permite por un lado un sistema de regulación R de la holgura más sencillo, y por otro permite la posibilidad de desdoblar el balancín, de modo que cada leva accione más de una válvula. Este sistema es muy empleado en muchos motores, ya que reduce el número de levas y la complicación del sistema. El problema vuelve a ser similar al de las distribuciones monoárbol: el mayor peso de los elementos en movimiento. Lo más habitual en este tipo de sistema es emplear un balancín cuyo punto de pivotamiento no se encuentra entre la leva y la válvula. Esto obliga a que el movimiento de leva y válvula deba realizarse en dirección contraria. En este caso se encuentra en uno de sus extremos. La solución más común es que el árbol ataque al balancín, que entonces. suele denominarse empujador, antes que la válvula, de modo que el movimiento se realiza en la misma dirección y el desplazamiento esté ligeramente multiplicado,



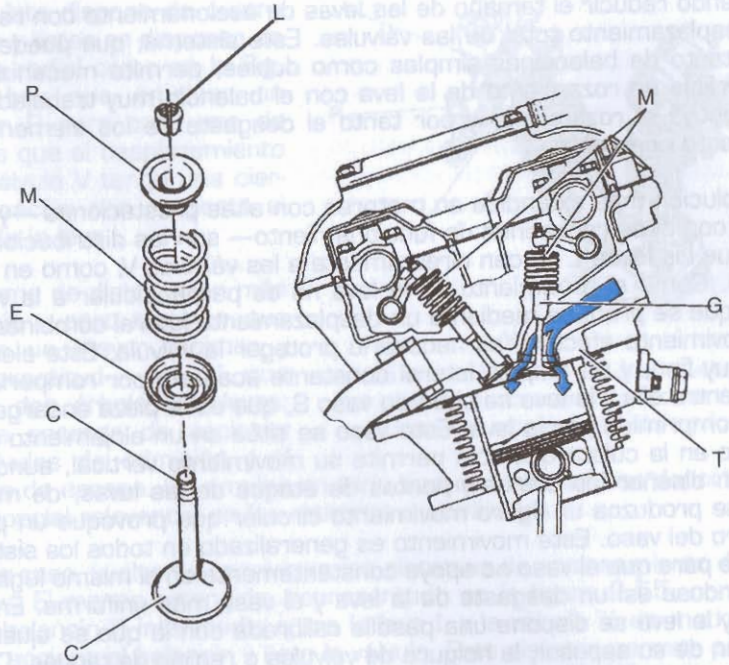
2.56. Motor Yamaha de cuatro válvulas por cilindro con accionamiento directo de las levas sobre las válvulas.

pudiendo reducir el tamaño de las levas de accionamiento con respecto al desplazamiento total de las válvulas. Este sistema, que puede disponer tanto de balancines simples como dobles, permite mecanizar una superficie de rozamiento de la leva con el balancín muy trabajada, que disminuya el rozamiento y por tanto el desgaste de los elementos en contacto constante.

La solución más extendida en motores con altas prestaciones —y sobre todo con altos regímenes de funcionamiento— son las distribuciones en las que las levas L atacan directamente a las válvulas V, como en la Fig. 2.56. Como el movimiento de la leva no es perpendicular a la válvula, sino que se produce mediante un desplazamiento lateral combinado con el movimiento efectivo, es necesario proteger la válvula. Este elemento es muy fino, y un empuje lateral constante acabaría por romperla. Por ello, entre ella y la leva se sitúa un vaso S, que es la pieza encargada de ser comprimida por la leva. Este vaso se sitúa en un alojamiento mecanizado en la culata que sólo permite su movimiento vertical, aunque se suelen diseñar los planos y puntos de ataque de las levas, de manera que se produzca un ligero movimiento circular que provoque un pequeño giro del vaso. Este movimiento es generalizado en todos los sistemas y sirve para que el vaso no apoye constantemente en el mismo lugar produciéndose así un desgaste de la leva y el vaso más uniforme. Entre el vaso y la leva se dispone una pastilla calibrada con la que se ajusta, en función de su espesor, la holgura de valvulas o reglaje de taqués. Dichas pastillas se suministran en diversos espesores, para así poder proceder al ajuste.

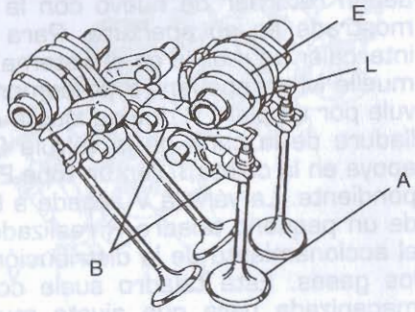
En el caso anterior, cada válvula dispone de una leva y, al eliminar los elementos intermedios a excepción del vaso de protección, se reducen las inercias del sistema, permitiendo una mayor precisión.

Las válvulas se accionan mediante este tipo de sistemas, pero además deben retornar de nuevo con la misma precisión y velocidad que la mostrada en su apertura. Para ello la opción más generalizada es intercalar un muelle en el sistema. En la Fig. 2.57 se observa que este muelle M se encuentra precomprimido en la parte superior de la válvula por un plato P que se ajusta con dos medias lunas L en una entalladura de la caña de la válvula C, mientras que la parte inferior se apoya en la culata T con un tope E, justo antes del. conducto O correspondiente. La válvula V accede a la cámara de combustión B a través de un pequeño taladro R realizado entre la zona donde se encuentra el accionamiento de la distribución y el conducto por el que discurren los gases. Este taladro suele contener una pieza G especialmente mecanizada para que ajuste muy bien con la válvula, denominada "guía" y sirve además para el engrase de la caña de la válvula. En su parte superior dispone de un retén para que el aceite no sea aspirado por el conducto y consumido rápidamente.



2.57. Elementos que forman el conjunto de las válvulas y sus alojamientos.

Los muelles deben ser especiales, ya que, trabajan a un régimen muy elevado y siempre deben cerrar la válvula, ya que en caso de fallo, ésta chocaría contra el pistón en el P.M. S. con la rotura consiguiente. Para que no exista la posibilidad de que el régimen de giro coincida con una vibración en la cual el muelle se mantenga abierto, se suelen incorporar dos muelles de diferente frecuencia de resonancia, de modo que si uno de ellos no funciona bien a un cierto régimen, el otro se encarga del cierre de la válvula. Para evitar problemas en caso de rotura de uno de ellos, se colocan siempre con sus hélices en sentido contrario, de modo que nunca se pueda introducir uno en el otro.



2.58. Sistema desmodrómico Ducati de accionamiento de las válvulas en una culata de cuatro elementos.

Este sistema es el más empleado, pero no es el único. Con los muelles se dispone de un mecanismo muy eficaz y simple, pero que puede tener un cierto grado de imprecisión, debido a la velocidad de funcionamiento del muelle y a las inercias propias del sistema, que pueden provocar ciertos retrasos a regímenes elevados. Además, en motos muy deportivas, los muelles trabajan a una frecuencia muy elevada, lo que obliga a construirlos bastante duros. El motor necesita por tanto de una potencia suplementaria dedicada únicamente a salvar la resistencia del muelle, que se debe restar de la realmente utilizable.

Para paliar estos efectos, hay sistemas en cuyo cierre no se emplean muelles, sino balancines similares a los empleados para el accionamiento. En la Fig. 2.58 se aprecia un sistema de este tipo. En este caso se debe contar con una leva L que active la válvula A en uno de los sentidos, y otra E que lo haga en contrario, contando con los correspondientes balancines B de accionamiento. Este sistema se denomina "desmodrómico", y es muy utilizado por marcas determinadas. Ocasionalmente los sistemas desmodrómicos disponen de muelles de apoyo, que facilitan la tarea.

El sistema es más complicado porque requiere accionamientos dirigidos en ambos sentidos, pero evita la posibilidad de que la válvula se quede abierta más tiempo del requerido por el diagrama de distribución.

6.3. Mando de la distribución

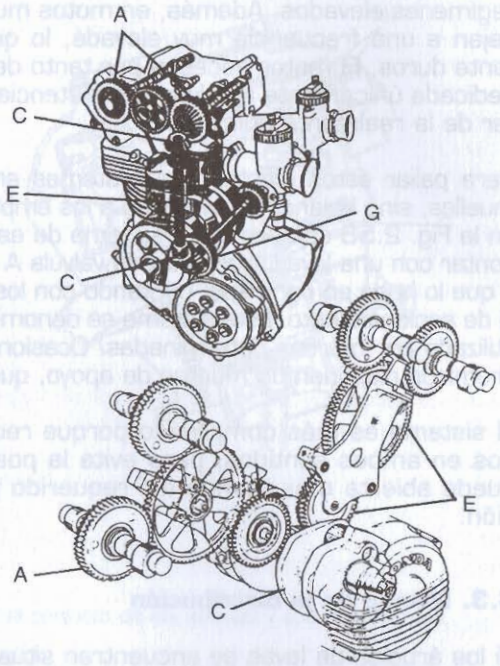
Si los árboles de levas se encuentran situados en el cárter, su accionamiento se puede realizar de una manera muy sencilla, simplemente mediante un engranaje que lo conecte con el cigüeñal, dotándolo del doble de dientes para reducir a la mitad la velocidad de giro. Si la distancia entre los dos ejes es algo elevada, puede intercalarse una cadena que cumpla la misión.

En los motores en los cuales los árboles de levas se encuentran en la culata, la operación es algo más complicada debido a la existencia de elementos situados entre ellos como el cilindro, pistón, etc.... En este caso hay varios sistemas de accionamiento, que se pueden clasificar en sistemas "rígidos" y sistemas "elásticos".

Los sistemas rígidos están formados por engranajes. Para salvar la distancia se puede intercalar una cascada con varios engranajes E conectados en serie, como en la Fig. 2.59, de manera que la relación entre el giro del cigüeñal C y el del árbol A de levas sea 2 a 1, de tal forma que el cigüeñal dé dos vueltas por cada una del árbol de levas. Esta construcción es relativamente complicada por la necesidad de diseñar una serie de engranajes con un ajuste muy preciso, ya que tanto la distancia que deben salvar como el posible juego entre los dientes deben

mantener una tolerancia mínima, de modo que no se produzca ningún desfase entre las válvulas y el cigüeñal.

Otros sistemas de este tipo también ilustrados en la Fig. 2.59 están formados por ejes E dotados de engranajes cónicos C en sus extremos. En este caso, la relación entre los dientes de los piñones unidos al cigüeñal G y a los árboles A debe ser de nuevo de 2 a 1. Al igual que la cascada de engranajes proporciona una gran exactitud a base de una mayor complicación.



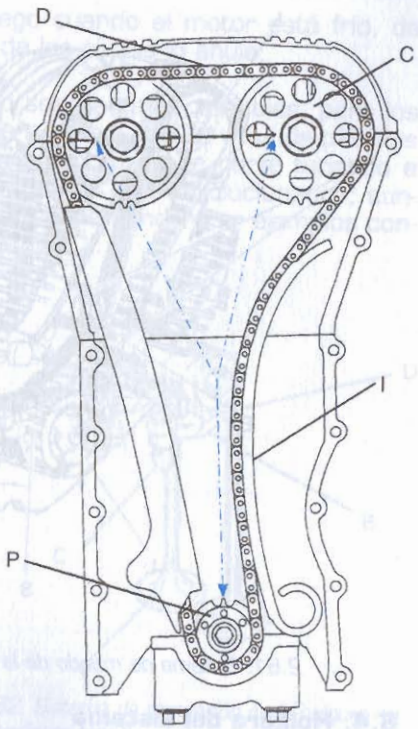
2.59. Sistemas de mando de la distribución mediante elementos rígidos; eje y engranajes.

Los sistemas elásticos pueden estar formados por una transmisión mediante cadena, o por una correa dentada. El primer caso es sin duda el más empleado, sobre todo por los constructores japoneses, que han acabado imponiéndolo en la mayoría de los modelos. En la Fig. 2.60 se ve uno de estos sistemas. En este caso, se utiliza un piñón P sobre el cigüeñal, que se conecta con los árboles que disponen a su vez de una corona C. Si el sistema es de doble árbol, se debe insertar una corona en cada árbol, de modo que ambos son accionados por la misma cadena D. El sistema simplifica la transmisión de movimiento en los motores de doble árbol de levas, por lo que es el más utilizado, con diferencia, en motores dotados del sistema de distribución DOHC. Algún motor veterano, diseñado originalmente como monoárbol, utiliza un sistema de accionamiento desdoblado, de tal forma que desde el cigüeñal sólo se acciona un árbol, transmitiéndose el movimiento al segundo mediante otra cadena de reenvío desde el primer árbol.

La cadena de transmisión debe mantener una tensión constante, y su estiramiento es muy perjudicial, ya que, al variar la longitud del elemento de transmisión, la distribución cambia sus cotas. Las cadenas utilizadas suelen ser de rodillos, pero en ocasiones también se

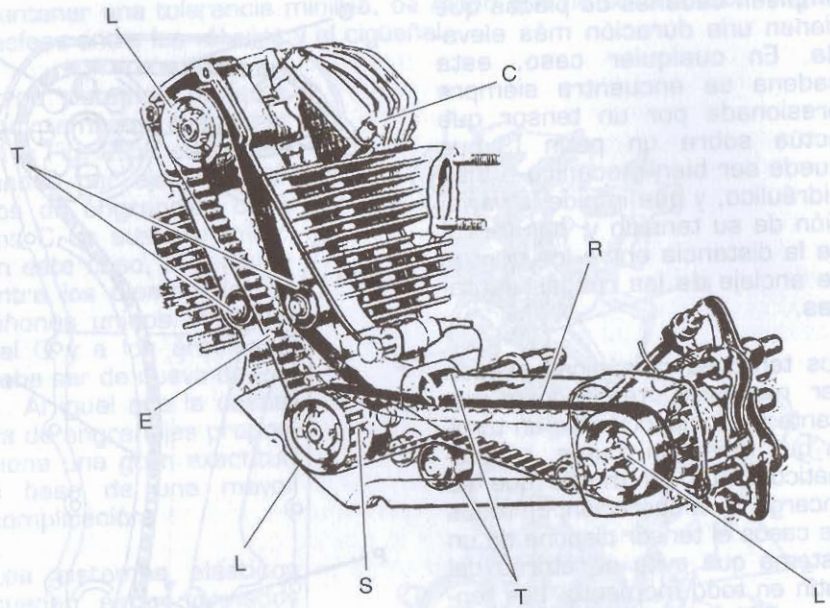
emplean cadenas de placas que tienen una duración más elevada. En cualquier caso, esta cadena se encuentra siempre presionada por un tensor que actúa sobre un patín I, que puede ser bien mecánico o bien hidráulico, y que impide la variación de su tensión y, por tanto, de la distancia entre los puntos de anclaje de las ruedas dentadas.

Los tensores mecánicos pueden ser manuales, tensándose mediante la introducción de un tornillo que tensa un muelle, o automáticos, con un muelle que se encarga de la operación. En todos los casos el tensor dispone de un sistema que evita el retorno del patín en todo momento. Los tensores hidráulicos funcionan gracias a la presión de aceite enviada por la bomba de engrase, que mantiene el patín en su lugar, de modo que sólo funciona con el motor en marcha.



2.60. Sistema de mando de la distribución mediante cadena.

El último sistema empleado habitualmente en motocicletas es la "correa dentada". Es un sistema similar a la cadena, aunque en este caso se instala en el exterior del bloque de los cilindros C, como en la Fig. 2.61, ya que, al contrario que la cadena, no necesita ser engrasada. La correa R es de tipo dentada, y necesita también de unos tensores T formados por ruedas locas que mantienen la tensión. El accionamiento se realiza por medio de ruedas talladas L con estrías S que coinciden con los dientes E de la correa. Las ventajas de este sistema respecto de las cadenas vienen dadas por la ausencia de engrase, de estiramientos y su situación exterior, que permiten un mantenimiento más bajo. Los inconvenientes son el precio y la necesidad de respetar los intervalos de sustitución escrupulosamente para evitar roturas inesperadas de la correa. Por otra parte, respecto a la cadena, aumenta la anchura del motor, al tener que ir aislada del aceite, cuya presencia la deteriora rápidamente.



2.61. Sistema de mando de la distribución mediante correa dentada.

6.4. Holgura del sistema

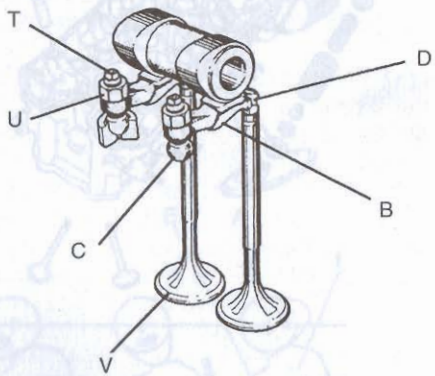
El accionamiento de las válvulas requiere una exactitud total, por tanto la holgura entre los diferentes elementos debe ser nula en todo momento. Si hay juego entre algunos elementos, la leva no accionará la válvula en el momento preciso, sino un poco después, cuando gire lo suficiente como para que su rampa salve la distancia que existe entre su parte circular y el balancín y el vaso. Esto trae como consecuencia un periodo de admisión y escape menor, y un continuo golpeteo en la zona de contacto, que acabará por dañar los elementos. El caso contrario es igualmente perjudicial, ya que, si los elementos están presionados, la válvula está accionada constantemente, lo que trae como consecuencia un cierre defectuoso que provoca una falta de compresión en la cámara de combustión y un considerable aumento de la temperatura en la válvula y su asiento, ya que el gas caliente que se produce en la combustión rodea la válvula. Este elemento no está preparado para ello, por lo que acaba dañándose. Además, la continua fricción entre los elementos de accionamiento provoca desgastes anormales y rápidos.

Para evitar que estas situaciones se produzcan, hay que intentar que, bajo temperaturas de funcionamiento, la holgura del sistema sea nula.

Esto obliga a mantener un cierto juego cuando el motor está frío, de modo que al calentarse la dilatación de las piezas lo anule.

Los sistemas para regular este juego son bastante variables, pero los más importantes son los conjuntos de tuerca y tornillo y los de pastillas calibradas. Los primeros se emplean en motores de corte turístico e incluso deportivo, y los segundos en modelos más revolucionados; aunque no es una regla general, ya que se pueden encontrar ejemplos contrarios a esta norma en ambos extremos.

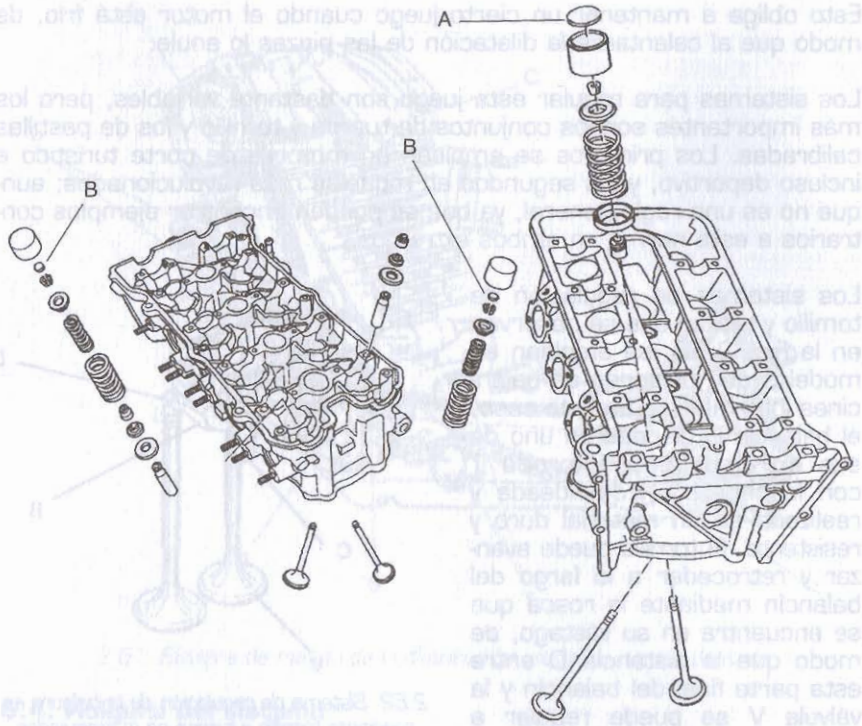
Los sistemas de regulación de tornillo y tuerca que se observan en la Fig. 2.62, se emplean en modelos que disponen de balancines intermedios. En este caso, el balancín B dispone en uno de sus extremos de un tornillo T con la cabeza C redondeada y realizada en un material duro y resistente. El tornillo puede avanzar y retroceder a lo largo del balancín mediante la rosca que se encuentra en su vástago, de modo que la distancia D entre esta parte final del balancin y la válvula V se puede regular a voluntad. Para fijar el tornillo de manera rígida y permanente se bloquea con una tuerca que lo aprieta por la parte contraria del balancín.



2.62. Sistema de regulación de la holgura en mediante tornillo y tuerca en el empujador.

La sencillez de la regulación es notable, ya que únicamente hay que aflojar las tuercas y girar el tornillo para variar la holgura. Su principal defecto es la menor estabilidad del sistema de regulación frente al uso.

El segundo sistema se puede emplear tanto en distribuciones que disponen de balancines, como en las que la válvula es accionada directamente por la leva con un vaso intermedio. Consiste en intercalar una pastilla de una anchura calibrada entre la punta del balancín y la válvula, entre la leva y el vaso intermedio, o entre éste y la válvula. En la Fig. 2.63 se pueden ver los dos últimos sistemas, que son los más empleados. La pastilla debe elegirse de manera que la holgura entre las piezas en frío sea la adecuada para que cuando se caliente desaparezca. En el primer caso, la pastilla recibe en frío los golpes del balancín, y en el segundo caso recibe constantemente el roce de la leva, de manera que su desgaste es mas pronunciado, mientras que en el tercero, al estar resguardada y ser el vaso el que roza con la leva, está más protegida.

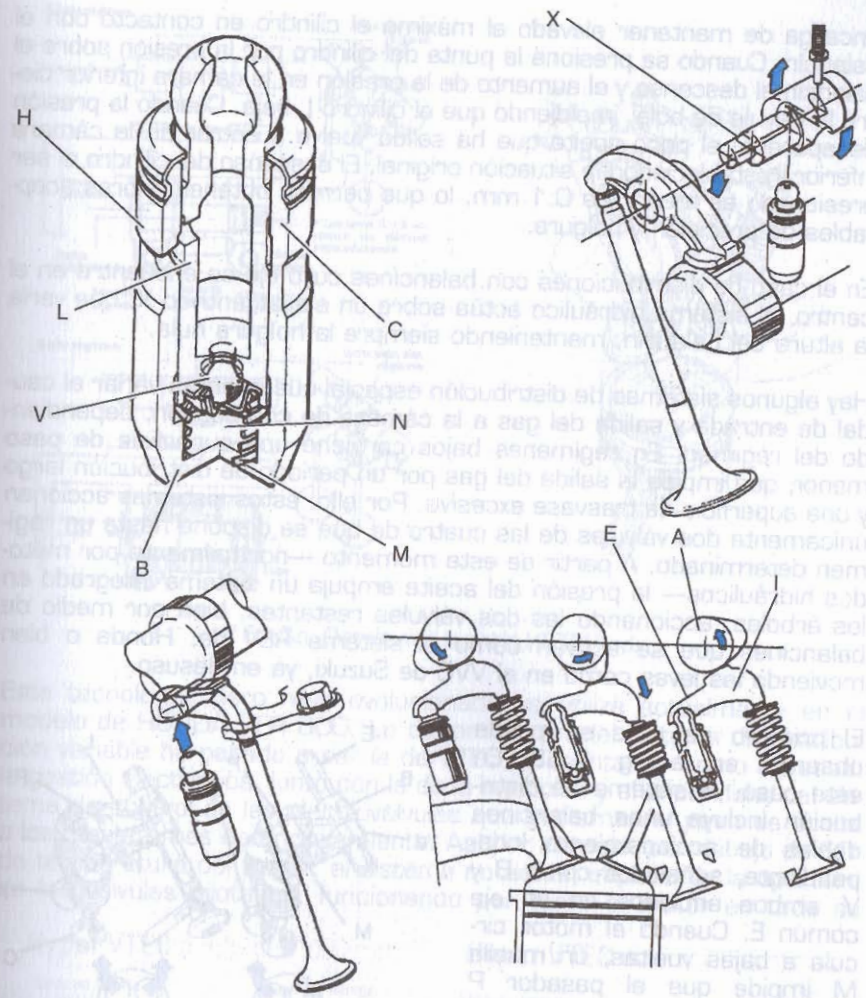


2.63. Sistema de regulación de la holgura mediante pastillas situadas sobre el vaso o debajo de el..

La pastilla se instala en un alojamiento que impide su salida cuando la moto funciona. Este sistema es más duradero que el de tornillo y tuerca, pero requiere un mantenimiento más elaborado ya que no sólo hay que acceder a la pastilla —que suele ser más complicado que el acceso al tornillo, debiendo incluso desmontar algunos elementos— sino que además es necesario contar con la pastilla de la anchura adecuada para mantener el juego preciso. En el dibujo se señala con la letra A la pastilla situada en el exterior, mientras que las señaladas con la letra B son las que se encuentran protegidas bajo el vaso.

Hay algunos sistemas que evitan la necesidad de mantener este juego en frío. Son los denominados "sistemas hidráulicos" en los que sea cual sea la temperatura, la holgura de las piezas se mantienen nula.

En la Fig. 2.64 se ilustra uno de ellos, constituido por un sistema que integra un balancín intermedio I entre la leva y la válvula. El balancín tiene su punto de apoyo en uno de sus extremos E, atacando la leva A en el



2.64. Sistema de regulación automática de la holgura mediante sistema hidráulico.

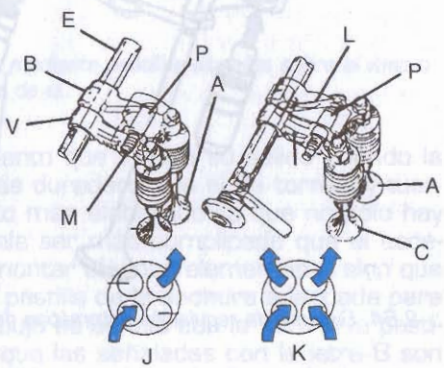
centro del balancín. La holgura nula se mantiene regulando el punto de anclaje del balancín, de modo que no haya nunca juego. Para ello, el apoyo del balancín está formado por un mecanismo hidráulico H que regula su altura inicial por medio de un muelle M e impide la bajada del apoyo del balancín cuando se le presiona. Dispone así de un cilindro C en el que se introduce otro mas pequeño L. Entre los dos, en la base B del mecanismo, se realiza una cámara N cuya entrada está regulada por una válvula de bola V. El cilindro está repleto de aceite, de modo que, cuando el balancín no recibe presión, el muelle M situado en la zona inferior se

encarga de mantener elevado al máximo el cilindro en contacto con el balancín. Cuando se presiona la punta del cilindro por la presión sobre el balancín el descenso y el aumento de la presión en la cámara inferior cierra la válvula de bola, impidiendo que el cilindro L baje. Cuando la presión desaparece, el poco aceite que ha salido vuelve a entrar en la cámara inferior, restableciendo la situación original. El descenso del cilindro al ser presionado es menor de 0.1 mm, lo que permite obtener valores aceptables de precisión y holgura.

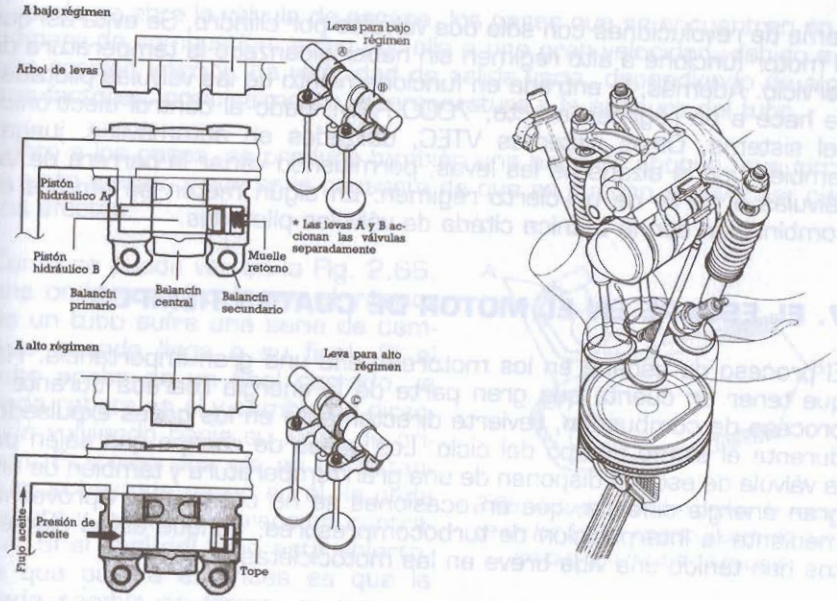
En el caso de distribuciones con balancines cuyo eje se encuentra en el centro, el sistema hidráulico actúa sobre un eje excéntrico X, que varía la altura del balancín, manteniendo siempre la holgura nula.

Hay algunos sistemas de distribución especial que intentan variar el caudal de entrada y salida del gas a la cámara de combustión, dependiendo del régimen. En regímenes bajos conviene una superficie de paso menor, que impida la salida del gas por un periodo de distribución largo y una superficie de trasvase excesiva. Por ello, estos sistemas accionan únicamente dos válvulas de las cuatro de que se dispone hasta un régimen determinado. A partir de este momento —normalmente por métodos hidráulicos— la presión del aceite empuja un sistema integrado en los árboles, accionando las dos válvulas restantes, bien por medio de balancines que se activan como el sistema REV de, Honda o bien moviendo las levas como en el VVC de Suzuki, ya en desuso.

El primero de ellos se puede observar en la Fig. 2.65. En este caso, el sistema de distribución incluye unos balancines dobles de accionamiento independiente, señalados como B y V, ambos anclados en un eje común E. Cuando el motor circula a bajas vueltas, un muelle M impide que el pasador P transmita el movimiento del balancín B sobre el que actúa la leva, al balancín V, de modo que únicamente se accionan una válvula en cada sentido, tal y como se aprecia en la Fig. J. Cuando el motor acelera, la presión de aceite suministrada por la bomba aumenta, de modo que la presión en el conducto L sube hasta el punto de conseguir desplazar el pasador P contra el muelle. De esta manera el movimiento del balancín B se transmite al V al estar unidos por el pasador P, y se acciona las cuatro válvulas como se ve en la Fig. K.

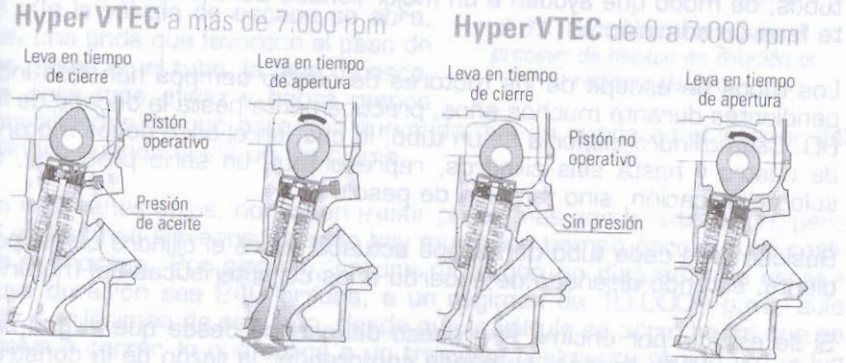


2.65. Sistema de distribución variable de tipo REV en una Honda CBR 400.



2.65 Bis. Distribución variable VTEC Honda.

Esta tecnología, pero más evolucionada se utiliza actualmente en el modelo de HONDA VFR 800. La denominación del sistema de distribución variable ha pasado a ser la de VTEC, presentando como novedad, la gestión electrónica, junto con la de la inyección y el encendido, del sistema de control de las electroválvulas que gobiernan el paso de aceite a los mecanismos de enclavamiento. Así por ejemplo, por debajo de 60º de temperatura del motor, el sistema no actúa, impidiendo la apertura de las valvulas pilotadas, funcionando por tanto el motor en toda su



2.65 Tris. Sistema VTEC empleado en el modelo VFR 800.

gama de revoluciones con sólo dos válvulas por cilindro. Se evita así que el motor funcione a alto régimen sin haber alcanzado la temperatura de servicio. Además, la entrada en funcionamiento de las válvulas pilotadas se hace a un régimen exacto, 7000 RPM, dado el control electrónico del sistema. Otros sistemas VTEC, utilizados en automóviles, juegan también con la alzada de las levas, permitiendo variar la carrera de las válvulas a partir de un cierto régimen. En algún motor, se emplea en combinación con la técnica citada de válvulas pilotadas.

7. EL ESCAPE EN EL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

El proceso de escape en los motores tiene una gran importancia. Hay que tener en cuenta que gran parte de la energía liberada durante el proceso de combustión, revierte directamente en los gases expulsados durante el último tiempo del ciclo. Los gases de escape que salen por la válvula de escape disponen de una gran temperatura y también de una gran energía cinética, que en ocasiones se ha conseguido aprovechar mediante la interposición de turbocompresores, aunque estos elementos han tenido una vida breve en las motocicletas.

Las características de los gases de escape —principalmente las dos comentadas— obligan a que sobre ellos se realice un tratamiento adecuado. Inicialmente, los constructores únicamente se dedicaron a canalizarlos para evitar quemaduras sobre el piloto y los ocupantes. Con posterioridad, también se comenzaron a silenciar, ya que, además de las altas temperaturas, los gases también poseen una cierta vibración, que en parte es sonora.

En los últimos tiempos, se ha intentado además aprovechar estas ondas que acompañan a los gases en beneficio del rendimiento del propio motor, ajustando el tamaño, la longitud y las uniones de los diferentes tubos, de modo que ayuden a un mejor llenado del cilindro en la siguiente fase de admisión.

Los tubos de escape de los motores de cuatro tiempos han sido independientes durante muchos años, prácticamente hasta la década de los 80. Cada cilindro disponía de un tubo, lo que, en el caso de los motores de cuatro y hasta seis cilindros, representaba un serio problema, no sólo de ubicación, sino también de peso.

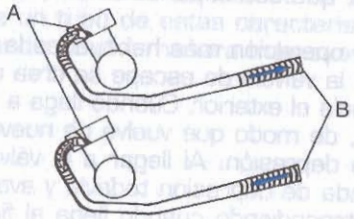
Básicamente cada tubo de escape actuaba sobre el cilindro correspondiente, estando diseñado de acuerdo a las características del motor.

Si se estudia por encima el proceso del escape desde que el gas sale de la válvula de escape, se puede comprender la razón de la construcción de escapes de medidas concretas.

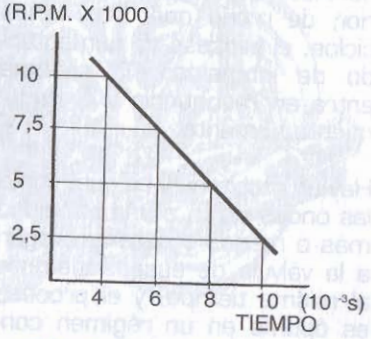
Cuando se abre la válvula de escape, los gases que se encuentran en la cámara de combustión, salen por ella a una gran velocidad, debido a la alta presión interior. La velocidad de salida varía, dependiendo de algunos factores, principalmente la temperatura y la anchura del tubo.

Junto a los gases, se produce también una onda de choque, que circula junto a ellos, y que es la causante de que se puedan aprovechar ciertos efectos.

Como se puede ver en la Fig. 2.66, una onda que circula por el interior de un tubo sufre una serie de cambios cuando llega a su final. Si el tubo acaba en un final cerrado, la onda rebota en él y cambia de dirección volviendo hacia su lugar de origen. Es como una ola en un estanque, si hay una pared en él, la onda rebota y vuelve en dirección contraria. Si el final del tubo está abierto, lo que ocurre entonces es que la onda cambia de forma, si era una onda de presión, se convierte en una onda de depresión, y si era de depresión en una de presión. La dirección continúa siendo la contraria a la que tenía antes de llegar al final del tubo.



2.66. Actuación de las ondas de escape en los finales abierto y cerrado que existen en un tubo de escape.



2.67. Tiempo requerido para el proceso de escape en relación el régimen de giro.

Estas propiedades se pueden aprovechar para mejorar la extracción del gas de escape de la cámara de combustión, ya que, si en el momento en el que la válvula de escape se abre, hay una onda que favorece el paso de los gases en el tubo, la fase de escape será más eficaz y habrá menos posibilidades de que haya gas quemado que se quede en el interior del cilindro cuando la válvula se cierre.

En regímenes bajos, no suelen existir problemas con la extracción, pero sí en los más elevados, cuando hay muy poco tiempo para que se realice el proceso. Por ejemplo, en una moto con un diagrama de escape cuya duración sea 240 grados, a un régimen de 10.000 r.p.m., sólo hay 4 milésimas de segundo, desde que la válvula se abre, hasta que se vuelve a cerrar, lo que obliga a un trasvase realmente rápido. En la Fig 2.67 se puede observar la relación entre el tiempo requerido para el

periodo de escape y el régimen del motor en los tres motores en los que se estudió el diagrama de distribución, que disponían de periodos bastante diferentes.

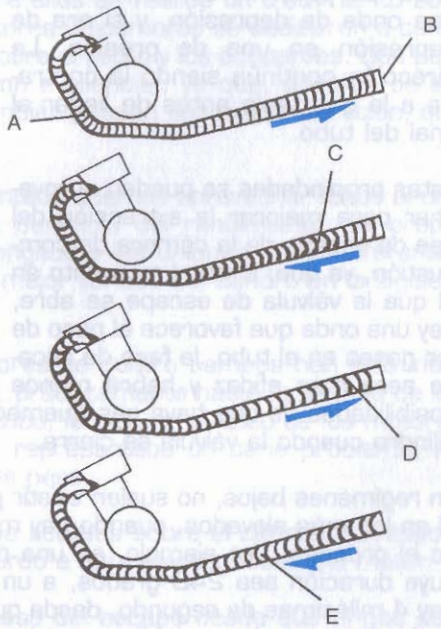
Si se dispone de un tubo de escape para cada cilindro, este tubo debe encargarse de modificar las ondas de manera que ayuden a la extracción. En un conducto tenemos un final abierto que corresponde con la salida al exterior de uno de sus extremos, y también existe un final cerrado, que corresponde al extremo tapado con la válvula de escape.

La operación más habitual es la siguiente: siguiendo la Fig 2.68, al abrirse la válvula de escape se crea una onda de presión, que recorre el tubo hacia el exterior. Cuando llega a la salida, se encuentra con un final abierto, de modo que vuelve de nuevo hacia el motor convertida en una onda de depresión. Al llegar a la válvula, que ya se ha cerrado, rebota como onda de depresión todavía y avanza hacia la salida, para volver de nuevo retrocediendo cuando llega al final, convertida esta vez en onda de presión. Al llegar a la válvula rebota, de modo que tiene las mismas características que cuando se creó. En ese momento, se abre la válvula de escape, y los gases salen, siendo ayudados por la onda, que va abriendo camino. Además, se suman dos ondas, la inicial y la que provenía del ciclo anterior, de modo que, con varios ciclos, el proceso va aumentando de intensidad. El sistema entra en resonancia y el rendimiento aumenta.

Hay un problema y es que, como las ondas viajan a una velocidad más o menos constante, llegan a la válvula de escape siempre al mismo tiempo, y el proceso es óptimo en un régimen concreto en el cual el tiempo entre dos aperturas de la válvula de escape es el mismo que en cuatro viajes de la onda. Para ajustarlo, se estudia la longitud del tubo de escape.

Si el régimen es menor, la onda llega demasiado pronto, y si es mayor, la onda llega demasiado tarde.

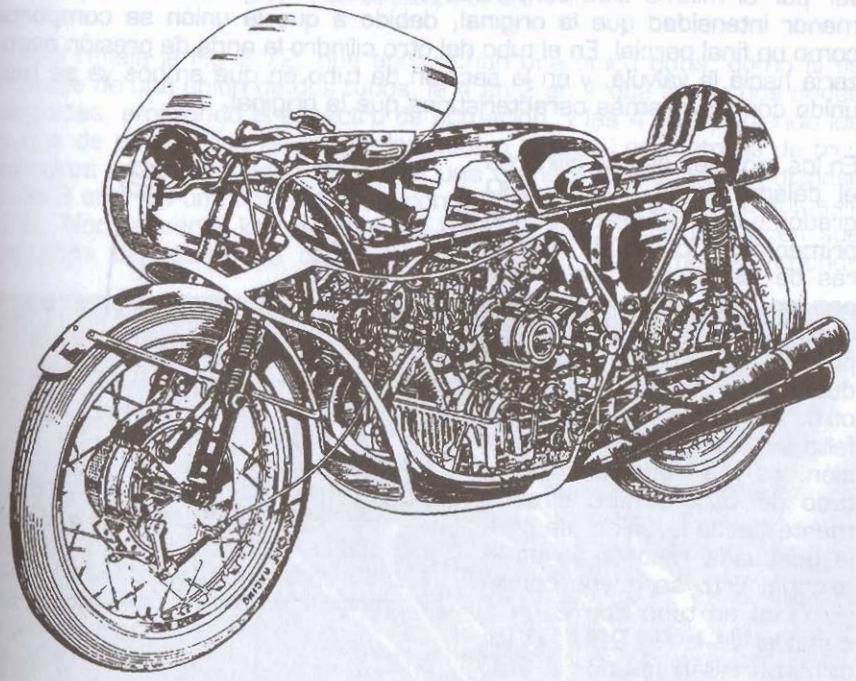
En estas condiciones, las ondas tienen un comportamiento muy



2.68. Funcionamiento de un tubo de escape con ondas en resonancia.

brusco, algo que se puede evitar realizando ensanchamientos o estrechamientos. En el primer caso, el tubo actúa como un final cerrado parcial, es decir, se crea la onda correspondiente al final completo, pero no con la totalidad de la onda. Se aumenta el periodo de actuación y se reduce la intensidad del proceso.

Esto se aprovecha para ofrecer al motor un mayor periodo en el que se beneficie, denominándose este tubo de escape "megáfono", por tener un final que aumenta poco a poco de sección, como si se tratase de un altavoz primitivo. En la Fig 2.69 aparece un tubo de estas características. Con él las ondas se modulan, actuando de una manera más suave y en un régimen más amplio.



2.69. Tubos de escape de tipo megáfono en una motocicleta de competición.

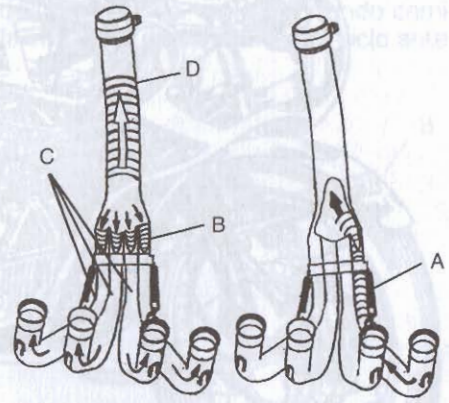
En los motores de varios cilindros actuales, lo normal no es contar con un tubo de escape para cada cilindro como ocurría antes. El peso que supone contar con tres o cuatro tubos de metal, el espacio que ocupan, e incluso el precio de la construcción, han llevado a emplear únicamente colectores separados, compartiendo varios de los cilindros una salida común.

Además, la unión de los tubos de los diferentes cilindros puede también ayudar en las tareas de extracción, sirviendo no sólo en el cilindro que crea la onda, sino también en el resto.

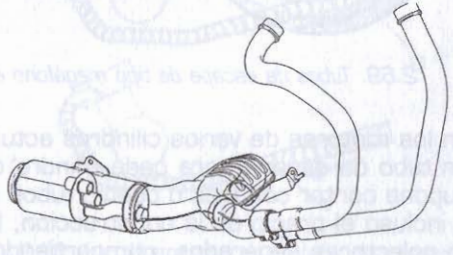
En este caso, dependiendo del número de cilindros, de su disposición, del calado de cada uno, y de otros factores, se pueden unir los tubos de varios cilindros. Las uniones de los tubos actúan como si fueran finales abiertos parciales en el tubo por donde circulaba la onda inicialmente, mientras que en los demás la onda inicial recorre el tubo, tomando como origen el punto de unión.

Por poner un ejemplo, en la Fig 2.70, en la unión de dos tubos, una onda inicial de presión creada por la salida de los gases, pasaría a volver por el mismo sitio convertida en onda de depresión, aunque con menor intensidad que la original, debido a que la unión se comporta como un final parcial. En el tubo del otro cilindro la onda de presión avanzaría hacia la válvula, y en la sección de tubo en que ambos ya se han unido con las mismas características que la original.

En los motores de dos cilindros el calado puede ser de 360 grados o de 180 grados. En el primer caso, como las aperturas de los escapes se producen en intervalos regulares—cada 360 grados de giro— se puede aprovechar la onda producida por un cilindro en el otro. En este caso, sólo hace falta un viaje de la onda de presión, ya que, al entrar en el tubo del otro cilindro directamente desde la unión, se crea la adecuada resonancia en el escape. Esto se puede conseguir con un tubo tipo 2 en 1 como el de la Fig 2.71. Si los cilindros están calados a 180 grados, no hay intervalos regulares de explosión, por lo que no se pueden aprovechar al máximo las propiedades de las ondas.

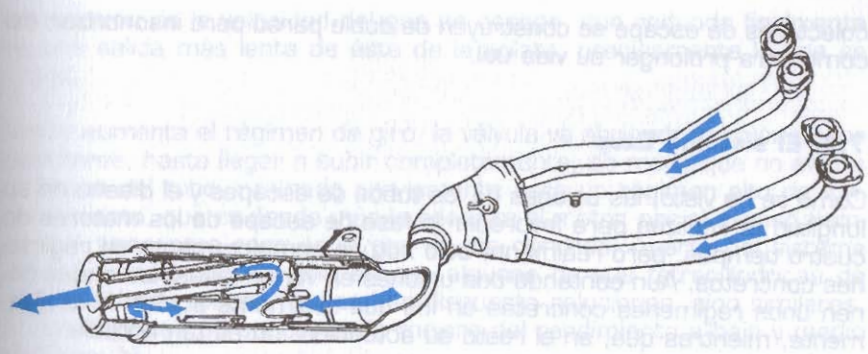


2.70. Funcionamiento de las ondas de escape en un tubo con conexiones.



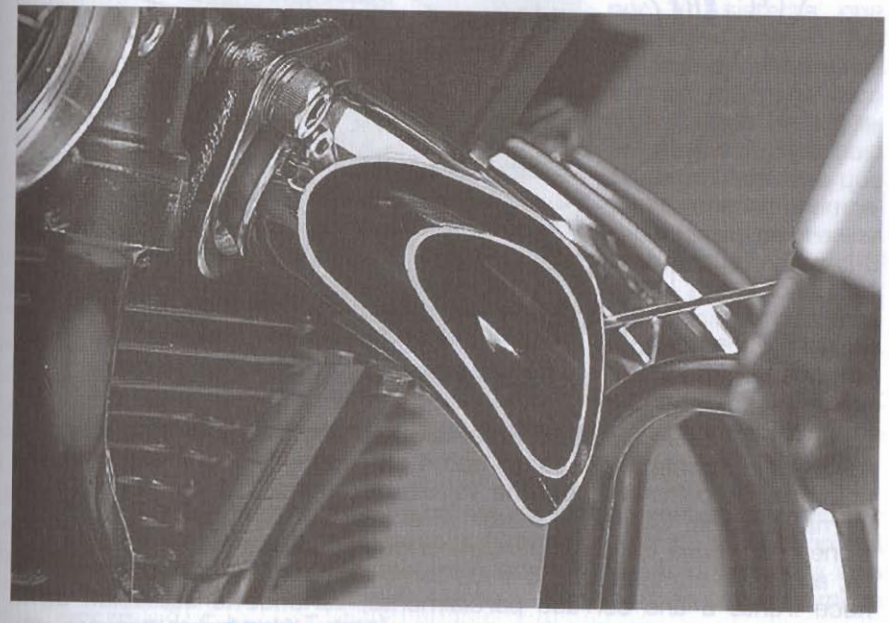
2.71. Tubo de escape de tipo 2 en 1.

En los motores de más cilindros, las disposiciones más habituales son las de 4 en 1,



2.72. Tubo de escape de tipo 4 en 1.

como refleja la Fig 2.72, que aprovechan una única onda, como si se tratase de una unión de dos tubos, la 4 en 2 en 1 que forma dos ondas seguidas, ampliando el espectro de actuación, y las 4 en 2, uniendo los tubos de dos en dos en vez de los cuatro juntos. Los motores de tres cilindros también pueden unirse de una manera similar con la disposición 3 en 1 de una única onda, o con la 3 en 2 que dispone de dos salidas. Normalmente los motores de más de cuatro cilindros unen sus escapes de acuerdo a disposiciones 6 en 2. Actualmente, muchos



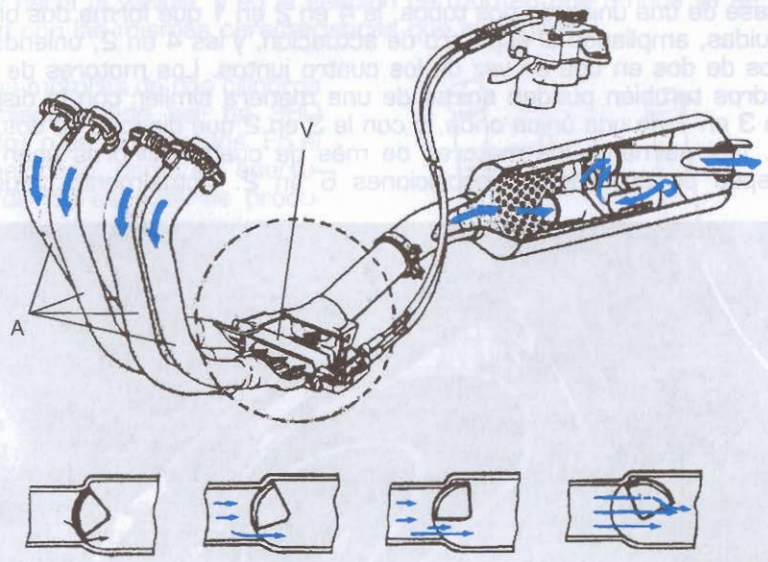
2.72 Bis. Sistema de escape de doble pared.

colectores de escape se construyen de doble pared para insonorizar, así como para prolongar su vida útil.

7.1. El sistema Exup

Como se ha visto, las uniones de los tubos de escapes y el diseño de su longitud se realizan para favorecer la fase de escape de los motores de cuatro tiempos, pero realmente sólo actúan completamente en regímenes concretos. Aun contando con uniones en varias fases, las ondas tienen unos regímenes concretos en los que realmente actúan favorablemente, mientras que, en el resto su actuación, no es tan notable.

Para mejorar el rendimiento de los tubos ampliando su régimen de actuación, la firma Yamaha ha diseñado un sistema exclusivo denominado EXUP ("Exhaust Ultimate Power System").



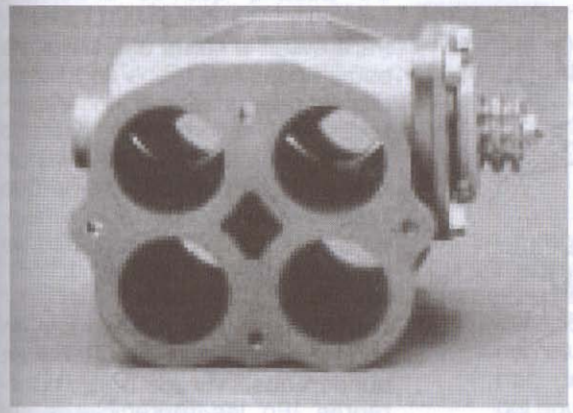
2.73. Sistema EXUP de escape.

En la Fig 2.73, se puede ver una válvula de este tipo. En este caso, el tubo —que normalmente es del tipo 4 en— dispone justo en el punto de unión de los colectores de una válvula de cortinilla V, que funciona de forma giratoria. Cuando el motor se encuentra girando a pocas revoluciones, la válvula obstruye parcialmente los colectores. De esta manera, en vez de comportarse la onda como ante un final abierto parcial, lo hace frente a uno cerrado parcialmente, variando la actuación de la onda. Además la válvula, al obstruir una parte del colector, provoca una

disminución de la velocidad del gas de escape, que redunda finalmente en una salida más lenta de éste de la culata, precisamente lo que se busca.

Según aumenta el régimen de giro, la válvula va abriendo la unión de los colectores, hasta llegar a subir completamente, de modo que no afecta al diseño del tubo, realizado previamente para un régimen alto de funcionamiento, que es donde más lo necesita el motor, por el escaso tiempo que tiene para renovar el gas de los cilindros. Aparte del sistema EXUP, utilizado por Yamaha en sus algunas de sus tetracilíndricas de gran cilindrada, otras marcas han dispuesto soluciones, sino similares, sí con idénticas perspectivas de mejora del rendimiento a bajo y medio régimen.

Con ello se consigue, como es sabido, que la velocidad de los gases residuales a bajo régimen, no se vea afectada en gran medida, por una anchura excesiva del escape, necesaria para disponer de un buen caudal a alto régimen. Así se mejora la evacuación de gases residuales a bajo régimen, dado que la disminución de la sección del escape, permite que los mismos aumenten su velocidad. Con ello se mejora el rendimiento a bajo y medio régimen.



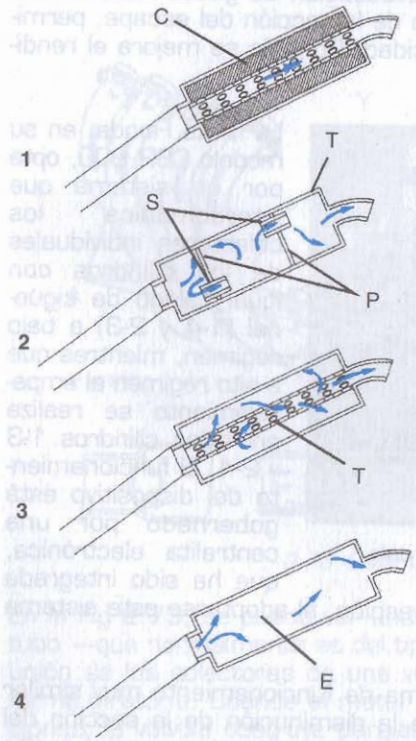
2.73 Bis. Sistema Honda de escape variable.

La firma Honda, en su modelo CBR 900, opta por un sistema que intercomunica los colectores individuales de los cilindros con igual calado de cigüeñal (1-4 y 2-3) a bajo régimen, mientras que a alto régimen el emparejamiento se realiza entre los cilindros 1-3 y 2-4. El funcionamiento del dispositivo está gobernado por una centralita electrónica, que ha sido integrada en la de gestión del encendido y la inyección, al adoptarse este sistema de alimentación.

La firma Suzuki, dispone de un sistema de funcionamiento muy similar al utilizado por Yamaha, realizándose la disminución de la sección del escape a bajo régimen y restableciéndose su diámetro normal a alto régimen, al igual que en el citado sistema. Se le conoce con el nombre de SET (Suzuki Exhaust Tuning)

2.73 Tris. Sistema de válvula de escape SET Suzuki.

7.2. Los silenciadores



2.74. Diferentes tipos de silenciadores.

La energía desprendida en la combustión de la mezcla produce también múltiples ondas de diversas frecuencias, algunas de las cuales se encuentran dentro del espectro audible, que se encuentra entre los 20 y los 20.000 Hz. Para evitar la salida al exterior de estas ondas, los tubos de escape disponen de unos aparatos encargados de absorberlas, evitando un ruido excesivo en el exterior, que no sólo molestaría, sino que llegaría a ser insoportable teniendo en cuenta la gran cantidad de vehículos que circulan.

Los silenciadores pueden ser de varios tipos. En la Fig 2.74 se pueden observar los más importantes. En las motocicletas, el espacio ocupado es muy escaso, y por ello el volumen de estos elementos está limitado.

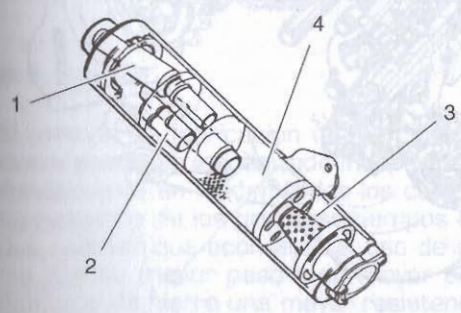
Antiguamente, los más empleados eran los que se denominan de "absorción", designados con el número 1, compuestos por un tubo horadado, alrededor del cual se situaba un cilindro C de

fibra de vidrio, que se encargaba de absorber las ondas, reduciendo el nivel sonoro. Las características variaban, dependiendo de la fibra, la longitud y diámetro del tubo, etc... Éstos han sido los más utilizados por su sencillez, bajo costo, poca pérdida de potencia y buenas características de absorción de ruido. Sin embargo, con la llegada de leyes más restrictivas, se han impuesto otros sistemas. Los principales inconvenientes de este tipo vienen dados por un lado por su limitada reducción, y por otro por el mantenimiento que necesitan, al tener que renovar la fibra de vidrio, según se va quemando y sus propiedades absorbentes disminuyen.

Otros tipos de barreras contra el ruido son los "tabicados" señalados con el número 2, formados por paredes P en el tubo T con pequeñas salidas S, que obligan a los gases a pararse y salir por estrechos pasos. Son muy eficaces, pero también restan potencia al entorpecer la salida de los gases. Los "resonadores" con el número 3, están formados por tubos horadados T, en los cuales las ondas salen, pero luego no consiguen volver a entrar. Finalmente, otro tipo son las "cámaras de expansión" indicadas con el número 4, formadas por ensanchamientos bruscos E de la sección del tubo.

Los últimos tipos no disponen de materiales que requieran mantenimiento, por lo que su duración es ilimitada. Por eso son los más empleados actualmente, aunque lo normal es que un silenciador disponga de todos los tipos comentados, ya que cada uno de ellos es más eficaz en un cierto rango de frecuencia, de modo que la composición de todos proporciona una reducción más elevada. En la Fig 2.75 se muestra un silenciador actual que combina todos los tipos expuestos anteriormente, indicados con los mismos números.

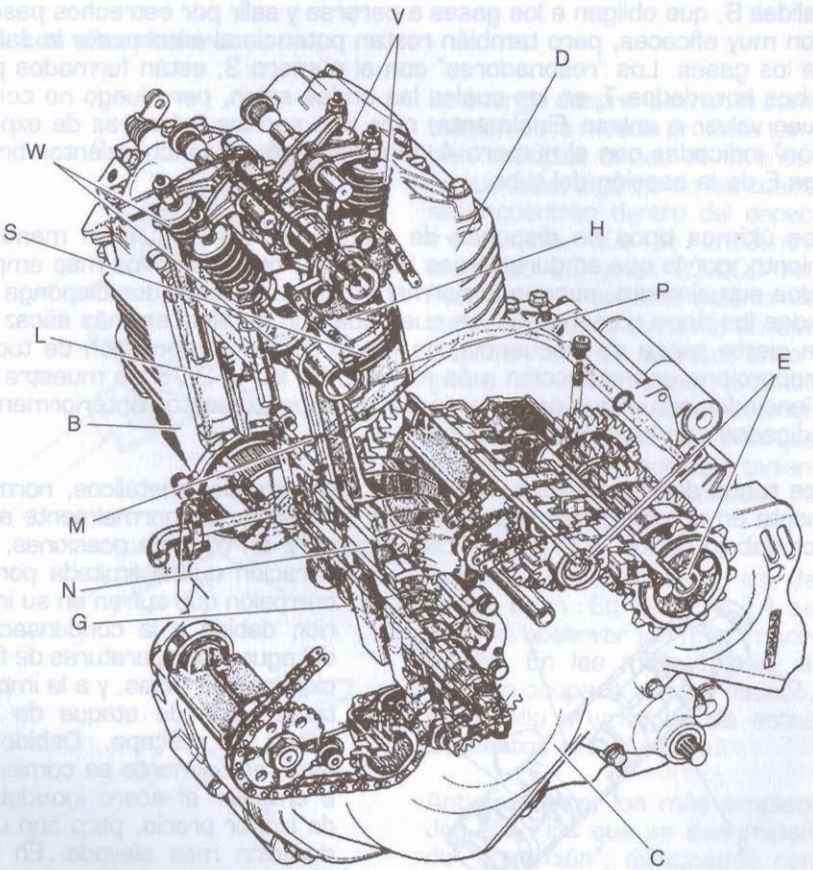
Los tubos de escape están realizados en materiales metálicos, normalmente en acero. Deben soportar altas temperaturas, normalmente algo por debajo de los 400 grados centígrados, y, en muchas ocasiones, su duración queda limitada por la corrosión que sufren en su interior, debido a la condensación del agua a temperaturas de funcionamiento bajas, y a la importante labor de ataque de los gases de escape. Debido a esto, actualmente se comienza a emplear el acero inoxidable, de mayor precio, pero con una duración más elevada. En los silenciosos es común el empleo de aluminio e incluso fibras especiales en sus cubiertas.



2.75. Silenciador completo con todos los tipos simples.

8. ELEMENTOS DEL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

Dentro del motor de cuatro tiempos se distinguen dos tipos de elementos en una primera clasificación. Hay una parte del motor que forma la estructura del mismo, que está constituida por las partes' "fijas". Dentro de éstas, se mueven algunas partes del motor que, por contraposición, son denominadas partes "móviles". Las partes fijas del motor de cuatro tiempos son el cárter, el cilindro y la culata. Las partes móviles son el cigüeñal, el pistón, la biela, las válvulas, el/los árbol(es) de levas y el sistema de accionamiento de éste/éstos. En el caso de motores con árbol en el cárter, hay que añadir a la lista las varillas y los balancines, y en el



2.76. Elementos principales del motor de cuatro tiempos sobre una Suzuki monocilíndrica.

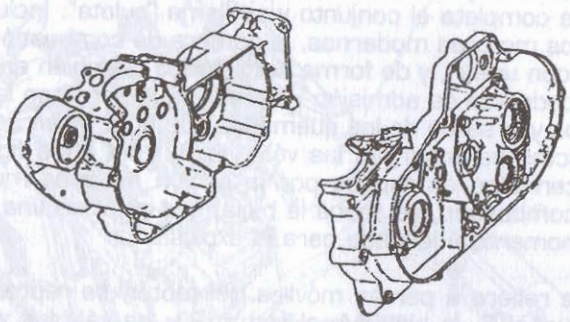
resto de los casos, este accionamiento o mando de la distribución se compone de cadena, engranajes o ejes y grupos cónicos. Se comprende que en todo momento el ejemplo expone las partes de un motor monocilíndrico, pero esto es extrapolable a motores pluricilíndricos dispuestos de cualquier modo. En la Fig. 2.76 se observan todos los elementos que componen el motor de cuatro tiempos, tanto partes fijas como móviles. En concreto, el motor representado en dicha figura es un monocilíndrico. La periferia C es el cárter, en el que se apoya el cigüeñal G para girar, y el alojamiento de los ejes del cambio E, bomba(s) de aceite, etc... Apoyado sobre el cárter y con la letra B se encuentra el cilindro. Es la segunda parte fija estructural del motor. El corte del dibujo permite observar con claridad el aleteado del cilindro, cuya finalidad es intercambiar calor con la corriente de aire que provoca la marcha de la motocicleta. También se representa en la figura, las paredes del cilindro L, que le dan nombre a éste, y guían al pistón en su carrera. Situada encima del cilindro y marcada con la letra D, se encuentra la última parte fija que completa el conjunto y se llama "culata". Incluye, como la mayoría de los motores modernos, la cámara de combustión, en la figura marcada con una H, y de forma hemisférica. También en la culata se ubican los conductos de admisión y escape, que permiten la entrada de gases frescos y la salida de los quemados. De abrir y cerrar el paso por estos conductos se encargan las válvulas, V y W en la figura, que se mantienen cerradas en reposo por la acción de unos muelles. En la cámara de combustión, se rosca la bujía, que provoca una chispa eléctrica en el momento adecuado para la explosión.

En lo que se refiere a partes móviles del motor, se representan en la figura el cigüeñal G, la biela M, el pistón P y las válvulas ya mencionadas. El cigüeñal G gira sobre su eje central por efecto de la fuerza que le transmite la biela H, que se articula con él por medio de la muñequilla Ñ. La fuerza que la biela transmite se ha originado en la cámara de combustión, y, soportada por la cabeza del pistón, se transmite a través de éste. Los segmentos S son los encargados del sellado entre cilindro y émbolo.

8.1. Cárter

El método de fabricación de los cárteres es, invariablemente, la fundición y posterior mecanizado independientemente del material empleado. Actualmente se funden todos los cárteres en aleaciones ligeras, siendo un recuerdo de los primeros tiempos el uso de fundición de hierro. Las dos razones que aconsejan el uso de estas aleaciones ligeras de aluminio son su menor peso y su mayor conductividad térmica, teniendo la fundición de hierro una mayor resistencia y una economía de fabricación apreciablemente mayor. Por medio de un estudiado diseño se consiguen cárteres, llamados "autoportantes", que resisten los esfuerzos propios

del motor y también los del chasis, pues forman parte de el. Es necesario entonces diseñar el motor teniendo en cuenta esta solicitación de rigidez externa. Otra cuestión que influye en la forma que ha de adoptar el cárter es la necesidad de poder abrirlo para el desmontaje y montaje del motor. Dependiendo de las características del motor, se elige un plano vertical u horizontal. Se comprende fácilmente que el número de cilindros, su disposición, el tipo de engrase, el espacio, etc... son factores que aconsejan, y a veces imponen, un plano de corte determinado. Se puede decir, no obstante, que generalmente se abren mediante un plano vertical los monocilíndricos. También se parte el cárter verticalmente en algunos motores bicilíndricos en uve, que trabajan sobre rodamientos (como el de la Fig. 2.77), ya que comparten la muñequilla del cigüeñal, y para los efectos, el cigüeñal es como el de un monocilíndrico. Un ejemplo de este tipo se observa en la Fig. 2.77.



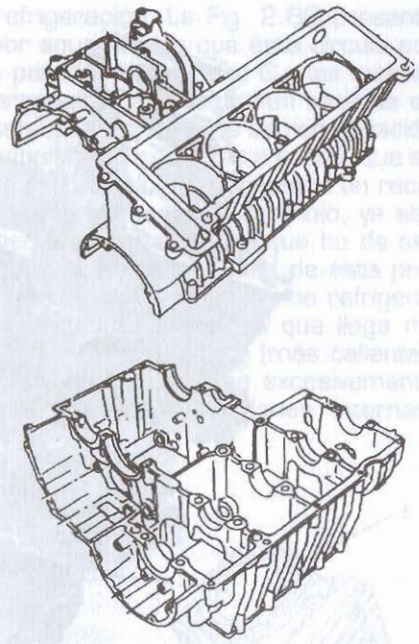
2.77. Cárter de Harley Davidson de apertura vertical.

Esto no es posible en motores pluricilíndricos, al menos de manera racional. Cuando la sujección de los apoyos del cigüeñal se confía a los cojinetes, el plano de corte de los cárteres coincide siempre con el de corte de los cojinetes, como se aprecia en la Fig. 2.78. En definitiva, en el caso de los monocilíndricos, lo normal es el plano vertical, y el horizontal en los pluricilíndricos, con excepciones muy contadas y siempre debidas a la lógica.

Un factor que influye decisivamente en las dimensiones del cárter es el tipo de engrase utilizado en el motor. En los casos de engrase por cárter seco, éste se ciñe al cigüeñal todo lo posible, buscando reducir las dimensiones totales del motor. La existencia de un depósito de aceite —propio de este tipo de engrase— permite reducir drásticamente las dimensiones. En cambio, el engrase por cárter húmedo, utiliza a éste como depósito donde se recoge el aceite en su retorno, lo que obliga a dimensionarlo generosamente.

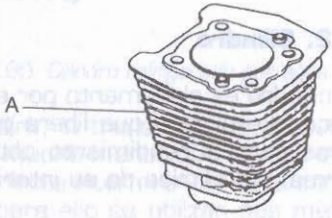
Común a todos los tipos de motores actuales es incluir en el cárter motor todos los demás elementos necesarios para la transmisión, embrague, bomba o bombas de aceite, eje o ejes de equilibrado, etc. También se incluyen— aunque lateralmente— el encendido, la bomba de agua, el alternador, etc... Hay cada vez mayor número de diseños que incluyen la bancada de cilindros en el cárter superior, consiguiéndose asi mayor resistencia del conjunto.

Es práctica habitual en los motores de apertura horizontal incorporar una tapa escamoteable en su parte inferior que permite el acceso a los elementos del cambio, a la bomba de aceite, etc...



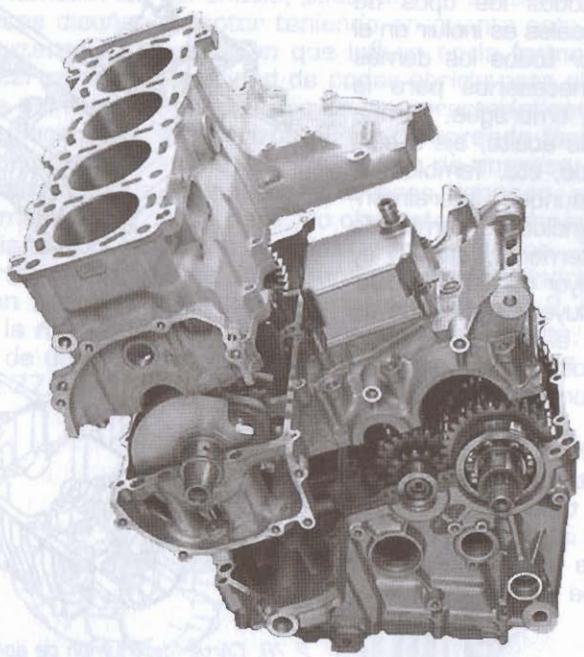
2.78. Cárter de Triumph de apertura horizontal con los cilindros integrados.

Es destacable la complejidad de la fabricación de los cárteres, pues su mecanizado ha de incluir los apoyos del cigüeñal, de los ejes de cambio y equilibrado, de todos los elementos en general, el plano de apoyo de la bancada de cilindros, los conductos de paso de aceite de la lubricación, y los anclajes del motor al chasis. Los apoyos del cigüeñal, que ven su mecanizado partido en dos por el plano de corte del cárter, son insustituibles en caso de rotura, pues el mecanizado se efectúa a la vez en ambos semicárteres, buscando una precisión en el ajuste que se hace imposible con semicárteres no mecanizados a la vez.



2.79. Cilindro refrigerado por aire.

En la parte exterior de los cárteres se observan las nervaduras responsables de la rigidez del motor, así como en ocasiones aleteados practicados en la parte más expuesta al viento para la refrigeración.



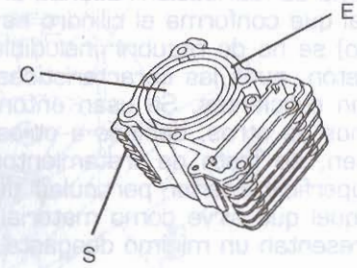
2.79 Bis. Estructura de un motor con cárteres de apertura horizontal.

8.2. Cilindro

El cilindro es el elemento por el que discurre el pistón y en el que se produce la explosión que libera potencia, y cuyas características son decisivas para el rendimiento obtenido del motor. Se llama cilindro por la forma geométrica de su interior.

Se puede efectuar una clasificación de los cilindros, según su método de refrigeración. Así, existen cilindros refrigerados por agua y por aire. En el primer caso, ha de proveerse al cilindro de una cámara que rodea sus paredes y por la que circula el líquido refrigerante. El calor generado por la combustión, pasa a las paredes del cilindro y, de éstas, al agua. En el segundo caso, se funde la parte externa del cilindro con un aleteado que busca aumentar la superficie de contacto con el aire. Aquí, el calor que proviene de la cámara de combustión, pasa al aire en la superficie del cilindro que está en contacto con él. Resulta claro ejemplo de cilindro refrigerado por aire el dibujado en la Fig. 2.79, que presenta claras diferencias en la medida de las aletas A del cilindro según la altura. El motivo es que, cuanto más cerca de la culata, mayor es la temperatura y,

por tanto, mayor la necesidad de refrigeración. La Fig. 2.80 presenta un ejemplo de cilindro refrigerado por agua, en los que ésta circula por el espacio E comprendido entre las paredes del cilindro C y las exteriores S. Se detallan ahora ciertas características que deben tenerse en cuenta en el diseño de un cilindro, según sea el sistema de refrigeración previsto. Hay, no obstante, dos características comunes a todos, que se han de conseguir. La primera es que el flujo calórico encuentre un recorrido corto desde su nacimiento hasta el lugar de intercambio, ya sea con aire o agua. La segunda, no menos importante, es que ha de ser capaz de dilatarse sin perder la forma, pues alteraciones de ésta producirían averías por gripaje. En la fabricación de los cilindros refrigerados por agua, se ha de preveer la circulación del agua que llega del radiador desde la parte inferior (más fría) a la superior (más caliente). Esto se basa en la necesidad de no producir cambios excesivamente bruscos de temperatura que podrían producir tensiones internas. También se han de tener en cuenta los problemas de corrosión, que generalmente se evitan con líquidos refrigerantes especiales. En los casos en los que la camisa del cilindro no está en contacto directo con el agua (caso del cilindro de la Fig. 2.80) hay que asegurar una perfecta interferencia del material de la camisa con el material de soporte, pues fallos en ella provocarían puntos con una refrigeración deficiente. Estos puntos más calientes, serían causa de roturas por deformación de las paredes del cilindro.

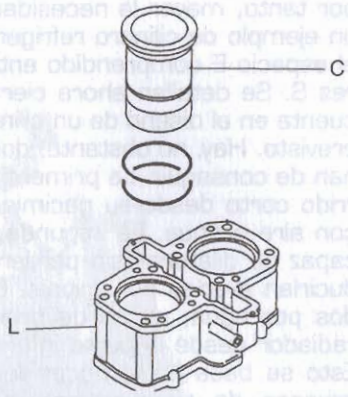


2.80. Cilindro refrigerado por agua.

Si se trata de cilindros refrigerados por aire, la transferencia de calor posible entre el motor y el aire es siempre mucho menor que en los refrigerados por agua. Hay que buscar una perfecta interferencia de la camisa con el cuerpo aleteado del cilindro, y para ello se utilizan dos métodos. Uno consiste en fundir el aleteado sobre la camisa directamente; el otro en enfriar considerablemente la camisa y calentar en la misma medida el cilindro. Se montan así, y al volver a la temperatura ambiente, el cilindro se contrae y la camisa se dilata, consiguiéndose así un buen ajuste. Aunque es menos eficaz que el primero, este método tiene la ventaja de permitir la sustitución de la camisa en caso de rotura o desgaste.

Se pueden clasificar los cilindros según la naturaleza de sus paredes. Así, se dividen en cilindros con camisa y sin camisa. Se llama camisa C del cilindro L a una parte de éste que tiene forma cilíndrica, está fabricada en fundición de hierro, capaz de soportar fricciones y temperatu-

ras elevadas, y es la encargada de guiar por su interior al pistón rozando con sus segmentos. Los cilindros sin camisa han de estar fabricados en un material resistente a la fricción —como la fundición de hierro— o tratar la superficie endureciéndola cuando está fabricado en aleaciones ligeras. El primer caso se utilizaba mucho en motores antiguos, pero ya ha caído en desuso, debido sobre todo al gran peso que supone y a su peor conductividad térmica. Presenta además el inconveniente de un número limitado de rectificados que acortan su vida considerablemente. Esto se contrapone a la economía propia de este sistema de fabricación. Cuando el material que conforma el cilindro es aleación ligera (base principal de aluminio) se ha de recubrir ineludiblemente la superficie de contacto con el pistón, pues las características de resistencia de la aleación ligera no son suficientes. Se usan entonces diversos sistemas que varían poco unos de otros, debidos a otras tantas patentes comerciales. En resumen, se trata de tratamientos electrolíticos que depositan sobre la superficie interior partículas de carburo de silicio sobre una base de níquel que sirve como material de unión con el aluminio original y que presentan un mínimo desgaste. Se generalizan como NIKASIL.



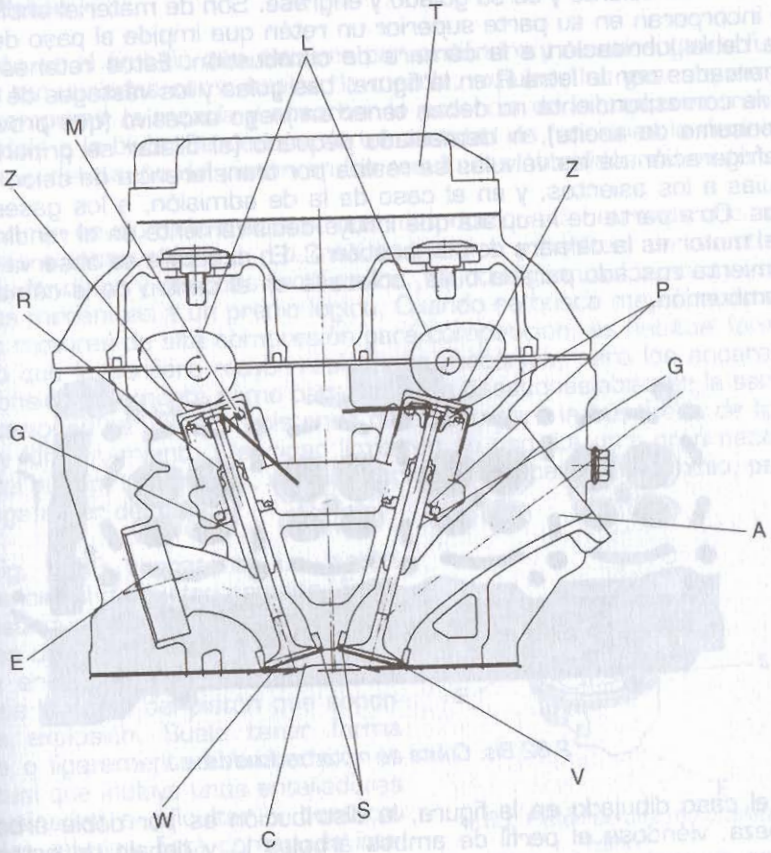
2.81. Camisa de un cilindro refrigerado por aguas.

La otra posibilidad es instalar una camisa postiza, bien fundiendo el cilindro sobre la camisa, o instalando ésta fría en el cilindro caliente. Las camisas se pueden clasificar, a su vez, en "secas" o "húmedas". Las primeras son las que están totalmente rodeadas por la fundición del cilindro, siendo húmedas las que presentan zonas de contacto con el líquido refrigerante. En el caso de las camisas húmedas, han de ser más gruesas que las secas, ya que han de soportar los esfuerzos debidos a la explosión, además del roce de los segmentos. En cambio, las secas son más finas por la ayuda que supone el cilindro para conferirle resistencia. Otro distintivo de las camisas húmedas es una pestaña en su parte superior, que es pisada por la culata para fijarla. Debajo de esta pestaña se coloca una junta resistente al calor, y en la base otra de goma o cartón que aseguran la estanqueidad del sistema de refrigeración.

8.3. Culata

Es la tercera y última parte estructural del motor y su importancia y complejidad se deben a la gran cantidad de funciones y requerimientos

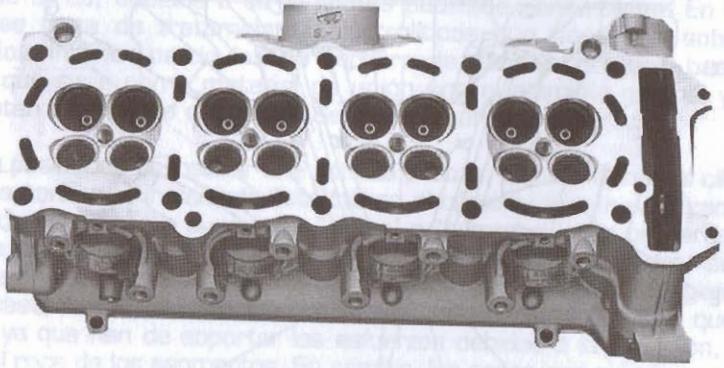
que ha de cumplir. Es muy importante tener en cuenta las tensiones mecánicas a que le somete la explosión y las tensiones térmicas debidas al flujo calorífico. Actualmente se fabrican en aleación ligera todas las culatas de motores de motocicleta. Se instalan asientos de materiales más duros para las válvulas. Otro tanto ocurre con las guías de las válvulas, que en este caso son de material antifricción. El asiento es una superficie en forma de corona donde apoya la válvula en posición de cierre y ha de garantizar la estanqueidad y ser muy resistente al impacto.



2.82. Elementos de la culata de una Suzuki 600 c.c.

La Fig. 2.82 muestra las partes de una culata de cuatro tiempos. Marcado con una A se encuentra el conducto de admisión. Construido lo más recto posible, nunca ha de tener una sección menor que el paso que permite la válvula correspondiente. Esta válvula, denominada V es

más grande que W (la de escape). Otra particularidad muy importante en el diseño del conducto de admisión es que la velocidad que toman los gases no ha de superar cierta cota que está en torno a la mitad de la velocidad del sonido. Esto no es tan importante en el caso del conducto de escape E, que ve su paso interrumpido por la válvula W. Lo que determina totalmente el diseño del conducto de escape es la refrigeración de la válvula W, la parte de la culata que más se calienta. Los asientos están señalados con la letra S. Para el correcto funcionamiento de las válvulas son las guías G las que se encargan del buen centrado de la válvula en su asiento y de su guiado y engrase. Son de material antifricción e incorporan en su parte superior un retén que impide el paso del aceite de la lubricación a la cámara de combustión. Estos retenes están marcados con la letra R en la figura. Las guías y los vástagos de su válvula correspondiente no deben tener un juego excesivo (que provocaría consumo de aceite), ni demasiado pequeño (al dilatar se griparía). La refrigeración de las válvulas se realiza por transferencia de calor, de las guías a los asientos, y en el caso de la de admisión, a los gases frescos. Otra parte de la culata que influye decisivamente en el rendimiento del motor es la cámara de combustión C. En el detalle se observa el alojamiento roscado para la bujía, colocada en el centro de la cámara de combustión.



2.82 Bis. Culata de motor multiválvulas.

En el caso dibujado en la figura, la distribución es por doble árbol en cabeza, viéndose el perfil de ambos árboles L, y debajo de éstos los vasos de accionamiento Z, muelles de las válvulas M, platillos superior e inferior de asiento de los muelles P, semilunas de anclaje de las válvulas B, y pastillas de reglaje D. La tapa superior de la culata T permite el acceso al sistema de distribución. Otras complicaciones que afectan a la culata son la mecanización de apoyos para los ejes que en ella giran, los pasos de agua de la refrigeración, de aceite, la toma de fuerza para el cuentavueltas, el mando del encendido (en motores sin encendido

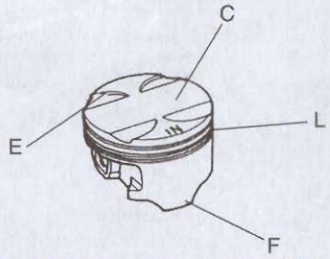
electrónico), el mando del descompresor (en grandes monocilíndricos), el o los patines para la cadena de distribución y, a veces, el tensor de la misma. Se puede considerar una parte de la culata a la junta que la separa del cilindro, que ha de ser capaz de soportar enormes temperaturas y deformarse con facilidad para sellar bien las irregularidades en los planos de unión. En su fabricación se utiliza el amianto, dada su capacidad de resistencia a las altas temperaturas.

8.4. Pistón

El pistón es el émbolo que discurre por el cilindro y se encarga de funciones tan variadas como aspirar la mezcla, expulsar los gases quemados, comprimir la mezcla y absorber la potencia de la explosión transmitiéndola a la biela. Se deduce de tal cantidad de funciones la decisiva influencia del diseño del pistón en los resultados obtenidos del motor.

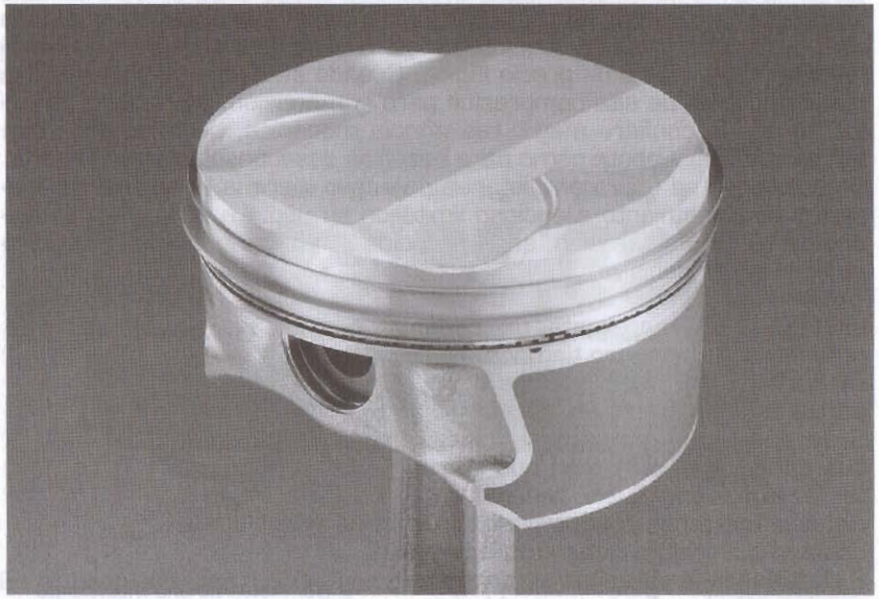
Se fabrican en aluminio mediante dos métodos que tienen cada uno sus ventajas e inconvenientes. Lo más económico y habitual en nuestros días es fundirlos y después rectificarlos. Se consiguen así buenas resistencias mecánicas a un precio lógico. Cuando se busca mayor resistencia en motores de alta compresión para competición, es habitual forjarlos, lo que le confiere mayor resistencia mecánica, pero los encarece tan considerablemente como para hacerlos desaconsejables en la serie. En ocasiones se utilizaron pistones de acero, pero la búsqueda de ligereza y funcionamiento silencioso limitaron su uso. La otra gran necesidad del pistón, la duración, se ve reducida al fabricarlo en aluminio, pero no llega a ser decisiva.

La Fig. 2.83 representa un pistón convencional de cuatro tiempos. En él se distinguen con facilidad las cuatro partes que lo componen. Con la letra C se encuentra marcada la cabeza, que es la parte del pistón que soporta la explosión. Suele tener forma plana o ligeramente abombada, y es habitual que incluya unas entalladuras E destinadas a dificultar el contacto con las válvulas. Está construida interiormente para soportar los esfuerzos y transmitirlos al bulón. También es importante la función de transmitir el calor al cilindro por medio de los segmentos y de la falda F. La siguiente parte del pistón que se distingue son los alojamientos L de los segmentos, que no son mas que unos cajeados que rodean totalmente al pistón justo por debajo de la cabeza y por encima del alojamiento del bulón. Son normalmente tres, dos de estanqueidad y uno rascador de aceite. El



2.83. Pistón de una motocicleta Honda.

alojamiento del rascador de aceite es más ancho e incorpora unos canales de drenaje del lubricante que suelen conducir a la falda por el interior y al pie de biela. La tercera parte que se distingue en el dibujo con la letra B, es el alojamiento del bulón, que está interiormente construido para soportar y transmitir esfuerzos por el bulón a la biela. Lo normal es encontrar en el borde del alojamiento un cajeado en el que se coloca un anillo elástico que impide al bulón salirse hacia los lados. La posición del Bulón suele estar lo más cercana posible al centro de gravedad del pistón, aunque a veces se descentra un poco en el sentido de giro del cigüeñal para evitar cabeceos. Éstos son muy perjudiciales por provocar ruidos y desgaste excesivo. Por último, y con la letra F en el dibujo, se encuentra la falda, que se encarga, sobre todo, de guiar al pistón. Su dilatación no es uniforme por la configuración interior. En ocasiones es recortada en los laterales. Esta misma dilatación irregular impone la necesidad de fabricarlos ligeramente abombados, lo que, al dilatar, le dará forma cilíndrica. Algunos motores de última generación utilizan un recubrimiento de grafito en la falda de los pistones, dadas las características lubricantes de este material.



2.84. Pistones con falda recubierta de granito.

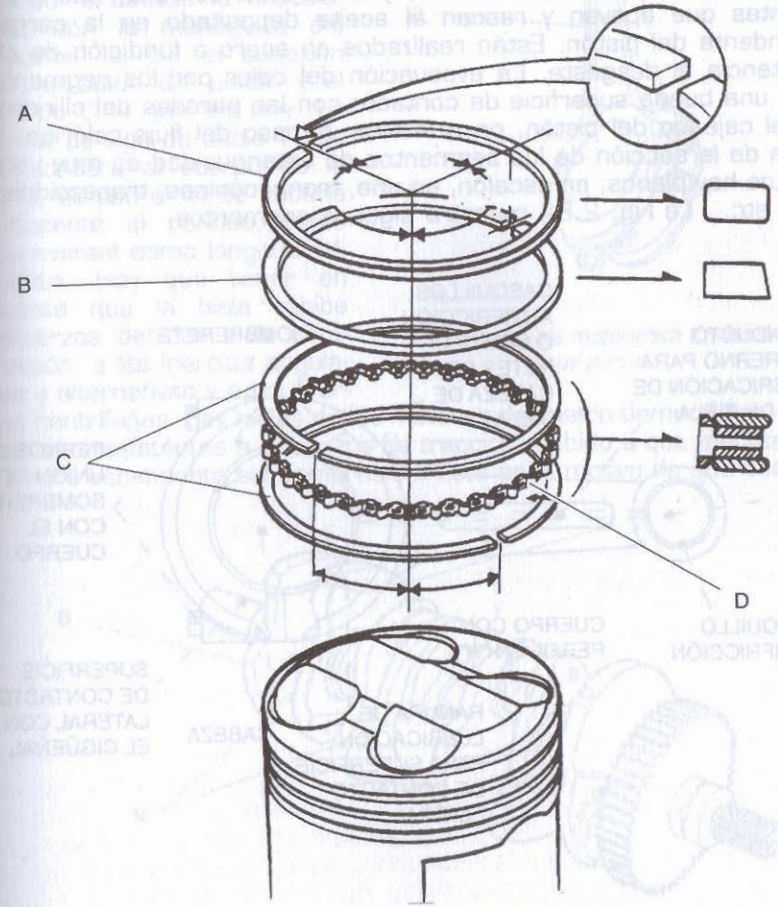
8.5. Bulón

El bulón es un eje fabricado en acero (Fig. 2.84) muy resistente al roce y a los esfuerzos mecánicos, que une al pistón con la biela y transmite a ésta los esfuerzos que recibe de aquél. Se fabrica hueco con el fin de

disminuir peso y, por lo tanto, inercias. El sistema de fijación del bulón presenta tres posibilidades. En ocasiones se monta flotante en el pistón y en la biela, lo que bien calculado de excelentes resultados, aunque tiende a ser ruidoso. Un segundo método es fijarlo al pistón y dejarlo flotante en la biela. En este caso, se puede fijar el bulón por simple interferencia, disponiendo el pistón de clips que impiden la salida del bulón con cualquier motivo. En el tercer caso el bulón pivota en la biela.

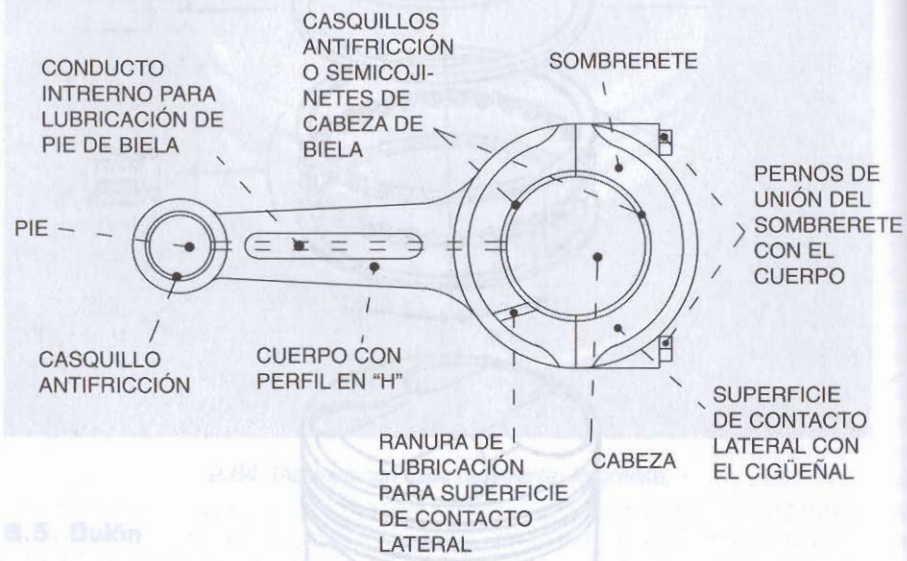
8.6. Segmentos

Aunque puede variar, lo normal es instalar tres segmentos (Fig. 2.85), de los cuales dos se encargan de la compresión y uno del rascado de



2.85. Segmentos de un motor de cuatro tiempos.

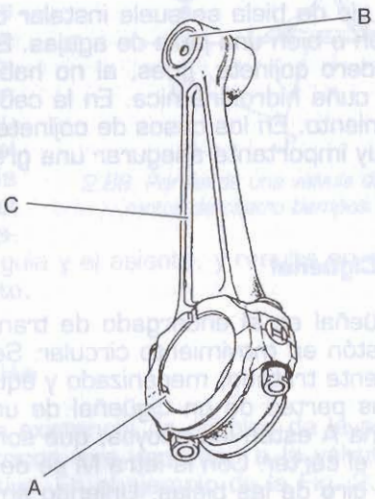
aceite. Las principales funciones de los segmentos —también denominados aros— son asegurar la estanqueidad al paso de los gases y del aceite del cárter, evitar el rozamiento directo pistón cilindro y evacuar el calor producido en la combustión hacia las paredes del cilindro. La primera necesidad mencionada —estanqueidad al paso de los gases— se encomienda a los dos primeros aros A y B, y, sobre todo, al primero, llamado "de fuego". Para ello se exige precisión en el ajuste con el cilindro y con el cajeado del pistón, siempre limitados por el posible agarrotamiento si el ajuste es excesivo. La propia presión de los gases asegura un buen contacto con la parte inferior del cajeado. La segunda responsabilidad concierne directamente al rascador de aceite C, aunque se ve ayudado por los de estanqueidad. Este segmento suele incorporar en su interior un aro elástico D que lo empuja contra las paredes del cilindro, y en la cara de roce, uno o dos salientes que apoyan y rascan el aceite depositado en la carrera ascendente del pistón. Están realizados en acero o fundición de alta resistencia al desgaste. La evacuación del calor por los segmentos exige una buena superficie de contacto con las paredes del cilindro y con el cajeado del pistón, para facilitar el paso del flujo calórico. La forma de la sección de los segmentos de estanqueidad es muy variable. Los hay planos, en escalón, en uña, troncocónicos, trapezoidales, en L, etc... La Fig. 2.84 muestra algunos segmentos.



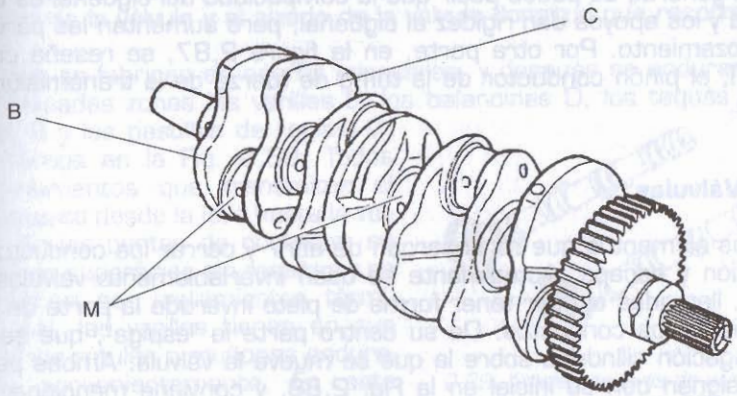
2.85 Bis. Biela con sus diferentes partes

8.7. Biela

La biela es la encargada de transmitir al cigüeñal los esfuerzos generados en la combustión. En la Fig. 2.86 se ven algunos ejemplos. Se fabrican en aceros especiales, y, raras veces, en aleaciones especiales como el titanio. El proceso seguido es forjarlas y después mecanizarlas, siendo de vital importancia la distancia entre ejes de cabeza A y pie B, el paralelismo de dichos ejes, el diámetro de cabeza y pie y sus espesores. Se suele dividir a la biela en tres partes para su estudio, siendo la cabeza la articulación con la muñequilla del cigüeñal, el pie la conexión con el bulón del pistón y el cuerpo C lo que los une. La forma de viga de doble T que se confiere al cuerpo de la biela, es con el fin de hacerla resistente al pandeo, tanto transversal como longitudinalmente. Hay que tener en cuenta que la biela recibe esfuerzos debidos a la combustión, a las inercias angulares y alternativas y a las fuerzas centrífugas. Las bielas de los motores de cuatro tiempos han de ser también resistentes a esfuerzos de tracción, debido a que efectúan una carrera ascendente sin compresión. Este es el motivo de que sean visi-



2.86. Biela de una motocicleta Kawasaki con sus partes.



2.87. Cigüeñal de un motor de cuatro tiempos.

blemente más robustas que las de los motores de dos tiempos. Los diámetros de cabeza y pie, vienen marcados por la carga que han de resistir los cojinetes o rodamientos instalados en ellos. La distancia entre ejes influye en el peso y tamaño de la biela y, por tanto, del motor. Como contrapartida, disminuye los esfuerzos angulares y normales del pistón sobre el cilindro.

En el pie de biela se suele instalar o bien un cojinete de material antifricción o bien una jaula de agujas. El primer caso no es en realidad un verdadero cojinete, pues, al no haber rotación completa, no se establece cuña hidrodinámica. En la cabeza se encuentra un cojinete o un rodamiento. En los casos de cojinete, la biela tiene la cabeza partida, y es muy importante asegurar una gran rigidez una vez montada y apretada.

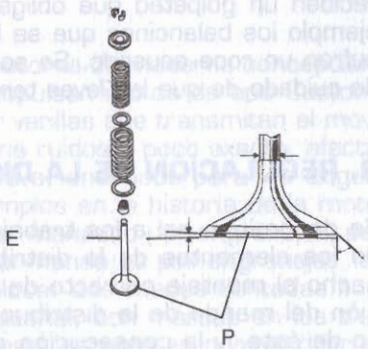
8.8. Cigüeñal

El cigüeñal es el encargado de transformar el movimiento alternativo del pistón en movimiento circular. Se fabrica en acero forjado y posteriormente tratado, mecanizado y equilibrado. En la Fig. 2.87 se observan las partes de un cigüeñal de un motor tetracilíndrico. Señalados con una A están los apoyos, que son las partes del cigüeñal que giran sobre el cárter. Con la letra M se designan las muñequillas, que soportan el giro de las bielas. Uniendo ambos, se encuentran los brazos B, que incorporan los contrapesos C. Se endurecen los apoyos y las muñequillas por tratamientos térmicos en los que hay que extremar las precauciones para evitar posteriores grietas por fatiga. La fundición permite fabricarlo hueco, lo que supone ventajas de peso, resistencia y se utiliza para conducir el aceite a presión, que accede a los cojinetes de los apoyos y las muñequillas por pequeños orificios practicados al efecto. En general, se puede decir que la compacidad del cigüeñal es beneficiosa y los apoyos dan rigidez al cigüeñal, pero aumentan las pérdidas por rozamiento. Por otra parte, en la figura 2.87, se reseña con la letra T, el piñón conductor de la toma de fuerza de la transmisión primaria.

8.9. Válvulas

Son los elementos que se encargan de abrir y cerrar los conductos de admisión y escape. Actualmente se usan invariablemente válvulas "de plato", llamadas así por tener forma de plato invertido la parte de ellas que cierra los conductos. De su centro parte la "espiga", que es una prolongación cilíndrica sobre la que se mueve la válvula. Ambas partes se designan con su inicial en la Fig. 2.88, y conviene mencionar que también se llama "cabeza" al plato P y cola a la espiga E.

Se fabrican fundidas y mecanizadas en aceros especiales, capaces de soportar temperaturas de funcionamiento muy elevadas. Aunque tienen el mismo aspecto, las diferencias de calor entre escape y admisión hacen que en las primeras se usen aleaciones aun más especiales (capaces de soportar los 1.000 grados centígrados). Las ventajas principales de este tipo de válvulas son su economía de fabricación, su aceptable superficie de paso, el poco rozamiento y forma apropiada para el flujo de gases. Su principal problema estriba en la refrigeración, que ha de efectuarse por la guía y el asiento, y resulta en ocasiones crítica o claramente insuficiente.



2.88. Partes de una válvula de un motor de cuatro tiempos.

8.10. Elementos de la distribución

Es común a todos los sistemas la existencia de árboles de levas, que son ejes con unos lóbulos excéntricos que imprimen a la válvula o al empujador un movimiento alternativo. En el ejemplo de la Fig. 2.89 se observan dos de ellos.

Los árboles de levas se fabrican en aceros especiales, se mecanizan, y, posteriormente, se endurecen en apoyos y levas. Es particularmente importante la forma de las levas, pues de su perfil dependen varios factores. El perfil regula el golpe que recibe la válvula al comenzar su apertura, el que reciben válvula y asiento al cerrar, la velocidad de apertura y cierre de la válvula y el alzado de la válvula (longitud que recorre).

También se fabrican en aceros especiales, y después se endurecen en determinadas zonas las varillas E, los balancines D, los taqués A, los vasos B y las pastillas de reglaje C, que vemos en la Fig. 2.89. Todos son elementos que transmiten el movimiento desde la leva hasta la válvula. En los puntos de contacto, se disponen superficies sin resaltes y se endurecen por tratamientos térmicos. Así, las varillas tienen en sus extremos rótulas o muñones endurecidos convenientemente. En este caso, sobre todo en frío, las varillas

2.89. Arboles de levas de una motocicleta Kawasaki de 600 c.c.

reciben un golpeteo que obliga a endurecerlas. Otros elementos, por ejemplo los balancines que se instalan entre árbol y cola de la válvula, sufren un roce acusado. Se soluciona también con endurecido, teniendo cuidado de que las levas tengan perfiles suaves.

9. REGULACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN

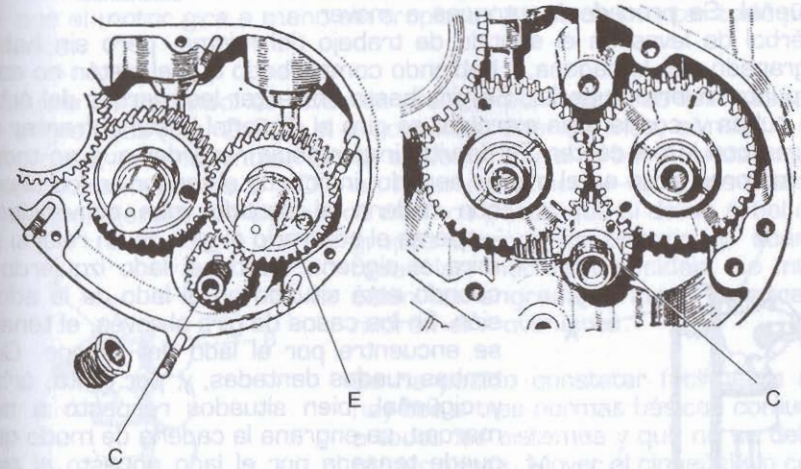
Se denominan así a los trabajos que llevan a la correcta disposición de los elementos de la distribución y su ajuste preciso. Se da por hecho el montaje correcto de todos los elementos: la exacta colocación del mando de la distribución, el funcionamiento fiable y silencioso de éste, y la consecución de la holgura apropiada en el sistema. Al igual que se adaptan las condiciones de la carburación al estado concreto del motor, la holgura de válvulas ha de ser regulada con cierta frecuencia, y, del mismo modo que se ha de mantener la cadena secundaria, la cadena de distribución ha de ser revisada, pues, aunque su vida es más dilatada, su rotura tiene siempre efectos catastróficos.

9.1. Calado de la distribución

Se llama así al proceso de colocación del mando de la distribución. Este hecho es de gran importancia para el motor por existir una única posición. Una confusión en el calado hará que el motor no funcione del todo correctamente. Si el error es muy grande, las consecuencias también, pudiéndose producir roturas de importancia. En la cabeza del pistón es normal encontrar entalladuras para salvar el contacto con las válvulas, debido a los ajustados márgenes a que obligan los diagramas de distribución actuales. Se amplían los tiempos de admisión y escape buscando mayores y mejores llenados y barridos, es decir, buscando potencia. Si se modifica la perfecta sincronización de los elementos, se perderán prestaciones y se producirán averías. Se puede decir que los métodos son tan variados como la imaginación de los diseñadores, pero hay unas normas básicas y comunes. Para calar correctamente la distribución, hay que coordinar la postura relativa del cigüeñal y los árboles. Es general a todos los constructores marcar el calado correcto en el punto muerto superior que sigue a la carrera de compresión de uno de los pistones. Este pistón suele ser el número 1, siendo numerados de izquierda a derecha. Cuando se parte de un sistema previamente desmontado, todas las precauciones son pocas, y es aconsejable desmontar las bujías, pues la compresión que hay que vencer al mover el cigüeñal resulta engañosa, y no debe girarse el cigüeñal si se desconfía del calado. Se reseñan ahora los métodos para calar correctamente los sistemas de distribución más habituales.

9.2. Árbol de levas en el cárter

Es este un sistema casi en desuso en motores de moderna concepción, utilizándose en algunos modelos que propulsan motos de tipo Custom. El árbol en el cárter necesita incorporar varillas que transmitan el movimiento a la culata, lo que hace al sistema ruidoso, poco exacto, afectado por demasiadas inercias y, en definitiva, anticuado para las exigencias actuales. No obstante, existen ejemplos en la historia de la motocicleta de motores con árbol en el cárter mandado por engranajes, por correa dentada y por cadena. Cuando el mando es por engranajes, es habitual desdoblar en dos el árbol, y colocar dos ruedas dentadas acopladas al engranaje del extremo del cigüeñal, con marcas en los tres para ser enfrentados en el calado. En este sistema es normal diferenciar las marcas de los árboles de escape y admisión, así como sus marcas correspondientes en el cigüeñal. En otras ocasiones, uno de los árboles se conecta al cigüeñal y al otro árbol, siendo doble la marca en el engranaje del árbol puente. Claro ejemplo de estos sistemas son los dibujados en la Fig. 2.90, siendo mandados directamente por el cigüeñal C en el caso de la derecha y haciendo de puente el de escape E en el de la izquierda.



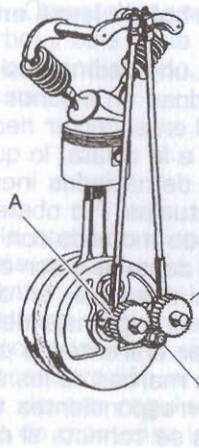
2.90. Disposición de los elementos de transmisión de dos sistemas de distribución con dos árbole de levas en el cárter accionados por un piñón desde el cigüeñal.

Cuando el mando se diseña por cadena o por correa, lo normal es un árbol único, que recoge las levas de escape y admisión. En estos dos casos, se marcan las ruedas que alojarán a la cadena o a la correa y el cárter, colocándose éstas cuando las marcas coinciden. Es fácil observar en estas disposiciones de motor que los engranajes de los árboles A y B tienen el doble de dientes que los del cigüeñal C, con el fin de con-

seguir que aquellos giren a la mitad de revoluciones que éste. Esta disposición se observa en la Fig. 2.9 1.

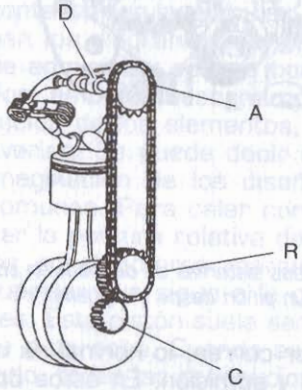
9.3. Monoárbol en culata

En motores dotados de un único árbol en culata, se han utilizado todos los actuales sistemas de mando y alguno ya en desuso. Lo más habitual en la actualidad es el uso de cadena y tensor, pero hay casos con cascada de engranajes, correa dentada, árbol y grupos cónicos, e incluso (totalmente en desuso) por doble biela.



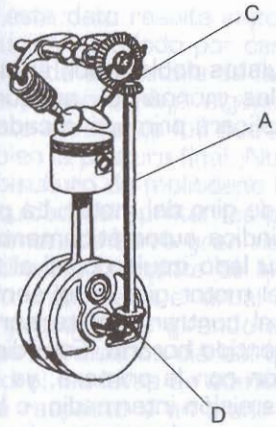
2.91. Sistema de transmisión de la distribución con dos árboles de levas en cárter y varillas empujadoras y balancines.

Si se ha de calar un árbol mandado por cadena (Fig. 2.92), se encontrará una marca en el cárter C, otra en la culata D, una más en la rueda dentada del árbol A y una última en la rueda R correspondiente al cigüeñal. Se procederá entonces a mover el árbol de levas en el sentido de trabajo del mismo, pero sin haber engranado aún la cadena, y habiendo comprobado que el pistón no está en punto muerto superior. Se gira hasta enfrentar las marcas del árbol y la culata y, con la bujía extraída, se gira el cigüeñal hasta enfrentar su marca con la del cárter. Es de vital importancia recordar que no todos los motores giran en el mismo sentido, indicando el tensor en los casos con cadena el sentido más convencional —que es el contrario al giro de un reloj si se mira el cigüeñal desde el lado izquierdo— cuando está situado en el lado de la admisión. En los casos de giro al revés, el tensor se encuentra por el lado del escape. Con ambas ruedas dentadas, y, por tanto, árbol y cigüeñal, bien situados respecto a sus marcas, se engrana la cadena de modo que quede tensada por el lado opuesto al tensor. Se coloca el tensor en su alojamiento (previamente bloqueado y sin tensión, para liberarlo una vez instalado) y, la precaución lo aconseja, se debe comprobar. que el calado es adecuado girando a mano el cigüeñal antes de seguir adelante.



2.92. Sistema de transmisión de la distribución con un árbol de levas en la culata y cadena intermedia.

En el caso de correa dentada, el proceso se repite exactamente, siendo válidas para este

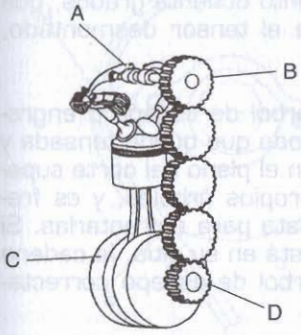


2.93. Sistema de transmisión de la distribución con un árbol de levas en la culata y árbol con piñones cónicos intermedios.

sistema todas las apreciaciones hechas en el caso de la cadena, salvo las lógicas diferencias en sus tensores.

Cuando el motor incorpore mando por árbol A y engranajes cónicos C y D (Fig. 2.93), el proceso recuerda los casos anteriores en las cuatro marcas, que ahora se encuentran en cárter, culata, grupo cónico del cigüeñal y grupo cónico del árbol de levas. Se busca en el árbol la coincidencia de marcas con la culata teniendo sin engranar aún el "eje rey" o "árbol de mando". Se habrá comprobado previamente que el pistón no se encuentra en punto muerto superior, con el fin de no doblar las válvulas al girar el árbol. Con el árbol ya en su sitio, se mueve el cigüeñal hasta hacer coincidir su marca con la del cárter, y se instala el árbol de mando. Debe verificarse, imperativamente, que el motor gira a mano sin tropiezos antes de montar todo para arrancar.

Si el mando del árbol de levas se efectúa por medio de una cascada de engranajes (Fig. 2.94), el proceso es, una vez más, el mismo. En este caso, se encuentran en el cigüeñal C y el árbol A unos engranajes convencionales B y D —en lugar de cónicos— con sus marcas correspondientes. Se siguen los mismos pasos que si de un árbol con grupos cónicos se tratara, y, cuando todas las marcas coincidan, se intercalan los engranajes locos que transmitirán el movimiento.



2.94. Sistema de transmisión de la distribución con un árbol de levas en la culata y engranajes intermedios.

Se ha podido constatar fácilmente que hay dos o tres normas básicas comunes a todos los sistemas y que no se deben olvidar nunca. Mover el cigüeñal sin comprobar que no hay válvulas pisadas es muy arriesgado, y la posibilidad de producir una avería considerable aumenta con el número de cilindros del motor. Del mismo modo ocurre con el giro indiscriminado del árbol de levas, pues, si el pistón está en el punto más alto de su carrera, las válvulas toparán con él sin ninguna duda.

9.4. Doble árbol en culata

Para ajustar la distribución en los casos de culatas doble árbol, se usan los cuatro sistemas antes explicados para las monoárbol, aunque el método de calado difiere en ocasiones. Se explicará primero la cadena, que es además el caso más delicado.

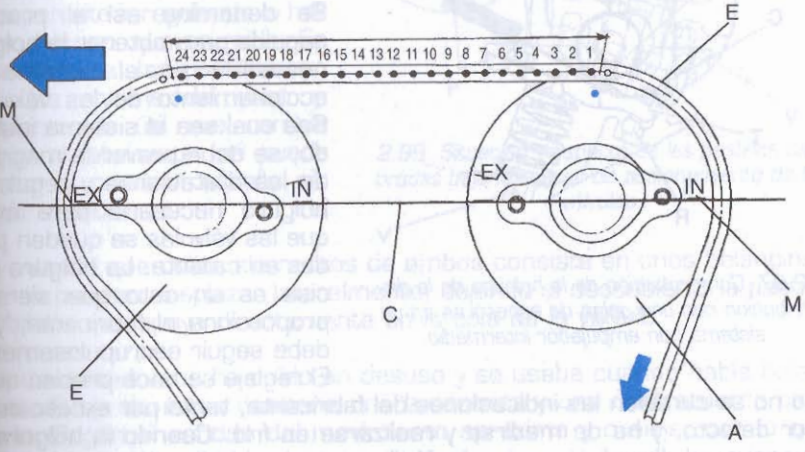
Lo primero que se ha de saber es el sentido de giro del motor. La posición del tensor de la cadena de distribución indica automáticamente el sentido de giro. Vista la motocicleta desde su lado izquierdo, si el tensor está situado por el lado de la admisión, el motor gira en el sentido contrario al de las agujas del reloj. Si, por el contrario, el tensor se encuentra por el lado del escape, girará en sentido horario. Esta disposición es, muy poco frecuente en comparación con la primera, ya que indica o bien la presencia de un árbol de transmisión intermedio, o bien un sistema de transmisión primaria por cadena, cada vez menos utilizado, que se puede considerar convencional (Fig. 2.95). Aunque existe la posibilidad de desmontar las ruedas dentadas que incorporan los árboles de admisión A y escape E, se partirá del supuesto de que éstos están separados de la culata, que además de lo lógico es lo prudente. También se usará el ejemplo de un cuatro cilindros por ser el más complejo. Ambos árboles incorporan unas marcas M, que pueden estar situadas o bien sobre las ruedas dentadas A y B unidas a ellos, o bien sobre los propios árboles. Cada árbol lleva inscrito para su identificación un vocablo de dos letras que será IN en el árbol de admisión y EX en el de escape. El extremo del cigüeñal presentará una marca con la inscripción T1 —abreviatura de Top 1, es decir, PMS del cilindro 1— o bien T1-4, que, con los árboles desmontados, se hará coincidir con la marca del cárter. Esto asegura que se encuentra en punto muerto superior el cilindro 1, o bien el 1 y el 4, en el caso de un tetracilíndrico con las parejas de cilindros exterior e interior caladas a ciento ochenta grados, que corresponde a un motor en línea. Se supone el tensor desmontado, como es lógico, a la vez que los árboles.

Con el cigüeñal en su posición, se instala el árbol de escape E engranando la cadena E que viene del cigüeñal de modo que quede tensada y la postura del árbol haga coincidir su marca con el plano del corte superior de la culata C. A veces se marcan los propios árboles, y es frecuente que haya una segunda marca en la culata para enfrentarlas. Si todo se ha hecho correctamente, el cigüeñal está en su sitio, la cadena estirada por el lado contrario al tensor y el árbol de escape correctamente enfrentado.

Se procederá ahora a colocar el árbol de admisión A cuidando dos aspectos. Deberá enfrentar correctamente su marca M con el plano de la culata y entre uno y otro árbol ha de haber un número exacto de eslabones (en el ejemplo de la Fig. 2.95 son 24 bulones entre las marcas).

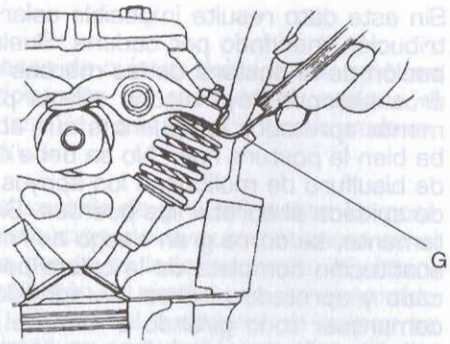
Sin este dato resulta imposible calar correctamente un sistema de distribución mandado por cadena. Suele dificultar el montaje y la comprobación de la postura de las marcas el hecho de que en un cuatro cilindros siempre haya alguna válvula pisada, y, hasta no estar definitivamente apretados los puentes que abrazan los árboles, no se comprueba bien la postura final. No se debe olvidar en el montaje untar de grasa de bisulfuro de molibdeno los apoyos de los árboles y tener un extremado cuidado al apretar los puentes. Si éstos no se aprietan en cruz y lentamente, se corre gran riesgo de romperlos, provocando esto último la sustitución completa de la culata por ser irremplazables. Una vez colocado y apretado el árbol de admisión, sólo queda instalar el tensor y comprobar todo girando a mano el cigüeñal dos vueltas. Es común a todos los diseños biárbol que, con el cigüeñal colocado en el TOP de un cilindro, las levas de admisión y escape presenten una disposición simétrica respecto a un plano que cortará al cilindro por el centro siendo paralelo a la carrera y a los árboles.

Si se utiliza una correa dentada, el proceso varía, pues se suelen instalar exterior y lateralmente. En este caso, las ruedas dentadas de los árboles y el extremo del cigüeñal tienen unas marcas que han de coincidir con dos de la culata y una del cárter respectivamente. Se colocan adecuadamente las tres ruedas dentadas, con la precaución de no mover los árboles hasta no estar seguros de tener el pistón a media carrera, y, una vez colocados éstos, hay que situar el cigüeñal en su marca. A continuación, se coloca la correa lateralmente, se regula el tensor y se comprueba el conjunto.



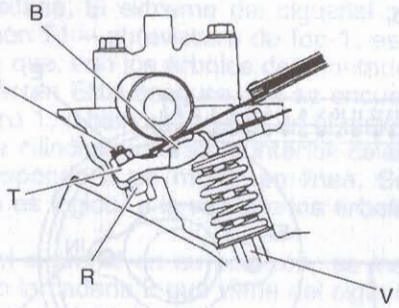
2.95. Correcto calado de la distribución de un sistema de doble árbol de levas en la culata y cadena de transmisión mediante las marcas en las ruedas de transmisión y en número de eslabones intermedios.

En los diseños que incorporan cascada de engranajes, se parte obligatoriamente de árboles desmontados. En esta situación no hay riesgo de doblar ninguna válvula, por lo que se coloca el cigüeñal en su marca sin más. Los engranajes de los árboles incorporan unas marcas que coinciden con el plano superior de la culata, o bien con otros del engranaje superior. Se hacen coincidir dichas marcas y se comprueba con un giro a mano.



2.96. Comprobación de la holgura de la distribución con una galga de espesores en un sistema con balancines.

Si se confía el mando de una distribución biárbol a un árbol con grupos cónicos, se procederá de un modo similar al caso de la correa dentada. Se debe comprobar que el pistón no está en punto muerto superior y se girarán los árboles hasta enfrentar sus marcas respectivamente con las de la culata o las del árbol intermedio. Después se coloca el cigüeñal y se intercala el árbol de mando.

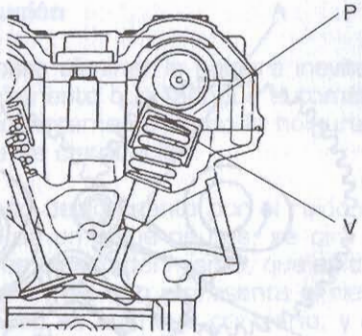


2.97. Comprobación de la holgura de la distribución con una galga de espesores en un sistema con empujador intermedio.

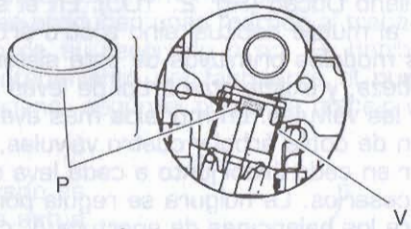
9.5. Reglaje de válvulas

Se denomina así al proceso seguido para obtener la holgura necesaria en el sistema de accionamiento de las válvulas. Sea cual sea el sistema instalado, se debe prever la magnitud de las dilataciones y regular la holgura necesaria para evitar que las válvulas se queden pisadas en caliente. La holgura precisa es un dato que siempre proporciona el fabricante, y se debe seguir escrupulosamente. El reglaje se hace preciso cuando no se cumplen las indicaciones del fabricante, tanto por exceso como por defecto, y ha de medirse y realizarse en frío. Cuando la holgura es excesiva, el diagnóstico es más fácil, pues el ruido las delata. Más difícil de discernir resulta cuando es insuficiente, pues el ruido no existe, pero las consecuencias sí. Un mantenimiento periódico, controlando la holgura cada cierto número de kilómetros, es la mejor garantía de duración.

El primer paso es siempre descubrir la tapa superior de la culata, uno de los extremos del cigüeñal y conviene quitar las bujías. El segundo paso es buscar el punto muerto superior inmediato a la carrera de compresión. Seguidamente, se mide el juego existente, y para ello se utilizan galgas G de espesores, pues se trata de centésimas de milímetro (Fig. 2.96). En este punto empiezan las diferencias según el sistema previsto por la fábrica. En ocasiones se sitúa en la parte del balancín B que pisa la válvula V un tornillo R con contratuerca C para fijar su posición (a veces el balancín incorpora el tornillo en su apoyo a la culata, como el ejemplo de la Fig. 2.97). En estos casos se regula la holgura justa al mismo tiempo que se mide. Otras veces se incluye en el sistema una pastilla calibrada P (de medida muy precisa y conocida), y un vaso como alojamiento para ella (Fig. 2.98). Cuando la pastilla P se ubica por debajo del vaso V (Fig. 2.99), se han de medir todas las válvulas, desmontar los árboles, medir las pastillas con un micrómetro centesimal y, mediante una simple operación matemática, sustituirlas por las adecuadas. Hay un método mixto que incorpora pastillas, pero permite ir regulando la holgura a la vez que se mide. En este sistema, las pastillas van situadas encima del vaso y, mediante un útil que cambia según el fabricante, se puede extraer y cambiar aquella sin quitar el árbol.



2.98. Situación de las pastillas calibradas sobre los vasos de accionamiento de las válvulas.

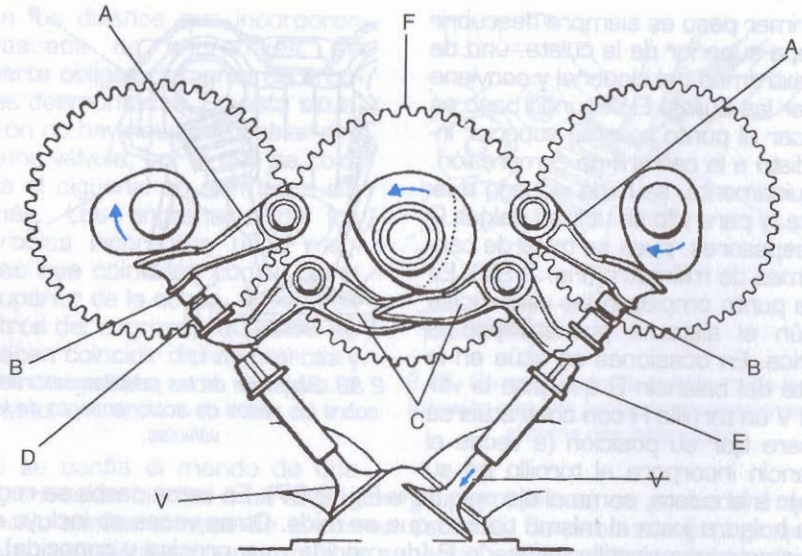


2.99. Situación y aspecto de las pastillas calibradas bajo los vasos de accionamiento de las válvulas.

Un método que utiliza elementos de ambos consiste en unos balancines que se pueden desplazar lateralmente, dejando al descubierto la pastilla calibrada que apoya directamente en la cola de la válvula.

Hay un método que ha caído en desuso y se usaba cuando había balancines. El eje de éstos contiene una excéntrica y una contratuerca para fijarlo. Según el sentido del movimiento aproxima y o aleja, con lo que hace posible el reglaje.

Mención especial, por su complicación y por el ingenio que derrocha, merece el sistema desmodrómico creado y empleado por el fabricante



2.100. Elementos que componen el sistema de accionamiento y regulación de un sistema de distribución desmodrómico de Ducati.

italiano Ducati (Fig. 2. 100). En él se confía el cierre de las válvulas V no al muelle habitual sino a otro árbol de levas llamado "de cierre". En los modelos primitivos de este sistema, las culatas eran monoárbol en cabeza, y existía otro árbol de levas F con sus balancines para el cierre de las válvulas. En modelos más avanzados y evolucionados, las culatas son de doble árbol y cuatro válvulas, quedando aun espacio para disponer en cada árbol junto a cada leva otra para el cierre, y los balancines necesarios. La holgura se regula por medio de una pastilla calibrada B, para los balancines de apertura A, con forma de vaso invertido. Para el balancín de cierre en ángulo recto y ahorquillado C, se dispone un anillo calibrado y una entalladura en la cola que impide su paso D y E respectivamente. No es posible realizar el reglaje sin unos utillajes muy específicos fabricados también por el constructor.

Por último, se pueden citar muy contados casos de taqués hidráulicos, tan habituales por lo demás en los automóviles. Con este sistema se obtiene holgura cero, tanto en frío como en caliente, y sin mantenimiento.

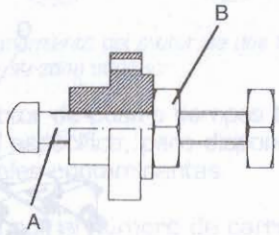
9.6. Tensor de la cadena de distribución

Se llama así al mecanismo instalado para eliminar la holgura inevitable en todo arrastre por cadena. Es un elemento que, aunque automático casi siempre, conviene revisar tan frecuentemente como la holgura de válvulas o el estiramiento de la cadena de distribución.

Se sabe que el tensor no está actuando debidamente por el ruido que hace la cadena al trabajar floja. Si se da un golpe de gas, se oirá primero el ruido lógico del motor, y después un eco del mismo, que es debido a la cadena. Esto hace que se estire mas aún y presenta el riesgo de rotura y consiguiente avería. Tampoco es bueno lo contrario, y una cadena excesivamente tensada corre riesgo de rotura, e incluso puede afectar a los árboles y a los cojinetes sobre los que éstos apoyan. Se sabe que está demasiado tensa por un silbido característico que emite, similar al de una cadena secundaria tensa en exceso.

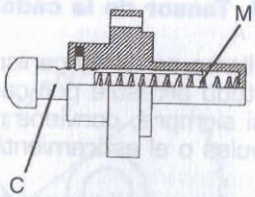
Un punto tan importante como el control de tensión de la cadena es el control del estiramiento sufrido por ésta. Para medirlo hay varios métodos, ayudándose para ello del tensor, de las marcas de calado o de la propia cadena. Con este último método, se miden un número de eslabones especificado por la fábrica en los datos de mantenimiento, cuya medida ha de estar entre unos límites. Situando el cigüeñal en las marcas de calado, si éstas no se enfrentan exactamente, se debe al estiramiento. Por último, en el tensor se producen unas marcas al trabajar que indican si está en el principio de su recorrido o no. Es habitual encontrar entre los datos de mantenimiento del fabricante el punto aconsejable de sustitución de la cadena, según el punto de trabajo del tensor.

Otro aspecto que debe ser observado es el desgaste del patín sobre el que actúa el tensor y el opuesto (cuando lo hay). En cuanto a la clasificación de los distintos modelos de tensores, la más general es diferenciar los automáticos de los que no lo son. Estos últimos suelen consistir en un cuerpo roscado A con una contratuerca B para fijarlo (Fig. 2.101), que actúa sobre el patín y ha de regularse periódicamente. Se suele regular la tensión a un régimen ligeramente superior al de ralentí. Para ello, se arranca y acelera levemente, con la contratuerca floja se va roscando lentamente el tensor, y el ruido desaparecerá. Se comprueba entonces que ni hay eco, ni silba al dar pequeños golpes de gas y se aprieta la contra tuerca.



2.101. Tensor de cadena de distribución de tipo manual.

Entre los automáticos, las configuraciones varían entre dos sistemas principales: los accionados por presión de aceite y los sometidos a la precarga de un muelle (ejemplo de la Fig. 2.102). En aquellos, la presión de aceite del engrase se encarga de empujar al cuerpo del tensor, que a su vez incide sobre el patín. Es un sistema bastante fiable, cuyo punto crítico es el arranque, pues tarda en empezar a actuar tanto como el circuito de engrase en tener presión.

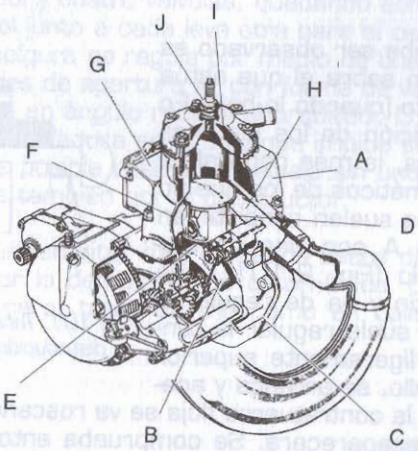


2.102. Tensor de cadena de distribución de tipo automático con muelle interior y sistema antiretroceso.

En los tensores de muelle, el sistema de funcionamiento depende del fabricante, pero el principio es siempre el mismo. Hay un cuerpo del tensor C que sólo puede avanzar en una dirección, que presenta una precarga en ese mismo sentido que le confiere el muelle M. Es muy importante replegar el cuerpo del tensor antes de montarlo y liberarlo ya montado, para evitar estirar la cadena al instalarlo. Todos los tensores de muelle tienen previsto un sistema para fijarlo plegado y así poder instalarlo sin tensión. Como ya se dijo, el automatismo de estos tensores no los exonera de un mantenimiento que asegure su buen estado, y que puede servir además de control del estiramiento de la cadena de distribución.

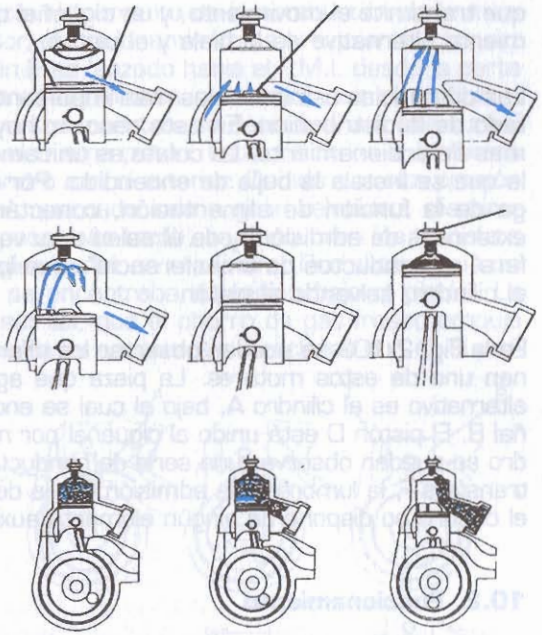
10. EL MOTOR DE DOS TIEMPOS

El motor de dos tiempos es, junto con el de cuatro, el más utilizado en las motocicletas desde sus inicios. Sus orígenes se remontan a finales de la



2.103. Motor de dos tiempos con sus principales elementos.

década pasada. Su ciclo fue desarrollado teóricamente por el inglés Clerk, en el año 1879, y los primeros experimentos con motores caracterizados por tener fase de compresión en el cárter se deben a Karl Benz, que en el año 1880 experimentó sin demasiado éxito con unos modelos construidos por él mismo. Los primeros modelos de serie aparecieron en las motos a principios del siglo XX, y desde entonces ha sido uno de los más utilizados en este sector.



10.1. Descripción

El motor de dos tiempos tiene unas indudables ventajas en vehículos ligeros y económicos, debido por una parte a su simplicidad y por otra a su sencillez de fabricación, que lo hace muy indicado para los modelos más pequeños. Con respecto a su gran rival, el motor de cuatro tiempos tiene estas ventajas, así como una mayor potencia específica, pero dispone de un rendimiento menor, y de unos mayores niveles contaminantes.

2.104. Ciclo de funcionamiento del motor de dos tiempos en su zona superior.

El motor de dos tiempos recibe este nombre por el número de carreras en que el propulsor es capaz de realizar un ciclo completo. Al igual que el resto de los motores que funcionan bajo el ciclo de Otto, tiene cuatro ciclos diferenciados, que responden a las fases de admisión, compresión, combustión y escape.

Mantienen un grupo alternativo similar al del motor de cuatro tiempos, con un pistón que se encarga de comprimir la mezcla y recibir la energía producida en la combustión de la mezcla de aire y gasolina, una biela

que transmite el movimiento, y un cigüeñal que convierte en giro el movimiento alternativo de la biela y el pistón.

Las diferencias estructurales más importantes vienen dadas por el apartado de la distribución. En este caso no hay válvulas, ni por tanto sistemas de accionamiento. La culata es únicamente una tapa del cilindro en la que se instala la bujía de encendido. Por su parte el cárter se encarga de la función de alimentación, conectándose con él los conductos exteriores de admisión, y de él salen a su vez otros denominados "transfers" o "conductos de transferencia", que lo conectan lateralmente con el cilindro, salvando al pistón.

En la Fig. 2.103 se pueden observar los diferentes elementos que componen uno de estos motores. La pieza que agrupa los elementos del tren alternativo es el cilindro A, bajo el cual se encuentra el cárter C del cigüeñal B. El pistón D está unido al cigüeñal por medio de la biela E. En el cilindro se pueden observar una serie de conductos que son por una parte los transfers F, la lumbrera de admisión G y la de escape H. La culata I sobre el cilindro no dispone de ningún elemento auxiliar, salvo la bujía J.

10.2. Funcionamiento

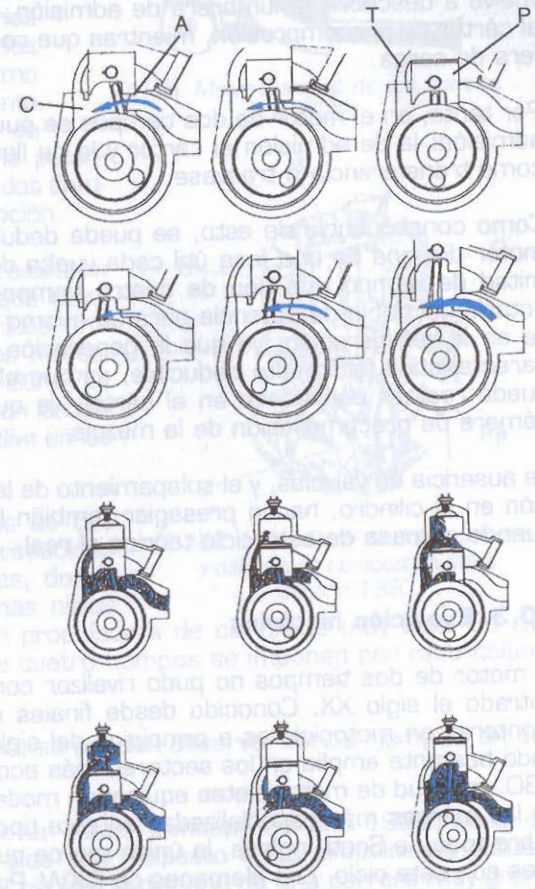
Aunque el motor de dos tiempos funciona en base a un ciclo con cuatro fases, éstas se realizan únicamente en dos carreras del pistón, que corresponden con una vuelta del cigüeñal. Para poder realizar todos los trabajos en un periodo de tiempo tan corto, este motor debe utilizar no sólo la parte superior del pistón como cámara en la que los gases tienen sus procesos, sino también la parte inferior. La zona superior, limitada por la cabeza del pistón y la culata, se encarga del proceso de combustión, con las correspondientes fases de admisión, compresión, explosión y escape, solapándose la primera y la última, de modo que, al contrario que en un motor de cuatro tiempos en el que únicamente coincidían en un corto periodo de tiempo denominado "cruce de válvulas", en este motor se realizan casi conjuntamente. Esto obliga a realizar una parcelación del cilindro, de manera que los gases quemados y los frescos no se mezclen.

La zona comprendida entre la parte inferior del pistón y el cigüeñal se encarga al mismo tiempo de los procesos de admisión, realizando la tarea previa de introducir el gas desde el exterior en el motor. Para unir ambas zonas se realizan los transfers, que unen de manera intermitente las dos cámaras creadas.

Para realizar una descripción del ciclo se puede dividir el motor en sus dos cámaras y estudiar los procesos que ocurren en cada una de ellas. En la Fig. 104 se puede observar el ciclo que se realiza en la cámara de combustión y el cilindro del motor.

Si se toma como punto de inicio el momento de la combustión de la mezcla y la parte superior del motor, el funcionamiento es el siguiente. Una vez que la mezcla explota, el pistón P es lanzado hacia el P.M.I. desde la parte superior de su carrera. En un determinado momento, con el émbolo a medio camino entre los dos puntos muertos, se descubre una abertura E en la periferia del cilindro por el mismo pistón. Este orificio es la lumbrera de escape, que conecta el cilindro con el exterior. Debido a la alta presión existente en el cilindro, el gas quemado sale a gran velocidad, disminuyendo la presión interior. Un poco más tarde, se descubren los transfers de carga C, situados estratégicamente en el cilindro. Por ellos comienza a entrar mezcla fresca, que se encontraba a presión bajo el pistón. La forma de los transfers debe ser tal, que el chorro de gas fresco empuje al gas quemado hacia la lumbrera de escape, sin mezclarse con él. El proceso de admisión y escape sigue realizándose durante toda la carrera descendente del pistón y parte de la ascendente. A la misma distancia del P.M.I. que en la carrera de bajada, el pistón cierra los transfers de carga, por lo que este tiempo acaba. El escape aún continúa durante un cierto tiempo, hasta que se cierra la lumbrera de escape, y comienza la parte de la carrera correspondiente al tiempo de compresión, que finalizará en el P.M.S. cuando la bujía B haga saltar la chispa y el ciclo se repita.

Mientras tanto, en la zona situada bajo el pistón, el proceso es completamente diferente. En la Fig. 2.105 se observa de manera análoga a la del cilindro. Cuando se produce la compresión, el cárter C está conectado con el exterior mediante una abertura A situada



2.105. Ciclo de funcionamiento del motor de dos tiempos en su zona inferior.

en la parte inferior del cilindro. La depresión de su interior hace que el gas entre en el carter. A medida que el pistón desciende hacia el PMI, la mezcla deja de entrar al cárter, al desaparecer la depresión que la absorbía. Por el contrario, en la práctica, surgen incluso retrocesos de mezcla por la lumbrera de admisión, al ser presionada por la parte inferior del pistón al descender. Seguidamente se cierra la lumbrera de admisión, al ser tapada por la falda del pistón, comenzando a comprimirse la mezcla admitida en el cárter. Finaliza por tanto la admisión y comienza la llamada **precompresión**, la cual es exclusiva del ciclo 2T, al no estar presente en el ciclo 4T. Mientras, en la parte superior, la cabeza del pistón descubrirá los transfers de carga, finalizando por tanto la precompresión y comenzando la llamada **transferencia**, también exclusiva del ciclo 2T. Durante la carrera ascendente, el pistón con su falda vuelve a descubrir la lumbrera de admisión, entrando de nuevo mezcla al cárter de precompresión, mientras que con su cabeza tapa los transfers de carga.

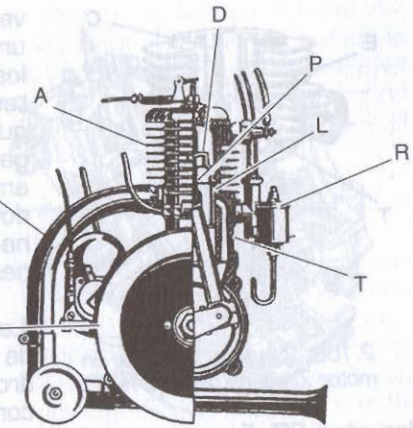
Por tanto, en el motor de dos tiempos se puede hablar de dos fases de admisión: la de admisión al cárter y la de llenado del cilindro, conocida como transferencia o trasvase.

Como consecuencia de esto, se puede deducir en primer lugar que el motor dispone de una fase útil cada vuelta del cigüeñal, es decir, en la mitad de tiempo que uno de cuatro tiempos, lo que teóricamente le dotaría del doble de potencia para un mismo régimen de giro. Ello influye en la refrigeración, ya que la generación de calor se duplica. Otra característica fácilmente deducible, es que el engrase del motor no se puede realizar con aceite en el cárter, ya que éste se necesita como cámara de precompresión de la mezcla.

La ausencia de válvulas, y el solapamiento de las fases de escape y admisión en el cilindro, hacen presagiar también la aparición de problemas cuando se pasa de este ciclo teórico al real.

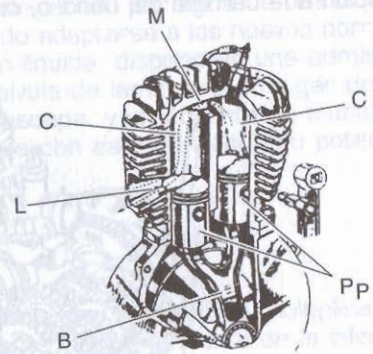
10.3. Evolución histórica

El motor de dos tiempos no pudo rivalizar con el de cuatro hasta bien entrado el siglo XX. Conocido desde finales del siglo XIX, comenzó a montarse en motocicletas a principios del siglo XX, y mantuvo un mercado bastante amplio en los sectores más económicos. En los años 20 y 30, multitud de motocicletas equipaban modelos de dos tiempos, siendo las marcas más especializadas en este tipo de propulsor la Lewis y, sobre todo, la Scott inglesa, la única marca que consiguió éxitos deportivos con este ciclo. Los alemanes de DKW, Puch, NSU y Zundapp también se especializaron más tarde en motores de dos tiempos. De hecho, estos motores, debido a la ausencia de elementos de distribución, tendieron en algunos casos a evolucionar hacia motores de varios cilindros con una única cámara de combustión, con bielas independientes o dobles, en las que las marcas Puch y Garelli fueron las más insistentes.



2.106. Motor Zundapp de dos tiempos de 1922.

Realmente, el motor de dos tiempos no llega a la mayoría de edad, hasta que el técnico alemán Walter Kaaden investiga los fenómenos ondulatorios en los escapes y aprovecha las ondas creadas en el mismo para optimizar el rendimiento del ciclo, consiguiendo un aumento espectacular de la potencia, y lanzando al motor de dos tiempos a la cima en la competición.



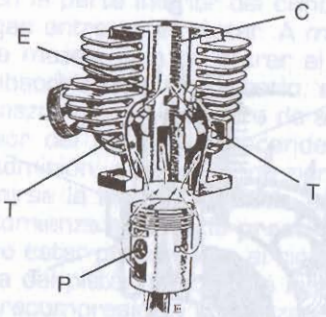
2.107. Motor Puch de doble ciclindro y cámara de combustión única del año 1930.

El segundo gran paso lo realizaron los fabricantes japoneses, que impusieron este tipo de mecánicas simples y muy potentes en los mercados mundiales de los años 60 y 70, hasta que los problemas con la contaminación iniciaron su declive en las cilindradas mayores.

Actualmente, los motores de dos tiempos vuelven a estar reducidos a las cilindradas inferiores, donde es necesario alcanzar unas cifras de potencia elevadas con propulsores de cilindrada muy baja. En cilindradas superiores, los de cuatro tiempos se imponen por restricciones ecológicas.

Para estudiar su evolución, se pueden observar varios ejemplos en diferentes épocas históricas.

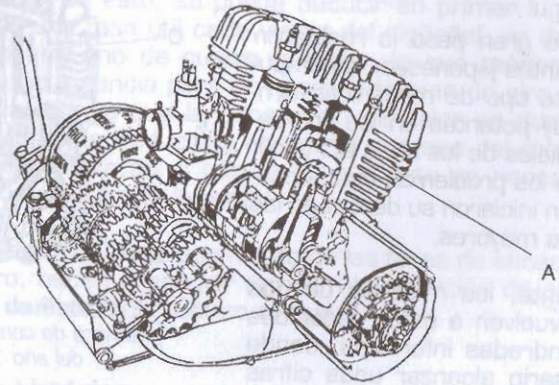
En la Fig. 2.106 aparece un motor Zundapp del año 1922, en el que las diferencias estructurales con respecto a los propulsores actuales son bastante elevadas. El cilindro A dispone de una carrera muy grande respecto al diámetro, las lumbreras son muy pequeñas, de manera que los periodos de admisión y escape son muy cortos. El pistón P que se



2.108. Cilindro y pistón de un motor Zundapp del año 1950.

ve seccionado, dispone en su cabeza de un deflector D para orientar el flujo de los transfers T hacia arriba. Otra característica peculiar es el tubo de escape B, que es un simple tubo que conduce los gases al exterior. Las formas simples se amplían a elementos como el carburador R o el enorme volante de inercia I necesario en esos tiempos para mantener una marcha mínimamente regular.

La Fig. 2.107 muestra un típico ejemplo de motor de dos tiempos con varios cilindros C y una cámara de combustión común M, en concreto un motor Puch de los años 30. En este caso, la biela B es única y se bifurca formando una horquilla para sujetar los dos pistones P. Debido a la ausencia de actuación del tubo de escape, las lumbreras L siguen siendo muy pequeñas en relación a la carrera del cilindro, como se observa en la de escape.

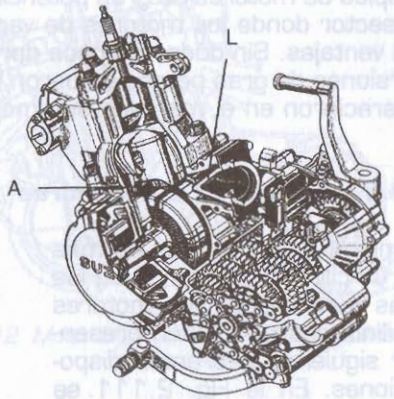


2.109. Motor Yamaha YDS5 del año 1969.

Una evolución se muestra en el cilindro de la Fig. 2.108 de una motocicleta Zundapp de 1950, en la que los transfers de carga T se han multiplicado, e incluso el pistón P hace las veces de elemento de unión entre ambas cámaras en ciertos momentos. La lumbrera de escape E es más alta, y la entrada de combustible al cilindro C se multiplica por el aumento del área de paso.

El siguiente motor, en la Fig. 2.109, corresponde a una Yamaha YDS5, de corte deportivo del año 1969, que con una cilindrada de 250 c.c. ya

alcanza los 30 CV. Se trata de una moto equipada con tubarros y un diagrama de distribución bastante más amplio, que eleva la potencia, pero a costa del consumo y la polución, algo que en el momento de su fabricación aún no se tenía en cuenta. Hay que destacar el generoso aleteado A de los cilindros, provocado por un mayor rendimiento del motor y la estructura general de los elementos accesorios, de corte netamente actual.



2.110. Motor Suzuki RM 125 c.c. del año 1992.

Por último la Fig. 2.110 muestra un motor de dos tiempos actual de un modelo monocilíndrico refrigerado por agua de una Suzuki 125 c.c. Las características han debido adaptarse a las nuevas normas y el motor, además de la refrigeración líquida, dispone de una admisión en el cárter A, controlada por una válvula de láminas L en lugar de un pistón, regulación de la lumbrera de escape, y un importante trabajo a nivel de materiales, para conseguir que con esta cilindrada su potencia supere ampliamente los 30 CV.

10.4. Motores de varios cilindros

Al igual que ocurría en los motores de cuatro tiempos, la multiplicación del número de cilindros y el consiguiente fraccionamiento de la cilindrada, tiene como ventajas más importantes la disminución de los riesgos mecánicos, por las menores inercias de los elementos móviles, y el aumento del régimen y de la potencia. En contraprestación, los motores de varios cilindros son más caros de fabricar y también más complicados de mantener.

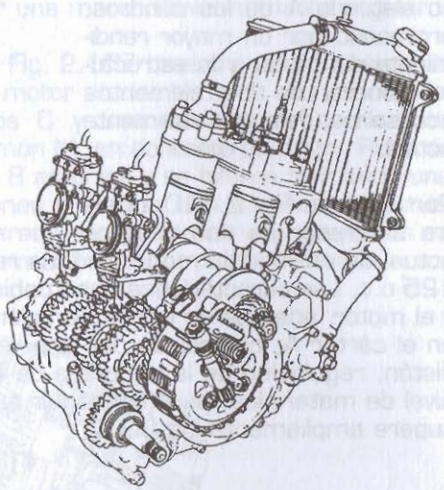
El ciclo de dos tiempos presenta una gran desventaja para multiplicar el número de cilindros con respecto al de cuatro, la necesidad de emplear cárteres individuales para cada cilindro, ya que cada uno debe disponer de su propia cámara de precompresión.

En cualquier caso, en estos momentos los motores de dos tiempos son menos propensos que los de cuatro al empleo de múltiples cilindros. Ello se debe a los costes, ya que este tipo de propulsor se enfoca principalmente a las motos del segmento inferior. Otras causas añadidas son la normativa actual anticontaminación y el consumo, que desaconsejan el

empleo de motores de gran potencia de este ciclo, que es al fin y al cabo el sector donde los motores de varios cilindros presentan sus principales ventajas. Sin duda, la época dorada de este tipo de motores, en sus versiones de gran potencia, fueron los 60 y comienzos de los 70, donde aparecieron en el mercado sus mejores exponentes.

10.5. Motores de dos cilindros

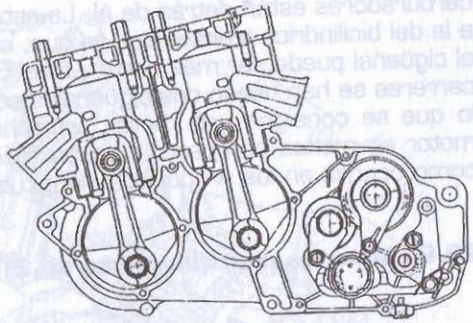
Dentro de los motores de más de un cilindro, son sin duda los más numerosos. Los motores bicilíndricos se pueden presentar siguiendo diferentes disposiciones. En la Fig. 2.111 se puede observar un motor bicilíndrico en línea transversal calado a 180º. Estos motores ofrecen una mayor superficie frontal, lo cual es bueno para su refrigeración si ésta es por aire y malo para su penetración aerodinámica. Los escapes salen por la parte delantera y los carburadores se disponen en la parte posterior de los cilindros. En las motos de competición no se puede generalizar sobre la disposición de estos elementos, ya que muchos de ellos montan los carburadores en la parte delantera de los cilindros, mientras que los escapes van en la parte trasera y, de esta manera, tienen una salida directa hacia la parte trasera, sin tener que realizar curvas pronunciadas que le restan potencia. En otras ocasiones, el empleo de válvulas rotativas laterales, los sitúan en los costados, aumentando aún más la anchura del conjunto.



2.111. Motor bicilíndrico paralelo de una Yamaha TZR 250 c.c.

Con el fin de disminuir las vibraciones y homogeneizar las combustiones, el calado a 180 grados es el más utilizado. Otra disposición utilizada en los motores bicilíndricos en línea, es la que sitúa los cilindros en el sentido longitudinal de la motocicleta (Fig. 2.112). Este tipo de motores utiliza dos cigüeñales paralelos y engranados entre sí, colocados en sentido transversal a la marcha de la motocicleta, que giran en sentido opuesto para disminuir las vibraciones. Esta disposición supone una gran ventaja para la penetración aerodinámica, pues ofrece una menor superficie frontal, lo cual va en detrimento de la refrigeración del motor si ésta es por aire, por lo que normalmente se suele utilizar refrigeración líquida. También es muy

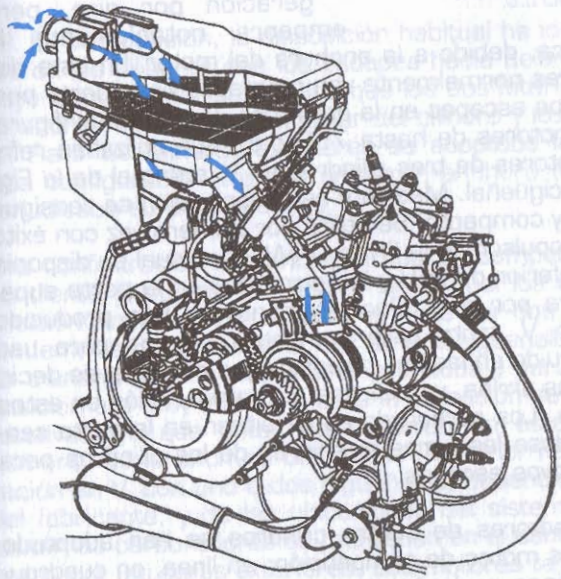
favorable para la utilización de válvulas rotativas, debido a que la utilización de las mismas no hace que la anchura total del motor sea exagerada, al ubicarse ambos carburadores en un mismo lado. Los escapes se colocan sin que se interfieran mutuamente; el del cilindro delantero en su cara delantera, pasando por debajo del motor hacia la parte trasera de la moto, y el trasero en la cara trasera saliendo directamente hacia atrás.



2.112. Motor bicilíndrico paralelo longitudinal de la firma Rotax.

La principal desventaja de este tipo de motor, y por lo que se emplea muy poco en motores comerciales, es la multiplicación de los elementos del tren alternativo como el cigüeñal, sus rodamientos y los órganos de la transmisión primaria. Normalmente el calado de estos motores es a 360 grados, de modo que se anulen las vibraciones de los cilindros, haciéndolos girar en sentidos contrarios. La longitud del motor —mayor que la de la disposición transversal— también puede llegar a ser un problema.

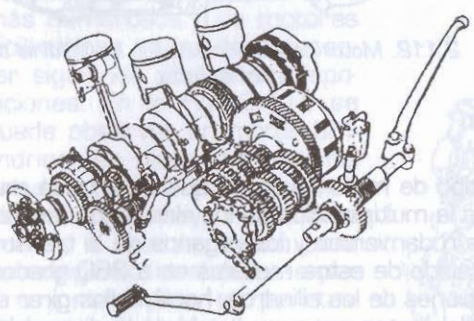
Actualmente, las tendencias de diseño de los motores bicilíndricos, conducen a la disposición de los cilindros en "V" (Fig. 2.113). Esta disposición permite colocar los carburadores en el centro de la "V" o en la parte trasera del conjunto. Los escapes salen, en el cilindro inferior por la cara delantera, hacia abajo y después hacia atrás, y el del cilindro superior por su cara trasera, hacia atrás directamente, o también por delante si los



2.113. Motor bicilíndrico en V de una Suzuki RGV 250 c.c.

carburadores están detrás de él. La estrechez de este motor es superior a la del bicilíndrico transversal, ya que, al colocarse los cilindros en una V, el cigüeñal puede ser más corto y más compacto. En algunos motores de carreras se han usado dos cigüeñales con sentidos de giro opuestos, con lo que se consigue una mayor estrechez y menos vibraciones, pero el motor es menos compacto y ocupa más espacio, aumentando además, como ocurría en los propulsores longitudinales, el número de elementos.

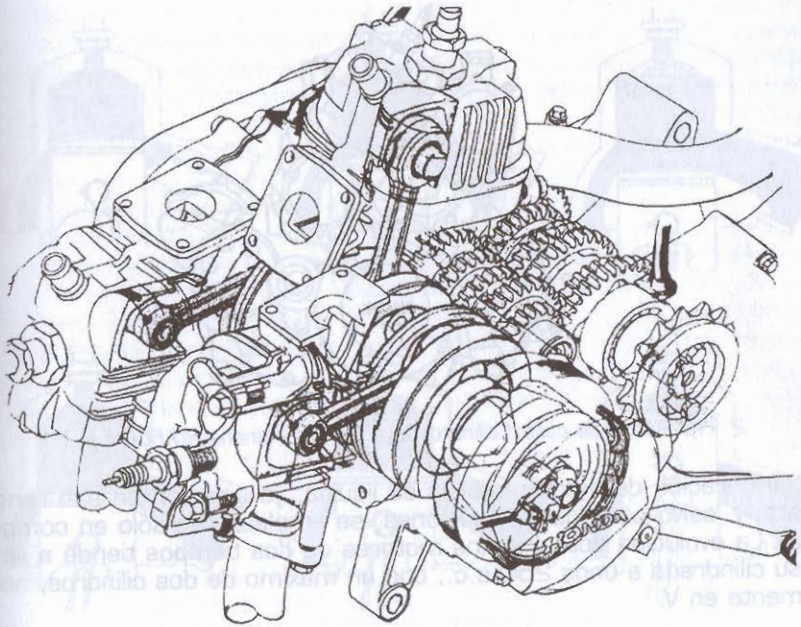
10.6. Motores multicilíndricos de 2T



2.114. Motor de tres cilindros en línea de una Suzuki GT 750 c.c.

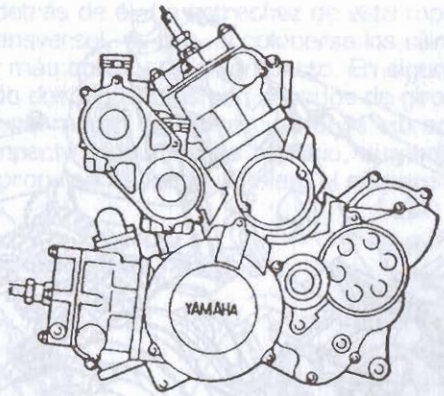
Los motores de tres cilindros se han construido en dos configuraciones: en línea y en V. En la Fig. 2.114 se puede observar un motor tricilíndrico calado a 120º, con cilindros independientes y culata común. Esta disposición suele colocarse transversal al sentido de la marcha, lo cual supone una ventaja cuando se emplea la refrigeración por aire, pero empeora notablemente la penetración aerodinámica, debido a la anchura del motor. En esta disposición, los carburadores normalmente van montados en la parte posterior de los cilindros y los escapes en la delantera. Con esta configuración se han fabricado motores de hasta 750 c.c., que utilizaban refrigeración líquida. Los motores de tres cilindros en V, como el de la Fig. 2.115, utilizan un único cigüeñal. Mediante esta disposición se consigue un motor más estrecho y compacto. Se utilizó por primera vez con éxito en competición en un propulsor de la firma DKW, en el cual se disponía un cilindro en la parte inferior de la V y los otros dos en la parte superior. La refrigeración era por aire. Recientemente se han producido motores tricilíndricos en V, tanto para competición como para uso comercial. Se han construido en las dos disposiciones posibles, es decir, con un cilindro abajo y dos arriba, y viceversa. La refrigeración en estos dos casos ha sido líquida. Los carburadores se sitúan en la parte central de la V, aprovechándose las caras exteriores de los cilindros para las salidas de los respectivos escapes.

En la construcción de motores de cuatro cilindros se han adoptado varias disposiciones en las motos de competición: en línea, en cuadro y en V. La disposición en línea es la única que no se ha construido en motos de serie, por la complejidad de algunos elementos como el cigüeñal. En competición, la disposición habitual ha ido unificando las posiciones de los cilindros con los escapes hacia delante, pero Yamaha construyó también modelos en los que los dos interiores montaban los carburadores en la parte posterior del cilindro y los escapes en la delantera. Para los cilindros exteriores se adoptaba la disposición contraria. Esta configuración imponía una gran anchura a la motocicleta, la cual perjudicaba su aerodinámica.



2.115. Motor de tres cilindros en V de una Honda MVX 250 c.c.

Una configuración bastante utilizada en competición ha sido la correspondiente al cuatro en cuadro, en la cual los cilindros adoptaban una posición similar a un motor compuesto por dos motores bicilíndricos en tándem, es decir, el motor era de dos cigüeñales montados en el sentido transversal a la marcha, engranados y paralelos entre sí. Esta disposición era muy favorable para la utilización de la admisión por válvulas rotativas, ya que éstas no suponían en este caso un considerable aumento de la anchura del motor. Posteriormente se utilizó la configuración en V, con uno o dos cigüeñales, dependiendo de las preferencias del fabricante, y de las ubicaciones del sistema de admisión. En este motor los carburadores se montaban en el centro de la V, y los escapes salían por las caras exteriores. Los motores tetracilíndricos construidos para motos de calle adoptan la disposición en V con dos cigüeñales (Fig. 2.116), que giran en sentidos opuestos para disminuir las vibraciones.



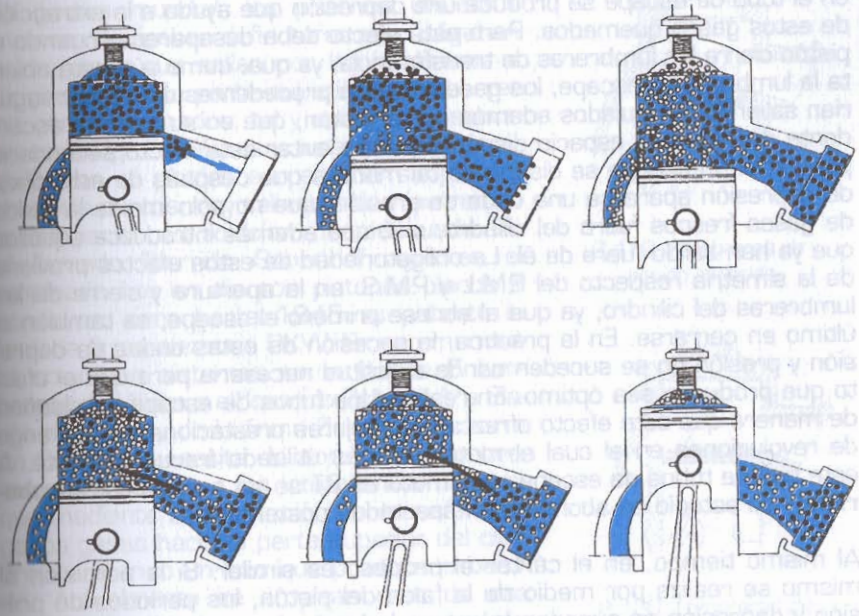
2.116. Motor de cuatro cilindros en V de una Yamaha RD 500 c.c.

La refrigeración de estos motores es líquida, ya que son de alto rendimiento, y, salvo contadas excepciones, se emplean tan sólo en competición. La evolución actual de los motores de dos tiempos tiende a limitar su cilindrada a unos 250 c.c., con un máximo de dos cilindros, normalmente en V.

10.7. Ciclo práctico

El ciclo real de un motor de dos tiempos, al igual que ocurría en el caso de los motores de cuatro tiempos, no es tan simple como el teórico. Las inercias de los gases, los tiempos requeridos para las operaciones de carga y descarga, y, en este caso además, el hecho de que se mezclen los gases frescos y quemados, obligan a realizar variaciones sobre el proceso.

Inicialmente, como se observa en la Fig. 2.117, si se toma el comienzo del ciclo en el mismo punto, la chispa salta un poco antes del P.M.S, al igual que ocurría en el cuatro tiempos, con el fin de que el frente de llama llegue al pistón precisamente en ese instante. En la fase de expansión de los gases procedentes de la combustión, el pistón se desliza por el interior del cilindro, siguiendo su carrera descendente, y cuando se abre la lumbrera de escape, los gases de la combustión tienen una presión superior a la que hay en el exterior. Esto permite que la salida de estos gases se realice con rapidez. Poco después, y siguiendo la carrera descendente del pistón, se abren las lumbreras de transferencia y la mezcla fresca que ha sido comprimida en el cárter entra en el cilindro, formando unos lazos ascendentes en forma de hélice. Este flujo de gases frescos se dirige hacia una zona diametralmente opuesta a la lumbrera de escape y con un ligero ángulo de elevación, de manera que se produce un recorrido similar al representado en la Fig. 2.118. De esta



2.117. Ciclo real de un motor de dos tiempos.

forma se consigue que los gases frescos empujen fuera del cilindro los gases procedentes de la combustión y además refrigeren la cabeza del pistón. Este tipo de barrido recibe el nombre de "barrido Schnürle" y es el más usado en los motores de dos tiempos de motocicleta. Aunque los gases frescos son retenidos en su mayoría en el cilindro, una pequeña fracción de ellos sale por el escape mezclada con los gases de escape, ya que es imposible efectuar una separación a nivel molecular de los gases que salen por el escape. Lógicamente también quedan restos de mezcla quemada en el cilindro, ya que es imposible barrer al 100 % los restos de la combustión anterior. Otro elemento que influye notablemente en la expulsión de los gases de escape, y en el proceso de renovación de la carga, es el tubo de escape. Su diseño es de vital importancia, ya que en el interior de este elemento se producen unas ondas de presión y depresión que mejoran el rendimiento del motor. Cuando el motor se encuentra realizando el barrido de dichos gases,

2.118. Barrido por lazo de tipo Schnürle con cuatro transfer de admisión al cilindro.

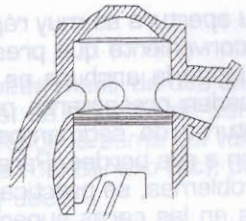
en el tubo de escape se produce una depresión que ayuda a la extracción de estos gases quemados. Pero este efecto debe desaparecer cuando el pistón cierra las lumbreras de transferencia, ya que, como aún está abierta la lumbrera de escape, los gases frescos procedentes del cárter seguirían saliendo, empujados además por el pistón, que en su carrera ascendente disminuye el espacio disponible. Para evitar este efecto secundario perjudicial, el escape se diseña de tal manera que después de esta onda de depresión aparezca una onda de presión, que no sólo impida la salida de gases frescos fuera del cilindro, sino que además introduzca aquellos que ya han salido fuera de él. La obligatoriedad de estos efectos proviene de la simetría respecto del P.M.I. y P.M.S. en la apertura y cierre de las lumbreras del cilindro, ya que al abrirse primero el escape, es también el último en cerrarse. En la práctica, la sucesión de estas ondas de depresión y presión no se suceden con la exactitud necesaria para que el efecto que producen sea óptimo. En realidad los tubos de escape se diseñan de manera que este efecto ofrezca sus mejores prestaciones en el rango de revoluciones en el cual el motor es más utilizado frecuentemente. A este tipo de tubos de escape para motores 2T se les conoce como **tubarros** y su estudio se abordará en apartados posteriores.

Al mismo tiempo, en el cárter el proceso es similar. Si la admisión al mismo se realiza por medio de la falda del pistón, los periodos de presión y depresión se suceden mientras la lumbrera está abierta, ya que, cuanto más se avance la apertura de la admisión para ganar amplitud en el periodo, más tarde se cierra cuando el pistón está bajando, lo que puede llevar consigo la salida del gas previamente introducido. Por ello es muy interesante contar con algún tipo de válvula que controle el tiempo en que el cárter está conectado con el exterior, siendo las láminas y los discos rotativos los más empleados.

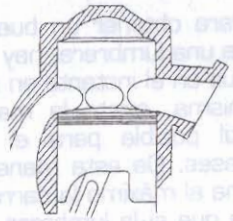
El ciclo real del motor de dos tiempos provoca la salida de gases sin quemar por el escape y la permanencia de gases quemados en el nuevo ciclo. Esto disminuye el rendimiento de un motor de estas características. En principio, podría pensarse que al duplicar el número de carreras útiles, estos motores conseguirían una potencia multiplicada por dos, pero en realidad no es así, ya que el rendimiento disminuye. En los mejores motores de cada tipo se podría hablar de una ventaja del dos tiempos sobre el de cuatro de un 50%. Además, como se ha comentado, la salida de hidrocarburos sin quemar aumenta el consumo y provoca problemas de polución. En un motor medio y en regímenes no óptimos esta salida de gases frescos puede superar el 30% del total.

10.8. Diseño de elementos

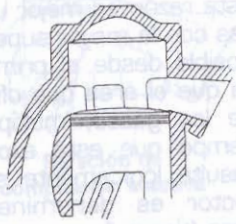
La admisión en el cilindro de los motores de dos tiempos es uno de los aspectos más complicados del motor. De hecho, hasta pasada la segunda guerra mundial, los pistones de estos motores equipaban deflectores que obligaban a los gases que salían por las lumbreras a dirigirse hacia la parte superior, para barrer los gases quemados, tal y como se observaba en la Fig. 2.106, pero esta solución desequilibraba el pistón, aumentaba su peso y producía puntos muy calientes que favorecían la detonación. La solución más adecuada era el llamado "barrido Schnürle", que es el empleado hoy en dia con pistones planos o concavos, pero hasta 1945 su patente la tenía la firma alemana DKW. En ese momento coexistían sistemas como los de 6 lumbreras de Villers o el "barrido Schauer", a través del pistón, de la firma Zundapp. El barrido Schnürle necesita de dos o más lumbreras enfrentadas en los laterales del cilindro, que mediante la orientación del transfer dirige los gases hacia la parte superior del cilindro, realizando un lazo que produce el barrido. Actualmente se emplean más de dos transfers, y en motos deportivas, uno suplementario en la parte trasera, que puede conectarse directamente con el conducto de admisión al cárter o con éste a través del pistón. La geometría de las lumbreras de admisión, escape y transferencia es un factor a tener en cuenta a la hora de diseñar un motor. Las formas más usuales que suelen presentar estas ventanas son las que a continuación se describen. La lumbrera circular (Fig. 2.119) presenta ventajas en cuanto a fricción, ya que esta forma geométrica es la que presenta menor perímetro por unidad de superficie; pero su apertura es lenta y esta es una característica que no puede permitirse el ciclo de dos tiempos, debido a su escasez de tiempo para realizar todas las fases del ciclo. Las lumbreras elípticas (Fig. 2.120) presentan una relación perímetro/área bastante buena, y su apertura se realiza con una rapidez aceptable, pero su mecanizado es complicado y sube los costes de fabricación, lo cual la hace poco utilizable. La forma más utilizada en el diseño de lumbreras es la rectangular (Fig. 2.121). Esto es debido a que



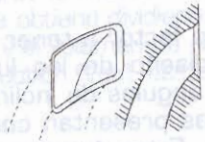
2.119. Lumbreras de sección redonda.



2.120. Lumbreras de sección elipsoidal.



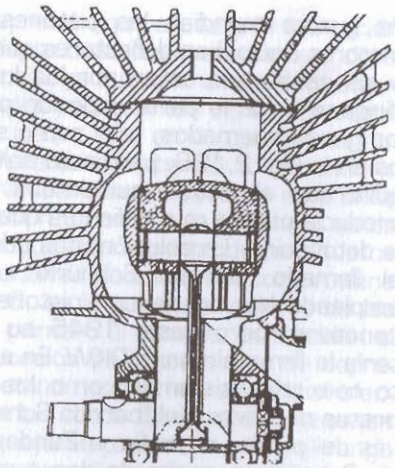
2.121. Lumbreras de sección rectangular.



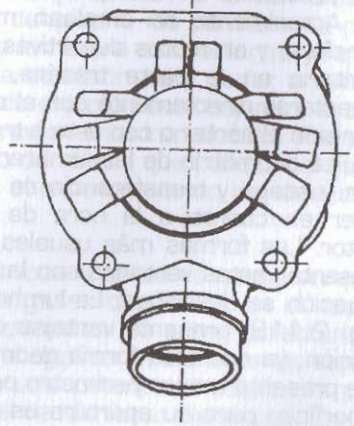
2.122. Rebajes de las intersecciones de las lumbreras en el cilindro.

su apertura es muy rápida, el único inconveniente que presenta es que cuando la anchura es muy grande pueden presentarse problemas de roturas de segmentos cuando llegan a sus bordes. Para evitar estos problemas, se practican unos rebajes en las caras superior e inferior del rectángulo, dotándolas de una ligera conicidad (Fig. 2.122) que favorece la compresión progresiva del segmento durante su paso.

Para obtener un buen rendimiento de una lumbrera, hay que conseguir que en el instante en que se abre la misma, exista la mayor superficie útil posible para el paso de los gases. De esta manera se aprovecha al máximo la carrera del pistón, ya que si la lumbrera empieza ofreciendo un área muy estrecha al comenzar su apertura, los gases salen lentamente y se desaprovecha parte de la carrera del pistón. Por esta razón es mejor utilizar lumbreras con la mayor superficie de paso posible desde el primer momento, ya que el área que ofrecen al paso de los gases, multiplicada por el tiempo que está expuesta a ello, resulta lógicamente superior. Este factor es denominado "relación área/tiempo", ya que conjuga ambos factores: el área de la lumbrera que está abierta por cada unidad de tiempo durante el intervalo en que trabaja dicha lumbrera.



2.123. Orientación axial de los transfers de carga de un motor de dos tiempos.



2.124. Orientación radial de los transfers de carga de un motor de dos tiempos.

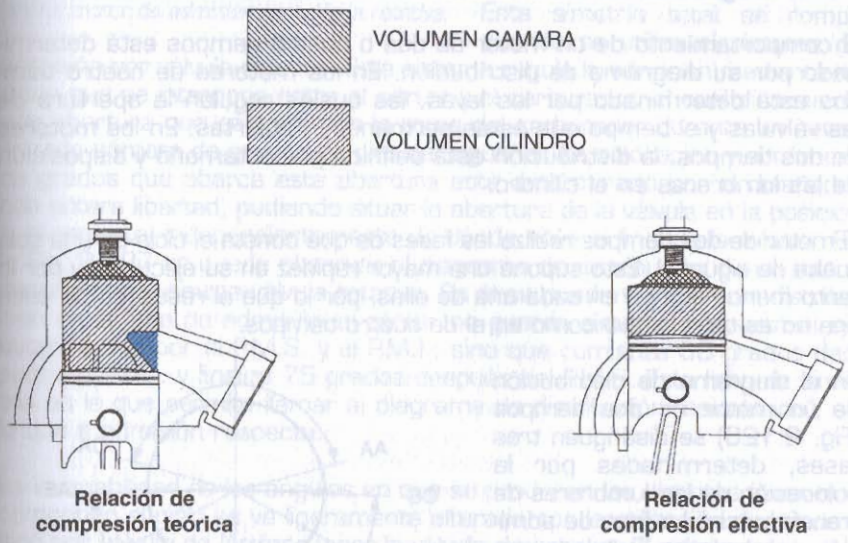
Otro factor a tener en cuenta en el diseño de las lumbreras son los ángulos de inclinación axial (Fig. 2.123) y radial (Fig. 2.124) que éstas presentan con respecto a la superficie en la que están situadas. Estos ángulos son de vital importancia en el diseño de las lumbreras de transferencia, ya que su influencia en la dirección del flujo de los gases es decisiva, siéndolo por tanto en el barrido de los gases de escape.

· Relación de compresión.

La relación de compresión en estos motores se puede medir de dos diferentes maneras: la geométrica y la real o efectiva. La relación de compresión geométrica (Rg) es la que se obtiene dividiendo la suma del volumen de la cámara de combustión (Vcc) y el volumen del cilindro (Vc), por el volumen de la cámara de combustión (Vcc), es decir:

$$Rg = (Vcc + Vc) / (Vcc)$$

que es totalmente análoga a la relación de compresión teórica de los motores de cuatro tiempos.



2.125. Relación de compresión de los motores de dos tiempos.

En cambio, la relación de compresión real o efectiva es aquella que se obtiene a partir del comienzo de la compresión, es decir, después de que el pistón tapa la lumbrera de escape, pasando a comprimirse la mezcla. Por lo tanto, la relación de compresión real (Rr) es la que se obtiene dividiendo la suma del volumen de la cámara de combustión (Vcc) y el volumen de compresión (Vcom), por el volumen de la cámara de combustión (Vcc), es decir:

$$Rr = (Vcc + Vcom) / (Vcc)$$

Es costumbre entre los constructores japoneses mencionar en sus catálogos el dato de la compresión real, mientras que los constructores europeos suelen dar el valor de la compresión geométrica.

Análogamente a los motores de cuatro tiempos se puede hablar de una relación de compresión desde que se cierra la lumbrera de escape, que sería la que realmente actúa como tiempo de compresión real. En el caso del motor 4T, es el RCA el que determina la relación de compresión efectiva. En la Fig. 2.125 se pueden observar estas dos maneras de medir la relación de compresión en los motores de dos tiempos.

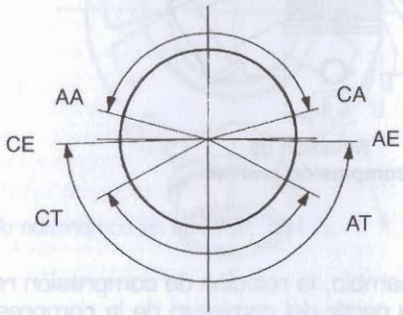
Los valores de la cilindrada son idénticos a los de los motores de cuatro tiempos, así como el resto de los parámetros geométricos del motor.

10.9. Diagramas de distribución

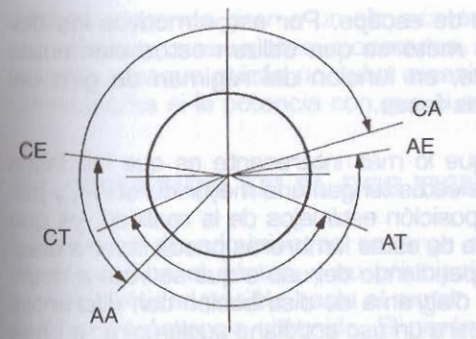
El comportamiento de un motor de dos o cuatro tiempos está determinado por su diagrama de distribución. En los motores de cuatro tiempos está determinado por las levas, las cuales regulan la apertura de las válvulas y el tiempo que éstas permanecen abiertas. En los motores de dos tiempos, la distribución está definida por el tamaño y disposición de las lumbreras en el cilindro.

El motor de dos tiempos realiza las fases de que consta el ciclo en una sola vuelta de cigüeñal. Esto supone una mayor rapidez en su ejecución y por lo tanto menos tiempo en cada una de ellas, por lo que el resultado de cada una no es tan efectivo como en el de cuatro tiempos.

En el diagrama de distribución de un motor de dos tiempos (Fig. 2.126) se distinguen tres fases, determinadas por la colocación de las lumbreras de transferencia. La fase de admisión en el cárter, señalada con las letras AA (apertura de admisión) y CA (cierre de admisión), está centrada con respecto a los puntos muertos, pues se realiza en este caso por falda de pistón. Los grados de giro de cigüeñal en que actúa dicha lumbrera son 75 antes y después del P.M.S., lo cual supone un total de 150 grados. La fase de escape, señalada con las letras AE (apertura de escape) y CE (cierre de escape) está igualmente centrada, y se desarrolla en los 87 grados de giro anteriores y posteriores al citado punto (P.M.I.). La fase de transferencia, señalada como AT (apertura de transfers) y CT (cierre de transfers), como es lógico empieza después de que se ha abierto el escape y acaba antes



2.126. Diagrama de distribución simétrico en un motor de admisión tradicional por falda del pistón.



2.127. Diagrama de distribución asimétrico en un motor de admisión por válvula rotativa.

de que éste se cierre. Está centrada también respecto al P.M.I. y lo hace durante los 62 grados anteriores y posteriores al citado punto. Este es un ejemplo de un diagrama simétrico, ya que, como se puede observar, si se divide el ciclo en dos semicírculos cortando por el diámetro que une los puntos muertos superior e inferior se obtiene dos mitades simétricas.

Esta simetría total se rompe cuando se utiliza el sistema de admisión por válvula rotativa. Este sistema regula la admisión mediante un disco que se interpone entre el cárter y el carburador, el cual dispone de una abertura que coincide con la toma del carburador durante un determinado número de grados de giro del cigüeñal. La colocación y el número de grados que abarca esta abertura está determinado por el diseñador con entera libertad, pudiendo situar la abertura de la válvula en la posición que necesite, independientemente de dónde sitúe el final de la misma. En la Fig. 2.127 se puede observar el diagrama de distribución de un motor deportivo que equipa válvula rotativa. En él se puede ver cómo la distribución en la fase de admisión al cárter no guarda simetría respecto al eje determinado por el P.M.S. y el P.M.I., sino que comienza 50 grados después del P.M.I. y finaliza 75 grados después del P.M.S. Esta falta de simetría es la que permite llamar al diagrama de distribución "asimétrico", en lo que a admisión respecta.

La invariabilidad de los ángulos en que se producen las distintas fases que componen el ciclo se ve ligeramente alterada con la utilización de la admisión por válvula de láminas y por la válvula de escape. El primero de estos elementos se diseña para un régimen de utilización del motor, de manera que, dependiendo del régimen y de la depresión existente en el cárter, las láminas están abiertas más o menos tiempo, de tal forma que el diagrama es variable y no necesariamente simétrico. Si las láminas están conectadas con el cilindro y la admisión se regula por la falda del pistón, el diagrama determinado por dicha falda es el máximo, pero puede disminuir en la apertura o en el cierre, si la depresión interior no es suficiente. Si las láminas están conectadas directamente con el cárter, el ciclo depende exclusivamente, tanto en sus momentos de apertura y cierre, como en su duración total, de la depresión interior del motor.

Si el motor utiliza válvula de escape, como ésta se abre a un régimen de revoluciones elevado, la fase de escape varía con el régimen, ya que cuando se abre esta válvula produce un efecto similar a la ampliación del

ángulo correspondiente a la fase de escape. Por estos motivos los diagramas de la distribución de los motores que utilizan estos elementos se denominan "variables", ya que, en función del régimen de giro del motor, varían los ángulos de estas fases.

A primera vista, puede parecer que lo más interesante es que las fases sean lo mayores posibles, para que éstas tengan una mayor duración, y por lo tanto un mayor efecto. Esta suposición está lejos de la realidad, ya que el abusar de los grados de apertura de estas lumbreras puede llevar a efectos contrarios a los deseados. Dependiendo del uso a que se vaya a destinar el motor, se puede diseñar el diagrama de distribución con diferentes ángulos. Los motores estudiados para un uso cotidiano suelen girar a unos regímenes de vueltas no muy elevados, lo cual hace que exista un mayor periodo de tiempo para la ejecución de cada una de las fases, y por lo tanto no hace falta diseñar un diagrama de distribución con unos ángulos grandes para cada fase. Sin embargo, si la utilización que se va a hacer de este motor es deportiva, los regímenes de vueltas a los que va a girar el motor van a ser altos, y por lo tanto interesa que el ángulo durante el cual permanecen abiertas las lumbreras sea grande, para que, al girar el cigüeñal a una velocidad superior, el tiempo de que dispone cada fase para su ejecución no disminuya excesivamente. Si se incrementa la altura de la lumbrera de escape, la carrera útil de que dispone el pistón para aprovechar el empuje de los gases disminuye, al igual que la fase de compresión, que influye sobre el rendimiento del motor. Esta disminución es compensada por el mejor llenado de mezcla fresca en el cilindro (bien es cierto que sólo a alto régimen). De esta manera la potencia final conseguida es mayor, pero aumenta el consumo de combustible, al aumentar el número de llenados.

Los motores de dos tiempos que giran a regímenes muy bajos (70 r.p.m. - 200 r.p.m.), consiguen unos rendimientos similares, e incluso superiores, a los de cuatro tiempos. Estos motores son utilizados en embarcaciones marinas de gran tonelaje, de gran cilindrada, y no aplicables a las motocicletas. Pero, como se puede comprobar, en ellos el ciclo de dos tiempos consigue un mayor rendimiento, cuanto menor es el régimen de funcionamiento para el cual se ha diseñado. No obstante, suelen ser de ciclo Diesel y disponen de válvulas en vez de lumbreras, por lo que dicha afirmación no es directamente aplicable a motores de motocicleta.

La utilización de ángulos grandes en la admisión provoca el retroceso de los gases admitidos, ya que cuando el pistón está descendiendo, la lumbrera de admisión está abierta, por lo que la compresión que se produce en el cárter provoca el retorno de la mezcla fresca a través del conducto de admisión. Esto se evita, total o parcialmente, con la admisión por láminas o válvula rotativa.

La banda de vueltas en la cual el motor entrega su potencia se estrecha cuando los ángulos de estas fases se agrandan, ya que la respiración sólo

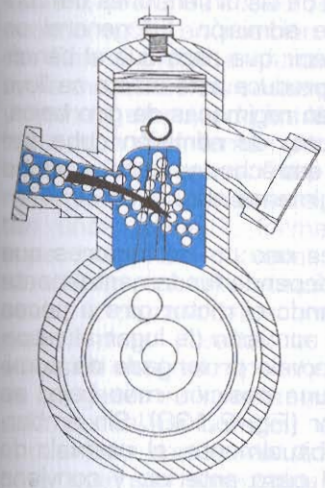
es buena cuando giran a un alto número de vueltas. Cuando estos ángulos adoptan unos valores moderados, el comportamiento del motor es elástico, aunque quizás no suba excesivamente de vueltas, lo cual no es preocupante si la potencia con que cuenta el motor es suficiente.

11. ADMISIÓN EN EL DOS TIEMPOS

El sistema de admisión se encarga de regular la entrada de mezcla aire/gasolina al cárter, y su principal objetivo es lograr el paso de la mayor cantidad posible hacia el motor. Cuanto mayor sea, más alta será la cifra de potencia obtenida. El parámetro que mide la eficiencia de la admisión en el proceso de llenado del cilindro se llama "rendimiento volumétrico", y se obtiene dividiendo la cantidad de mezcla que entra en el cilindro entre la cantidad que debería entrar para realizar un llenado perfecto del mismo en ese mismo periodo (equivalente a la cilindrada unitaría). Todos los sistemas de admisión persiguen conseguir el mayor rendimiento volumétrico posible, y para ello se sirven de distintos tipos de alimentación, que dependen de varios factores, como por ejemplo los costes de fabricación, la distribución de los elementos del motor, etc...

La admisión se realiza a través de un conducto o lumbrera que comunica el carburador con el cárter y/o la parte inferior del cilindro. La apertura y cierre de este conducto está regulada mediante la falda de pistón, la válvula de láminas o la válvula rotativa.

11.1. Falda de pistón

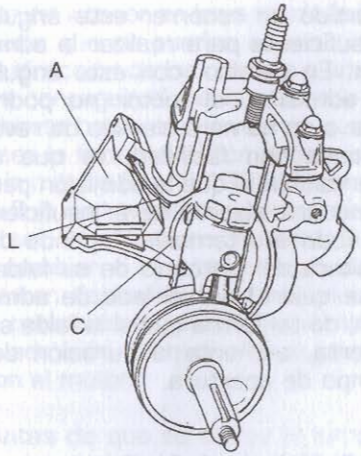


2.128. Admisión en el cárter en un motor de dos tiempos.

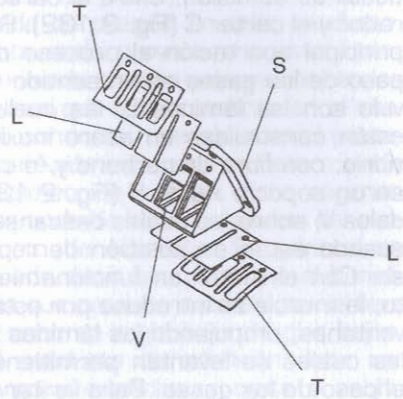
Hasta hace pocos años era el sistema más utilizado para regular la admisión. El pistón, en su movimiento ascendente y descendente, descubre y tapa la lumbrera de admisión respectivamente, regulando así la entrada de la mezcla en el cárter. Cuando el pistón asciende hacia el PMS, la lumbrera de admisión se abre, al ser destapada por la falda del mismo. Ello provoca la entrada de mezcla al ser succionada por el mismo. Al descender el pistón, el espacio libre que existe en esta cámara disminuye, y por lo tanto aumenta la presión en su interior. La mezcla sigue entrando ayudada por la diferencia de presiones existente entre el conducto y el cárter (Fig. 2.128). La inercia de los gases que están entrando en el motor ayuda a que sigan penetrando

como por la propia elasticidad de las mismas, cerrando de esta manera su paso hacia el carburador. Su empleo se ha universalizado, estando presente en la mayoría de los modernos motores de dos tiempos, extendiéndose también a los empleados en los Grandes Premios de Velocidad.

La posibilidad de contar con una lámina que abra y cierre el conducto de admisión, hace posible prescindir del pistón como elemento de control. Por tanto, el empleo de válvulas de láminas permite conectar directamente el cárter C con el conducto de admisión A, dejando a la presión interior la tarea de abrirla y cerrarla cuando sea conveniente. Con esto se consigue, por una parte posibilitar una lumbrera más grande y mejor orientada, y por otra disponer de un diagrama de distribución variable, según el régimen y las necesidades del motor. Este tipo de admisión se suele denominar "directa al cárter" (Fig. 2.134).



2.132. Motor de dos tiempos Yamaha con admisión por láminas.

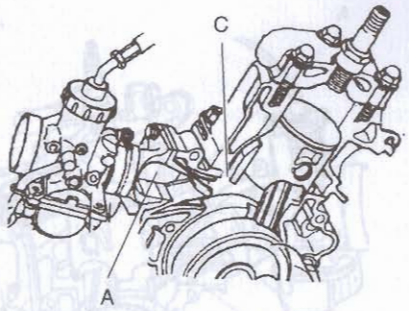


2.133. Elementos que forman la válvula de láminas.

Los primeros sistemas, intercalaban la caja de láminas en motores con admisión por falda de pistón. Posteriormente hubo sistemas mixtos en los que también se disponía un conducto directo al cárter.

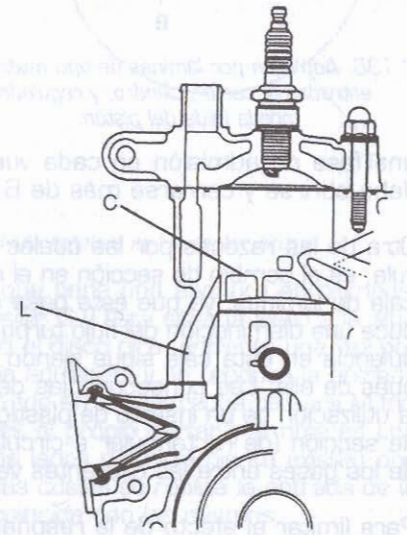
Otra ventaja que presenta este sistema es la posibilidad de introducir mezcla directamente en el cilindro C, a través de uno de los transfers en el periodo de admisión a los cilindros, aumentando de esta manera el rendimiento de la fase de admisión, y aumentando su periodo (Fig. 2.35), aprovechando la succión que produce el escape mediante una lumbrera L que introduce la mezcla directamente en la superficie superior del pistón sin pasar previamente por el cárter. Esto proporciona una sobrealimentación al cilindro, además de refrigerar la cabeza del pistón. Este sistema se combina siempre con la admisión directa al cárter, que sigue siendo la principal.

En general, la admisión por láminas al cilindro no se emplea de forma aislada, sino que se utilizan normalmente sistemas mixtos en los que se combinan las tres disposiciones, que permiten aumentar de forma considerable el tamaño de las lumbreras (Fig. 2.136).



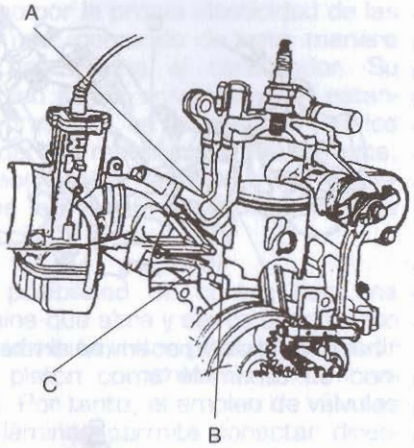
2.134. Admisión por láminas directa al cárter.

La válvula de láminas es un obstáculo que ha de salvar la mezcla que entra en el motor, ya que la resistencia que presentan las láminas, al separarse de su posición de reposo, debe ser vencida por la mezcla que entra en el motor. Esta oposición supone una pérdida de energía de estos gases, y por lo tanto una pérdida de velocidad de los mismos, que, llegando al caso extremo de un régimen de revoluciones bajo, puede impedir la entrada de la mezcla en el motor. Para evitar que suceda esto se pueden emplear en estas válvulas unas láminas más flexibles, para que ofrezcan una menor resistencia al paso de la mezcla, pero esto supone que, a altas revoluciones, estas láminas no tengan la suficiente rigidez como para asegurar el cierre de la válvula. Debido a ello, cuando se quiere asegurar el funcionamiento correcto de esta válvula a esos regímenes, se utilizan láminas de mayor espesor y rigidez. Así, mejora el funcionamiento de la válvula, pero supone una mayor resistencia al paso de los gases cuando el motor gira a bajas revoluciones, ya que la velocidad de los mismos y su inercia son bajos, viéndose así perjudicado el proceso de admisión.



2.135. Admisión por láminas al cárter y al cilindro.

La evolución en el diseño del cuerpo de la válvula ha conseguido reducir las turbulencias en el fluido de la admisión y un reparto más uniforme de la mezcla en las ventanas que tiene el cuerpo. Dicha reducción hace que disminuya la pérdida de velocidad de los gases a través del conducto de admisión, con lo cual se mejora el llenado del cárter. Las turbulencias perjudican notablemente el funcionamiento de las láminas, ya



2.136. Admisión por láminas de tipo mixto con entradas al cárter, cilindro, y regulada por la falda del pistón.

que producen presiones irregulares en ellas, provocando la apertura parcial de las mismas, y por lo tanto su torsión e incluso su rotura. Puede llegar a ocurrir que la presión en las diferentes ventanas sea diferente, abriéndose sólo una de ellas. Para evitar este fenómeno, algunos fabricantes utilizan láminas unidas en su extremo libre, para conseguir una apertura uniforme de todas las ventanas del cuerpo.

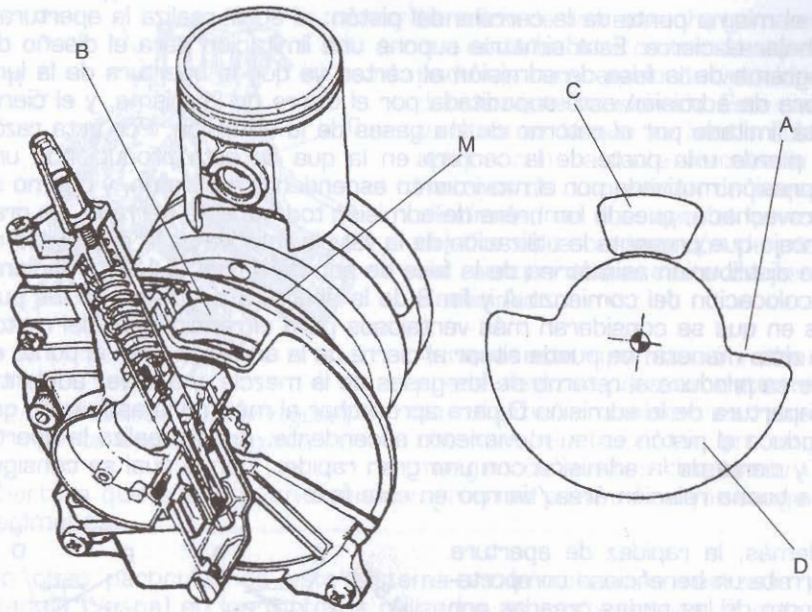
El aumento de los regímenes de giro obliga a disponer de láminas enormemente flexibles y duraderas, ya que en un ciclo de dos tiempos se produce una fase de admisión en cada vuelta, y en algunos modelos la lámina debe abrirse y cerrarse más de 6.000 veces por minuto.

Otra de las razones por las cuales se producen turbulencias en esta válvula, es el cambio de sección en el conducto que une el carburador con la caja de láminas, ya que ésta pasa de ser rectangular a circular. Ello produce una disminución del flujo turbulento de los gases, pero el nivel de turbulencia en esta caja sigue siendo alto, a pesar de que se reduzca después de ella. Las consecuencias de este fenómeno se reducen mediante la utilización de un inserto de plástico, que hace más progresivo el cambio de sección (de rectangular a circular) y distribuye uniformemente el flujo de los gases entre las diferentes ventanas de la válvula.

Para limitar el efecto de la resonancia de los gases que produce el cierre de esta válvula, en algunos motores se utiliza una caja de resonancia. En ella entra una parte de los gases que han sido rechazados como consecuencia del cierre de la válvula, y posteriormente los devuelve al conducto de admisión cuando se abre de nuevo la citada válvula. El sistema más conocido de este tipo es el YEIS de Yamaha.

11.3. Válvula rotativa

La admisión mediante este tipo de válvula es regulada mediante un disco de espesor milimétrico, fabricado en acero o en fibra (kevlar, carbono, etc...), que gira solidariamente con el cigüeñal. Este disco tiene una abertura A en forma de sección angular (Fig. 2.137) que no se extiende a lo



2.137. Sistema de admisión por válvula rotativa en un motor Suzuki.

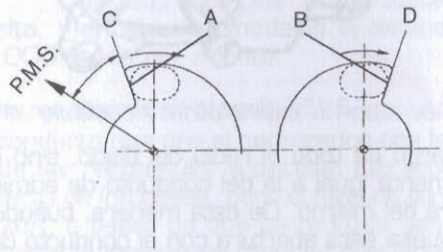
largo de todo el radio del disco, sino que tiene una anchura aproximadamente igual a la del conducto de admisión C y está situada justo a la altura del mismo. De esta manera, cuando el disco gira, enfrenta una vez por vuelta esta abertura con el conducto de admisión, y se produce la entrada de mezcla en el cárter. El disco está alojado en una estrecha cámara M formada por dos tabiques, uno de ellos es el propio cárter y el otro es una tapa que se ajusta al mismo. A ambos lados del alojamiento existen dos aberturas B enfrentadas, a través de las cuales se realiza la entrada de la mezcla, cuando la abertura del disco coincide con las mismas.

El intervalo de cierre de esta válvula se produce cuando la abertura del disco no coincide con las correspondientes del cárter y conducto de admisión. Cuando la válvula está cerrada, la presión que genera el movimiento descendente del pistón dentro del cárter empuja el disco contra la pared que separa esta cámara del exterior del motor. Del mismo modo, cuando el pistón está subiendo, se produce una depresión que empuja al disco contra la pared que separa esta cámara del cárter. De esta manera se lleva a cabo el sellado de la válvula durante el periodo de cierre de la misma.

En los sistemas de admisión en los que interviene el pistón en la apertura y cierre de la lumbrera de admisión, esta fase presenta una simetría motivada porque la apertura y el cierre de la admisión se produce

en el mismo punto de la carrera del pistón: al subir realiza la apertura y al bajar el cierre. Esta simetría supone una limitación para el diseño del diagrama de la fase de admisión al cárter, ya que la apertura de la lumbrera de admisión está supeditada por el cierre de la misma, y el cierre está limitado por el retorno de los gases de la admisión. Por esta razón se pierde una parte de la carrera en la que se está produciendo una depresión motivada por el movimiento ascendente del pistón, y que no es aprovechada, pues la lumbrera de admisión todavía está cerrada. La gran ventaja que presenta la utilización de la válvula rotativa es la posibilidad de una distribución asimétrica de la fase de admisión (Fig. 2.138), mediante la colocación del comienzo A y fin B de la abertura del disco, en los puntos en que se consideran más ventajosos para el rendimiento del motor. De esta manera, se puede situar el cierre de la admisión C en el punto en que se produce el retorno de los gases de la mezcla, y a la vez adelantar la apertura de la admisión D para aprovechar al máximo la aspiración que produce el pistón en su movimiento ascendente. Así se realiza la apertura y cierre de la admisión con una gran rapidez, con lo cual se consigue una buena relación área/tiempo en esta fase.

Además, la rapidez de apertura permite un beneficioso comportamiento de las ondas creadas por el movimiento de la masa gaseosa para crear efectos resonantes, mientras que la ausencia de cualquier tipo de limitación, como láminas o cambios de sección, aumenta el rendimiento. Pese a ello, sigue siendo un sistema rígido, que no admite variaciones del diagrama en ningún punto de la curva del motor.

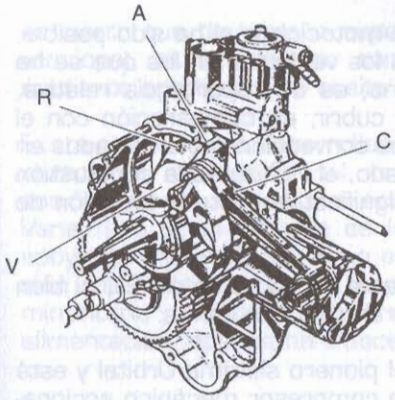


2.138. Momentos de apertura y cierre de un sistema de admisión por válvula rotativa.

Este sistema presenta también la posibilidad de variar rápidamente la duración y calado de la fase de admisión, cambiando el disco de la válvula por otro que tenga una abertura distinta. Esta ventaja realmente sólo es aprovechada en motores de competición, donde la necesidad de obtener altas prestaciones se impone a la complejidad mecánica y de ajustes de la operación.

Una limitación constructiva que presenta este sistema es la necesidad de disponer de un extremo libre del cigüeñal para colocar esta válvula, lo cual dificulta su empleo en motores que utilizan un mismo cigüeñal para más de dos cilindros.

La válvula rotativa permite obtener un gran rendimiento para un determinado régimen, a costa de sacrificar gran parte de la curva del motor, en



2.139. Admisión al cárter regulada por los volantes del cigüeñal.

beneficio de una estrecha gama en la que es utilizable el motor si está equipado con un cambio de velocidades debidamente escalonado. Esta característica es la que ha hecho que se aplique con bastante frecuencia en motores de competición de pequeña cilindrada, en los que el principal objetivo es la consecución de potencia, aunque sea a costa de perder elasticidad.

Aunque esta optimización sólo se puede realizar para un determinado régimen, también es posible obtener beneficios en un amplio margen de vueltas diseñando una abertura que suponga un buen compromiso para un mayor rango de regímenes.

Un caso particular de este sistema es la aplicación realizada por Piaggio (Vespa) en los motores utilizados en sus scooters. El sistema de admisión de estos motores emplea uno de los discos que componen el cigüeñal, debidamente modificado, como elemento regulador de la entrada de mezcla en el cárter (Fig. 2.139). En el citado volante se práctica un rebaje R, y el conducto de la admisión A se conecta directamente con el cárter C, enfrentándolo con el volante modificado. Cuando el cigüeñal gira y hace coincidir el citado rebaje con el conducto de admisión, la mezcla entra en el cárter directamente. La duración y calado de esta fase vienen determinados por la colocación y el ángulo que abarca este rebaje.

Hay algunos otros sistemas que hoy en día prácticamente no se emplean, como los cilindros rotativos, formados por un cilindro giratorio que oficiaba de tobera de conducto de admisión, y que se enfrentaba con una abertura en el cárter en ciertas fases.

11.4. INYECCIÓN DIRECTA

Es una técnica de reciente aplicación al mundo de la motocicleta, que ya tuvo un precedente en el automóvil, a través de la firma australiana Orbital, que la experimentó en algún modelo de la firma Ford. Aunque su rendimiento era óptimo, su falta de fiabilidad, factor más valorado en el automóvil por el mayor kilometraje que suelen efectuar, impidió su implantación comercial.

En cambio, su aplicación al mundo de la motocicleta sí ha sido posible, puesto que la fiabilidad a largo plazo, en los vehículos en los que se ha adaptado, de uso eminentemente urbano, es de importancia relativa, dado el menor número de kilómetros a cubrir, en comparación con el automóvil. Incluso, respecto a los motores convencionales empleados en dichos vehículos, la fiabilidad ha aumentado, al realizarse la combustión en mejores condiciones, disminuyendo significativamente la creación de depósitos de carbonilla.

Existen varios sistemas de inyección directa en motores de 2T, si bien sólo uno de ellos ha llegado a fabricarse en grandes series.

El utilizado por la firma Aprilia, deriva del pionero sistema Orbital y está formado por dos bombas eléctricas y un compresor mecánico accionado por el cigüeñal. Aunque el barrido se sigue realizando por cárter, en éste sólo se introduce aire, presionado por el compresor, lo cual mejora el barrido de gases residuales, al poder optimizarse el llenado, sin el riesgo de pérdidas de mezcla fresca a través del escape.

En esta corriente de aire se introduce, mediante una de las bombas eléctricas, el aceite necesario para la lubricación, la cual, a pesar de seguir siendo a fondo perdido, presenta un consumo del mismo mucho más bajo, ya que su acción lubricante no se ve entorpecida por la presencia de gasolina, permitiendo disminuir su dosificación.

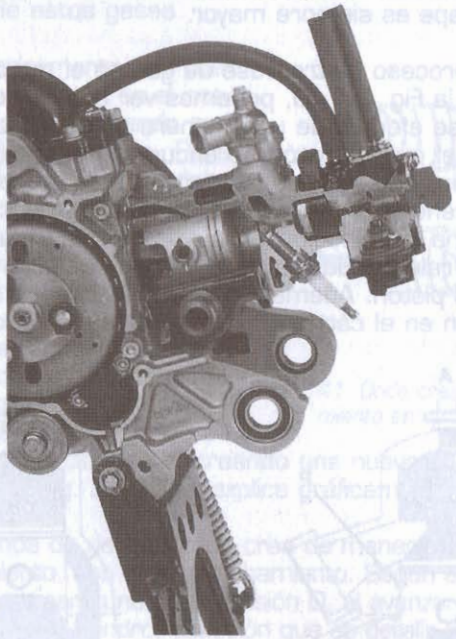
El aporte de combustible se realiza después del cierre de la lumbrera de escape (y por tanto de los transfers), cuando ya no existe riesgo de fuga a través de dicho conducto, por lo que desaparece el mayor inconveniente del motor de 2T, o al menos el que hasta ahora más dificultades había planteado, puesto que había sido reducido en parte mediante las válvulas de escape y los tubarros.

Dicho aporte de combustible se lleva a cabo mediante un inyector, controlado electrónicamente por una centralita que también gestiona el encendido, estando situado el mismo en la cámara de combustión, junto a la bujía. La alimentación de dicho inyector se lleva a cabo mediante la otra bomba eléctrica disponible.

Otro sistema empleado por la firma Derbi, aunque aún no comercializado, consiste en disponer el compresor, en vez de para introducir aire en el cárter de precompresión, para realizar el aporte del combustible, también después del cierre de la lumbrera de escape. Aparte de esa diferencia, el combustible se aporta mezclado con aire, formándose una mezcla muy rica, la cual se elabora en un carburador montado a la entrada del compresor. Ello podría llevar a afirmar, que este motor no es de inyección, al disponer de carburador, lo cual no es rigurosamente cierto, puesto que el combustible se aporta a través de un inyector, bien

es cierto que de tamaño superior al de un sistema de inyección convencional, al ir mezclado con aire. El engrase también se efectúa mediante aportación de aceite en el cárter.

Existe otro sistema desarrollado por la firma Bimota, de funcionamiento parecido al sistema Orbital, ya que el aporte de combustible se realiza con inyectores en los que éste no se encuentra mezclado con aire. Varía, eso sí, el sistema de lubricación, puesto que los cojinetes de apoyo del cigüeñal, así como el de cabeza de biela, se engrasan a presión mediante un circuito específico. No obstante, dado el carácter minoritario y elitista de esta firma, el modelo que empleaba este tipo de alimentación, apenas ha trascendido comercialmente.



2.139 bis. Motor Aprilia de inyección directa

12. EL ESCAPE EN EL MOTOR DE DOS TIEMPOS

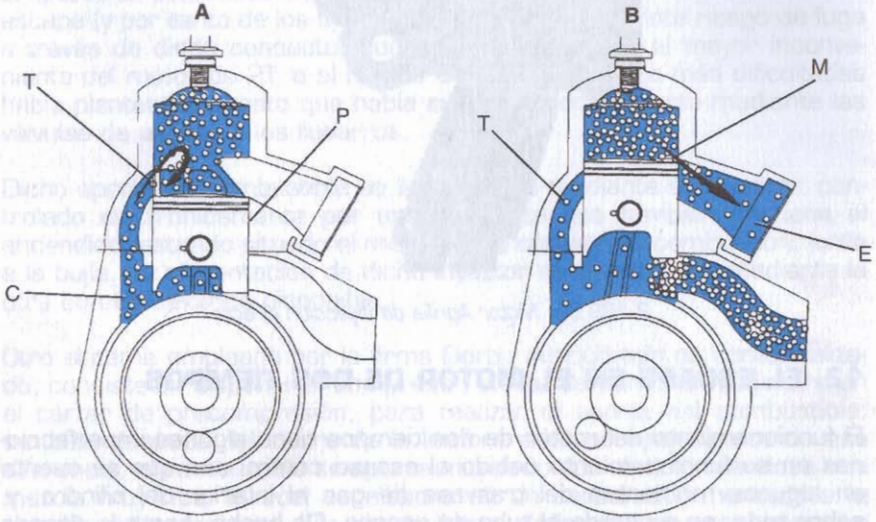
El funcionamiento del motor de dos tiempos tiene algunas imperfecciones en su funcionamiento debido al escaso control con que se cuenta en algunos momentos del trasvase de gas al interior del cilindro, y, sobre todo, en su salida al tubo de escape. De hecho, hasta la década de los años 60, los motores de dos tiempos no tuvieron la oportunidad de rivalizar con los de cuatro en cuanto a potencia.

A pesar de disponer del doble de explosiones que el de cuatro, y de menores pérdidas mecánicas, al no tener que accionar la distribución, bombas de aceite, etc..., su rendimiento era francamente inferior al de los motores con válvulas.

Esta situación cambió con el descubrimiento de los fenómenos ondulatorios que acompañan a los gases en su salida por el tubo de escape, que ya se tuvieron ocasión de ver en el apartado dedicado al escape en los motores de cuatro tiempos.

El gran problema de los motores de dos tiempos viene dado por su diagrama de distribución simétrico en el cilindro. La admisión y el escape ocupan un periodo centrado en el P.M.I., debido a la situación de las lumbreras, y el escape es siempre mayor.

Si seguimos el proceso de trasvase de gas en el motor de dos tiempos que aparece en la Fig. 2.140, podemos ver que hay dos momentos en los cuales éste se efectúa de una manera poco eficaz. El primero A es el momento en el que el pistón se encuentra cerca del P.M.I. En esos instantes, su velocidad es muy pequeña, ya que se está parando para comenzar a ascender, y, por ese motivo, los gases comprimidos en el cárter sufren una disminución en su tendencia a subir al cilindro. La admisión queda ralentizada, de manera que tan sólo es eficaz el periodo de bajada del pistón. Además, al subir el pistón P, comienza a crearse una depresión en el cárter C, que hace tender a los gases situados

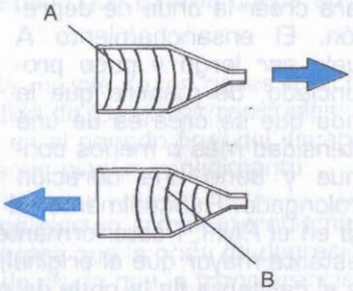


2.140. Momentos en que el motor de dos tiempos necesita ayuda exterior para mejorar el rendimiento del trasvase de los gases.

en los transfers de carga T a volver hacia él. En este momento sería interesante poder crear una importante depresión en el cilindro, de modo que los gases siguieran subiendo, al tiempo que se facilita la extracción de los gases quemados por la lumbrera M correspondiente, también ralentizada por la disminución de la velocidad de bajada del pistón.

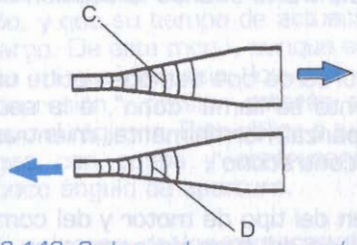
Otro momento crítico B, es aquél en el que se cierran los transfers de carga T. En ese momento, el cilindro se encuentra repleto de gas fresco, pero la lumbrera de escape M aún permanece abierta un cierto periodo de tiempo, de modo que la carrera ascendente del pistón hace salir hacia el tubo de escape E, parte de la mezcla fresca introducida previamente. Sería por tanto necesario crear una onda de presión, que evitase la salida de estos gases.

Como se vio anteriormente, se pueden crear ondas a voluntad en el interior del tubo de escape, jugando con los finales parciales y totales. Para crear una onda de presión, se debe interponer un final cerrado. Este se puede construir, o bien cerrando el tubo, o bien creando un estrechamiento en él. La primera solución no es posible, ya que el gas debe de poder salir al exterior, así que es la segunda la correcta. Al encontrarse un estrechamiento, la onda de presión A, que acompaña a los gases en su salida, rebotará parcialmente, creando una nueva onda B que se dirigirá al cilindro. En la Fig. 2.141 se explica gráficamente el proceso.



2.141. Onda creada en un estrechamiento en un tubo de escape.

Por su parte, la onda de depresión se crea de manera análoga, en vez de con un estrechamiento, con un ensanchamiento. Según avance la onda de presión inicial C, se creará una de depresión D, al avanzar por el ensanchamiento que se dirigirá al cilindro, situación que se detalla en la Fig. 2.142.

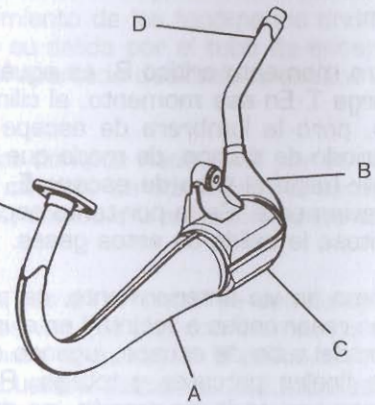


2.142. Onda creada en un ensanchamiento en un tubo de escape.

Si se estudia el modo de actuación de las ondas que más nos interesa, comprobaremos que inicialmente se debe crear la de depresión, de modo que los gases de escape salgan del cilindro, al tiempo que se favorece la transferencia desde el cárter al cilindro. Esta onda debe llegar al cilindro en un periodo cercano al P.M.I., que es donde se hace necesaria. Por su

parte, la onda de presión debe impedir la salida de gas fresco del cilindro cuando se cierren los transfers y finalice la entrada de mezcla en el mismo.

Para que estos fenómenos tengan lugar, es necesario construir un tubo de escape con una forma especial, que se denomina "tubarro", que se describe en la Fig. 2.143. Este tubo tiene una salida inicial I, que corresponde aproximadamente con la lumbrera de escape, y que pronto comienza a ensancharse para crear la onda de depresión. El ensanchamiento A suele ser largo y poco pronunciado, de manera que la onda que se crea es de una intensidad más o menos continua y tiene una duración prolongada. Habitualmente, el periodo de actuación de la onda se centra en el P.M.I. Posteriormente, el tubo, que ha adquirido un diámetro bastante mayor que el original, tiene un brusco estrechamiento B, que es el causante de la onda de presión que tapa el cilindro en el periodo que va, desde algo antes de que se cierren los transfers, hasta que lo hace la lumbrera de escape. Posteriormente, el escape no sufre ninguna otra modificación D, y se mantiene con una sección uniforme hasta su salida. Esta sección suele tener un diámetro bastante pequeño, con dos fines, por una parte, permitir prolongar lo máximo posible el periodo de creación de la onda de presión, que debe ser bastante violenta y contundente, y por otra, aumentar la velocidad de salida de los gases, que se había ralentizado bastante en la zona ancha del tubo C. Hay que tener en cuenta que la velocidad de paso de los gases por el tubo de escape depende de la sección, cuanto más estrecha es, más rápido circulan los gases, ocurriendo lo contrario cuando la sección es mayor.



2.143. Fisonomía de un tubarro de un motor de dos tiempos.

Cada zona del tubo de escape de los motores de dos tiempos recibe un nombre especial: el primer ensanchamiento se llama "cono", a la sección rectilínea posterior se la denomina "panza" normalmente, mientras que el estrechamiento se conoce como "contracono".

Las medidas del tubo de escape dependen del tipo de motor y del comportamiento que se espere de él. La acción del tubo de escape en el motor de dos tiempos es tan importante, que un mismo motor, sin más

modificación que el tubo de escape, puede variar de manera trascendental su comportamiento.

Un tubo de escape diseñado para un buen rendimiento a altas vueltas debe tener unas características determinadas, lo mismo que ocurre con uno diseñado para una moto tranquila. En los motores de dos tiempos, no sólo hay que diseñar la distribución para lograr un comportamiento determinado, sino también un tubo acorde con él.

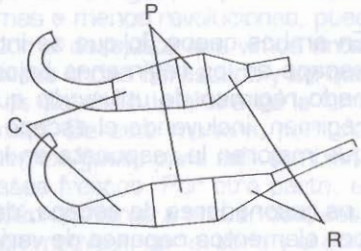
Al igual que ocurría en los motores de cuatro tiempos, los tubos se diseñan para funcionar óptimamente a un régimen determinado. En regímenes inferiores, las ondas llegan demasiado pronto, lo que se traduce en que la onda de depresión actúa cuando aún no es necesario, con el pistón en plena carrera descendente, mientras que la onda de presión lo hace cuando aún falta tiempo para que las lumbreras de admisión se cierren, impidiendo que salga el gas quemado que todavía queda en el cilindro.

Las consecuencias son, por una parte, la mezcla de los gases frescos con los quemados al no permitirse la salida de los gases residuales, y, posteriormente, las fugas de gas fresco en el periodo final del escape, en el que la lumbrera permanece abierta sin ningún impedimento.

En regímenes superiores a los estudiados existen también problemas. Las ondas llegan demasiado tarde, de manera que la onda de depresión llega cuando el pistón ya está subiendo, de modo que la transferencia y la salida de los gases quemados se ralentiza.

Posteriormente, la onda de presión llega con la lumbrera casi cerrada, con lo que apenas se impide la salida de mezcla fresca. El resultado es que en el interior del cilindro hay poca masa gaseosa fresca y, además, mezclada con la quemada, lo cual empeora el rendimiento.

Las medidas de un tubo diseñado para un motor que trabaje a bajas vueltas, deben ser tales que las ondas recorran el escape en un tiempo prolongado, y que su tiempo de actuación sea largo. De este modo, aunque el pistón se mueva despacio, los periodos de depresión y presión estarán acordes con el régimen. Esto obliga a tubos largos con conos y contraconos con poco ángulo de apertura.



2.144. Aspecto de dos tubos de escape diseñados para un motor deportivo y uno de prestaciones moderadas.

En el caso de los motores de altas prestaciones y regímenes elevados,

el caso es el contrario, las ondas deben ser cortas pero contundentes y deben llegar rápidamente, lo que obliga a disponer tubos de escape cortos, con conos y contraconos de mayor ángulo y panzas muy cortas.

En la Fig. 2.144 se observan las diferencias entre dos tubos diseñados para motores de altas y medias prestaciones, en los que las medidas del cono C, la panza P y el contracono R varían de manera importante.

La limitación del régimen óptimo de los motores de dos tiempos, incluso con la ventaja de contar con un escape de este tipo, ha sido la causa de que abunden sus detractores, sobre todo hasta la llegada de las válvulas de escape. Los motores de este tipo eran bastante potentes, más que los de cuatro tiempos de su mismo cubicaje, y, además, bastante más ligeros, pero disponían de una banda de utilización muy corta y normalmente la potencia llegaba y se acababa de golpe, coincidiendo con la banda de actuación preferente del tubo de escape, provocando una conducción brusca, y en ocasiones incluso peligrosa.

12.1. Las válvulas de escape

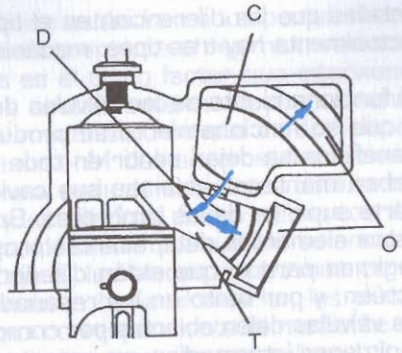
Cuando los motores de dos tiempos se impusieron en la competición a mediados de la década de los 70, el dominio de estos propulsores fue total, pero se llegó a un punto en el que la potencia no podía ser dominada, debido a la brusquedad de los motores y su estrecha banda de utilización. Una de las soluciones fue la realización de diagramas de distribución variables, que permitiesen acortar los ciclos en los regímenes más bajos, ampliándolos a medida que el motor ganaba revoluciones.

Para ello, las diferentes marcas construyeron sistemas particulares en el escape, que básicamente corresponden a dos tendencias bien diferenciadas: por una parte, los resonadores, y por otra, las válvulas en las lumbreras.

En ambos casos, lo que se intenta es modificar el comportamiento del escape en los regímenes bajos. Se parte de un motor con un determinado régimen de utilización que favorece la entrada de potencia a alto régimen, incluyendo el escape, y posteriormente se le dota de medidas que mejoren la respuesta en los regímenes más bajos.

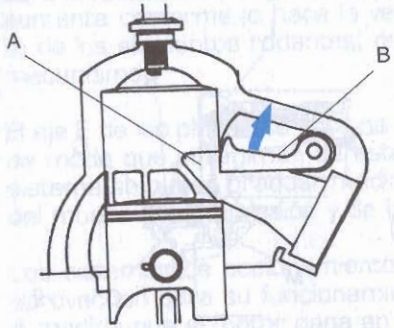
Los resonadores de escape, descritos en la Fig. 2.145, están formados por elementos capaces de variar las ondas de presión y depresión, independientemente del escape original. Normalmente son cavidades C dispuestas al comienzo del tubo T, que forman a su vez ondas propias, independientes de la del escape. La onda inicial del escape O, producida a la salida del gas, se introduce en la cámara C, de modo que se crea una

onda de depresión D inicial, seguida por otra de presión. Esta onda temprana modifica la onda del escape, de modo que se retrasa su actuación. Esto permite ganar potencia a bajos y medios regímenes, ya que se varía la actuación del escape, consiguiendo un retardo de las ondas que mejora el rendimiento en estas circunstancias.



2.145. Resonador de escape.

Los resonadores tuvieron un cierto éxito en los años 80, pero poco a poco fueron superados por las válvulas de escape, de funcionamiento mucho más claro, y que disponen de un ajuste mucho mas preciso. En este momento, los resonadores sólo se usan conjuntamente con válvulas en las lumbreras.



2.146. Válvula parcializadora de la lumbrera de escape.

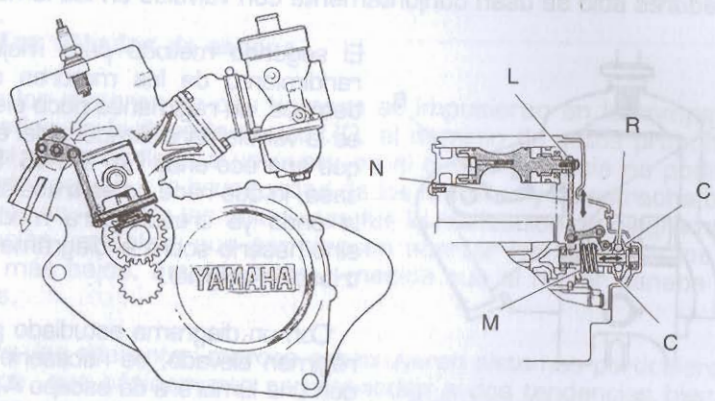
El segundo método para mejorar el rendimiento de los motores de dos tiempos, en regímenes poco elevados, es la válvula parcializadora del escape, que aparece en la Fig. 2.146. En este caso, lo que hace no es trabajar sobre la onda ya creada para modificarla, sino hacerlo sobre el diagrama de distribución original.

Con un diagrama estudiado para un régimen elevado, es necesario contar con una lumbrera de escape A bastante grande, que permita el adecuado desalojo de los gases quemados, a altas vueltas. Esto sin embargo trae problemas a menos revoluciones, pues el gas fresco sale también por el escape, por el desajuste que vimos anteriormente entre los periodos de actuación de las ondas del escape y los que realmente requiere el motor. Una solución es disminuir la altura de la lumbrera de escape con una válvula B a voluntad. De esta manera, por una parte el área es menor, y el tiempo que tienen los gases para salir también, por lo que no se produce tanta fuga de gases frescos. Por otra parte, al abrirse la lumbrera más tarde, la onda también comienza a actuar después, retrasándose el proceso de depresión-presión motivado por el cono y el contracono del tubo de escape.

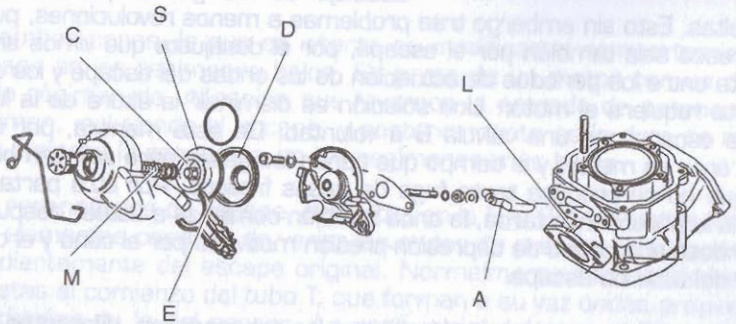
Las válvulas de escape tienen, al igual que los resonadores, diferentes formas, dependiendo sobre todo de la firma a la que pertenezcan. Otro de los

detalles que las diferencian es el tipo de accionamiento de que disponen. Actualmente hay tres tipos: mecánicos, neumáticos y electrónicos.

El funcionamiento de las válvulas de escape y de los resonadores obliga a que su funcionamiento se produzca a bajas revoluciones si bien sus beneficios se dejan sentir en toda la curva del motor. Los resonadores deben mantener abiertas sus cavidades y las válvulas deben cerrar la parte superior de las lumbreras. Según sube el régimen, la actuación de estos elementos debe acercar progresivamente la acción del escape al régimen para el que están diseñadas, de modo que a altas vueltas no actúen, y por tanto en los resonadores las cavidades estén cerradas y las válvulas dejen abiertas por completo las lumbreras de escape. En los regímenes intermedios, es importante que la acción de estos elementos mantenga un término medio, y que la progresividad del sistema se mantenga. Resulta realmente difícil ajustar el funcionamiento de estos elementos a los parámetros que influyen sobre ellos: régimen, avance de encendido, posición del acelerador, etc..



2.147. Sistema de accionamiento de tipo mecánico en un motor Yamaha.



2.148. Sistema de accionamiento de tipo neumático en un motor Aprilia.

Los sistemas de accionamiento mecánico están formados por un mecanismo centrífugo, que, a medida que se incrementa el régimen, va accionando el sistema, de modo que este es el único factor que interviene. Debido a esto, son los más simples y actualmente están poco extendidos. Como se ve en la Fig. 2.147, el mecanismo consta de dos placas circulares C comprimidas por el resorte M del sistema de accionamiento, entre las que se encuentran una serie de elementos deslizantes R. Los más habituales son las bolas y los cilindros. Estos elementos disponen de una rampa de deslizamiento, de modo que cuando se encuentran en la posición más cercana al eje E, las placas están más cerca una de la otra, mientras que si se mueven hacia el exterior, las placas se separan, accionando el mecanismo correspondiente N mediante un movimiento lineal, o uno giratorio si se interpone una cremallera L.

Cuando el accionamiento centrífugo no gira, o lo hace a pocas revoluciones, las bolas R están comprimidas por el muelle en la zona central, y ambas placas se encuentran en su posición mas próxima. A medida que el sistema va girando, las bolas adquieren una cierta energía, debida a la fuerza centrífuga que tiende a expulsarlas hacia el exterior, y que aumenta conforme lo hace la velocidad. Esto provoca un desplazamiento de los elementos rodantes, que separa las dos placas, accionando el mecanismo.

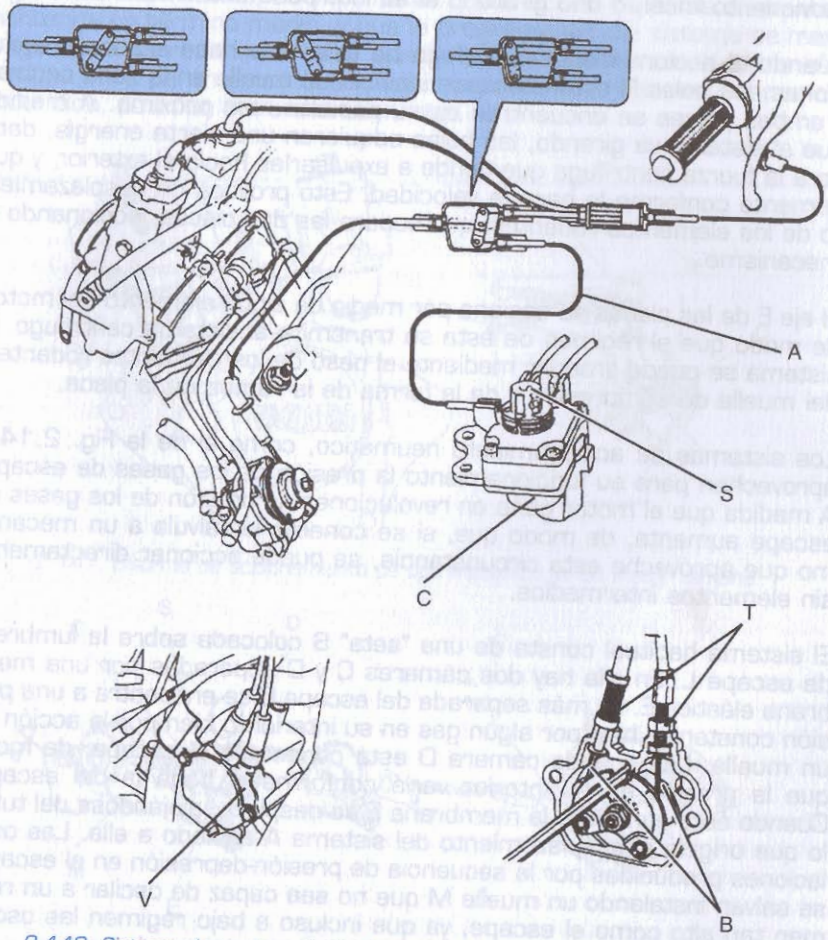
El eje E de las placas se acciona por medio de algún elemento del motor, de modo que el régimen de éste se transmita al sistema centrífugo. El sistema se puede graduar mediante el peso de los elementos rodantes, del muelle de compresión y de la forma de la rampa de la placa.

Los sistemas de accionamiento neumático, como el de la Fig. 2.148, aprovechan para su funcionamiento la presión de los gases de escape. A medida que el motor gana en revoluciones, la presión de los gases de escape aumenta, de modo que, si se conecta la válvula a un mecanismo que aproveche esta circunstancia, se puede accionar directamente sin elementos intermedios.

El sistema habitual consta de una "seta" S colocada sobre la lumbrera de escape L. En ella hay dos cámaras C y D separadas por una membrana elástica E. La más separada del escape C se encuentra a una presión constante, bien por algún gas en su interior, o bien por la acción de un muelle. La segunda cámara D está conectada al escape, de modo que la presión en su interior varía conforme lo haga la del escape. Cuando ésta aumenta, la membrana E se desplaza, alejándose del tubo, lo que origina el desplazamiento del sistema A anclado a ella. Las oscilaciones producidas por la secuencia de presión-depresión en el escape, se salvan instalando un muelle M que no sea capaz de oscilar a un régimen tan alto como el escape, ya que incluso a bajo régimen las oscilaciones de presión son de más de 100 ciclos por segundo.

Estos sistemas permiten también una cierta regulación al calibrarse el muelle M o la presión del gas de la cámara a presión constante. Su principal ventaja es su extremada sencillez y el poco peso del sistema, así como su compacidad.

Los sistemas más elaborados y que disponen de una mayor autonomía a nivel de accionamiento son los electrónicos. En la Fig. 2.149, se aprecia un esquema de uno de ellos. En este caso, el accionamiento se realiza por medio de un servomotor eléctrico S, que a su vez gira de acuerdo con las indicaciones de una unidad computerizada C, que analiza los datos de varios parámetros, y determina el grado de apertura de la



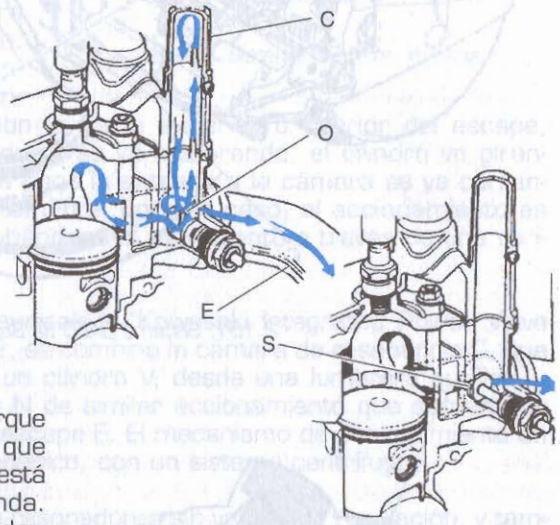
2.149. Sistema de accionamiento de tipo electrónico en un motor Yamaha.

válvula necesario. Los parámetros, habitualmente, son el régimen de giro del motor y la posición A del acelerador.

La transmisión de movimiento desde el servomotor S hasta la válvula V se realiza normalmente por medio de una pareja de cables B. Uno de ellos hace girar la válvula en un sentido y el otro en el contrario. Los cables deben estar correctamente ajustados para que no exista juego en el accionamiento, pero tampoco tensión en ninguno de sus extremos. Para ello, los cables disponen de unos tensores E, que permiten realizar esta tarea.

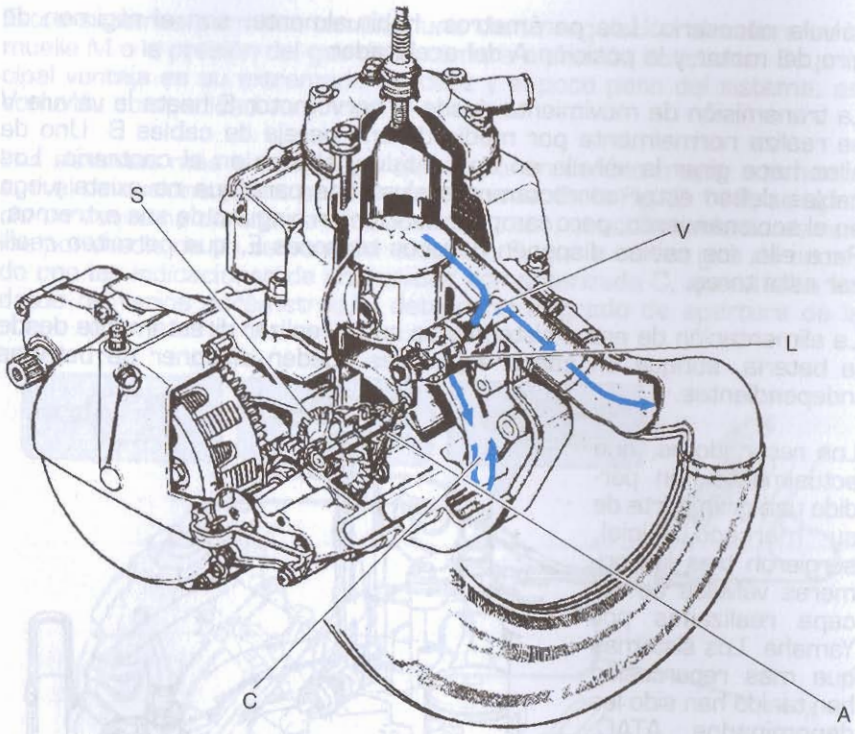
La alimentación de estos sistemas se suele realizar directamente desde la batería, aunque en casos especiales pueden disponer de baterías independientes.

Los resonadores, que actualmente han perdido una gran parte de su mercado inicial, surgieron tras las primeras válvulas de escape realizadas por Yamaha. Los sistemas que más repercusión han tenido han sido los denominados ATAC, KIPS, y las primeras versiones del sistema SAEC.

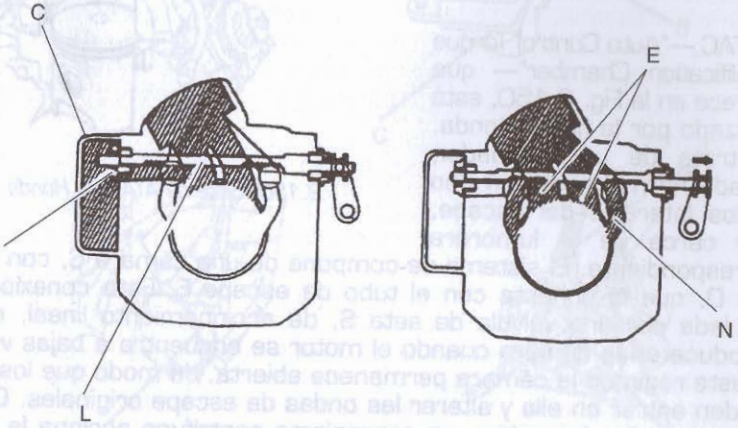


2.150. Sistema ATAC de Honda.

El ATAC —"Auto Control Torque Amplification Chamber"— que aparece en la Fig. 2.150, está realizado por la firma Honda. Se trata de un resonador, situado normalmente en uno de los laterales del escape, muy cerca de la lumbrera correspondiente. El sistema se compone de una cámara C, con un orificio O, que la conecta con el tubo de escape E. Esta conexión está regulada por una válvula de seta S, de accionamiento lineal, que se introduce en la cámara cuando el motor se encuentra a bajas vueltas. En este régimen la cámara permanece abierta, de modo que los gases pueden entrar en ella y alterar las ondas de escape originales. Cuando el motor sube de vueltas, un mecanismo centrífugo acciona la válvula que cierra la cámara, permitiendo al escape realizar su función en condiciones normales.

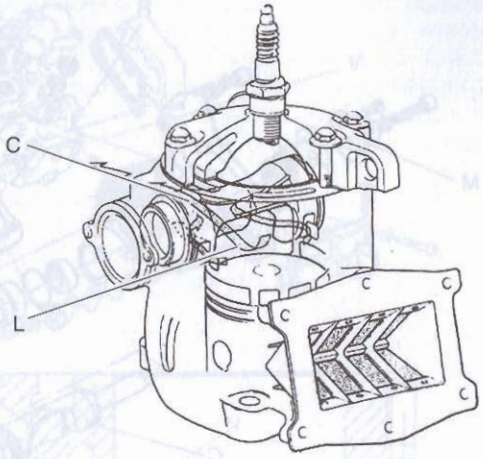


2.151. Sistema SAEC de Suzuki.



2.152. Sistema KPIS de Kawasaki.

El sistema SAEC de Suzuki "Suzuki Automatic Exhaust Control" presentado en la Fig. 2.151, tiene algunas variaciones con respecto al sistema anterior. En este caso, la cámara de resonancia C se encuentra situada, o bien en la parte superior del escape, o bien en su parte inferior. El funcionamiento es similar al del ATAC, pero la válvula V que rige la entrada del gas de escape está formada por un cilindro giratorio, que dispone de una abertura longitudinal L en el centro. Cuando el motor se encuentra girando despacio, el cilindro conecta la cámara con la parte superior o inferior del escape, mientras que cuando el motor se va acelerando, el cilindro va girando, de manera que poco a poco la entrada a la cámara se va cerrando, hasta hacerlo completamente. En este caso, el accionamiento es de tipo mecánico, transmitiéndose el movimiento a través de una varilla A.

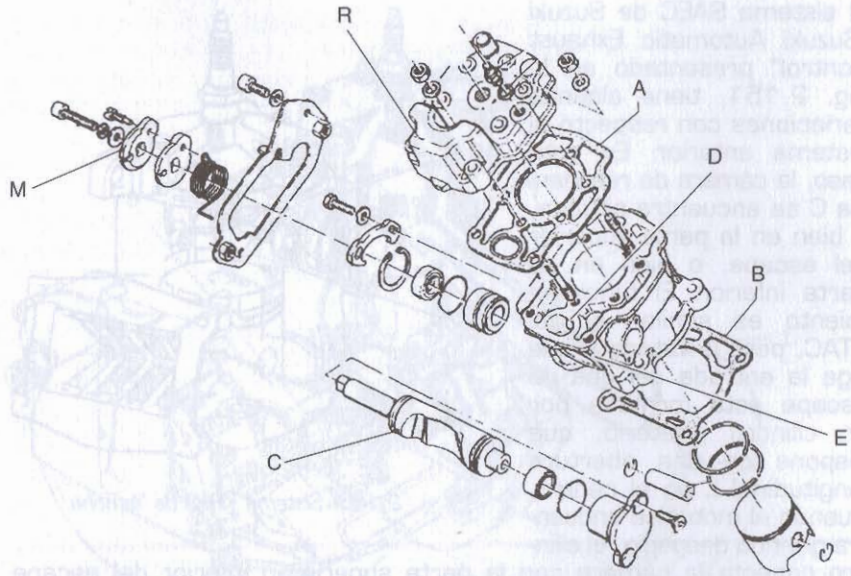


2.153. Sistema YPVS de Yamaha.

En el sistema KIPS de Kawasaki —"Kawasaki Integrated Power Valve System"— de la Fig. 2.152, se combina la cámara de resonancia C, que se acciona por medio de un cilindro V, desde una lumbrera auxiliar L, con otra lumbrera auxiliar N de similar accionamiento que aumenta la superficie de lumbrera de escape E. El mecanismo de accionamiento en este caso vuelve a ser mecánico, con un sistema centrífugo.

Hay algunos otros tipos de resonadores sin válvula de regulación, y también sistemas que varían la anchura del escape o lo taponan parcialmente, pero actualmente están en completo desuso.

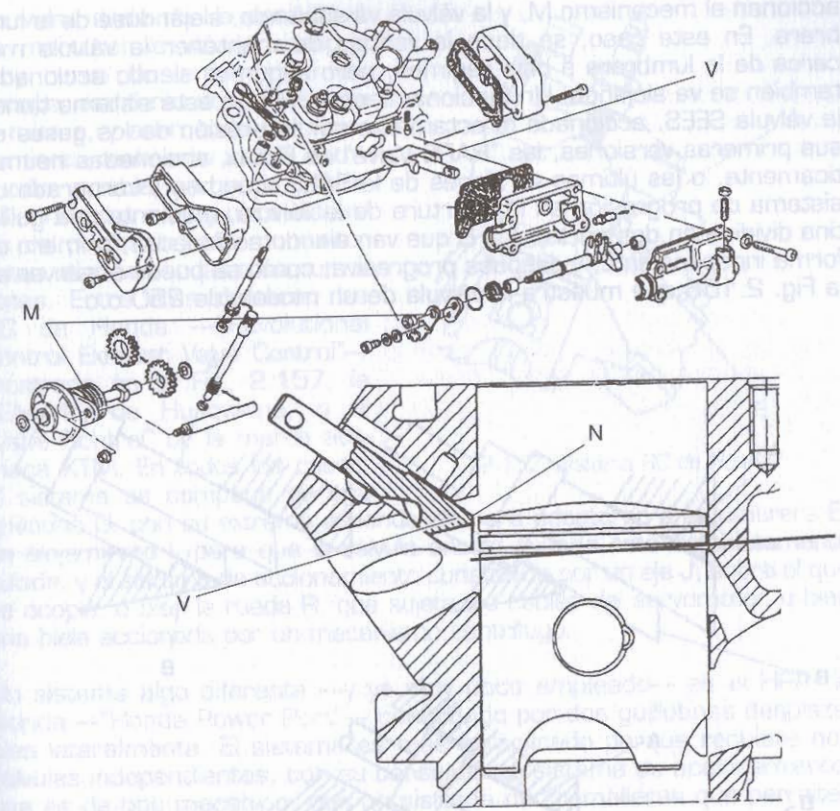
Las válvulas de escape son el sistema más empleado en la actualidad. En estos momentos es extraño ver una motocicleta de dos tiempos, incluso de baja cilindrada, que no disponga de un sistema de este tipo. Poco a poco, los diferentes mecanismos se han ido unificando, después de unos primeros periodos de gran variedad. Hoy en día son casi imprescindibles en una moto de altas prestaciones, donde la potencia máxima debe combinarse con una adecuada respuesta que permita una utilización racional. Su uso en cambio, está poco extendido en ciclomotores.



2.154. Sistema APTS de Gilera.

La primera válvula que apareció a principios de los años 80 fue la YPVS "Yamaha Power Valve System" que se muestra en la Fig. 2.153, que se mantuvo en el mercado algunos años sin ninguna oposición. La válvula de Yamaha mantiene los principios básicos de todas las que han aparecido con posterioridad. En este caso, el sistema se compone de un cilindro C que dispone de una entalladura central E para que mantenga la sección en el escape cuando no actúa. El cilindro C es giratorio y se encuentra intercalado en la parte superior de la lumbrera de escape L. Gira accionado por un sistema electrónico y un servomotor, que dirige un par de cables. A bajas vueltas, el cilindro tapa la parte superior de la lumbrera de escape, de manera que las ondas de escape salen más tarde y el diagrama de escape queda reducido. Según aumenta de revoluciones el motor, el cilindro va girando, de manera que cada vez se despeja más la parte superior de la lumbrera, hasta que ésta se abre por completo, quedando enrasada la válvula con la parte superior de la lumbrera de escape.

Siguiendo este mismo mecanismo, hay varias versiones, como el sistema APTS de Gilera —"Automatic Power Tunning System"—. En la Fig. 2.154 se puede ver. En este caso, el cilindro giratorio C accionado, o bien mediante un mecanismo centrífugo, o por uno electrónico M, no sólo regula la altura de la lumbrera de escape E, sino que también da acceso a los gases de escape a una cámara de resonancia R situada

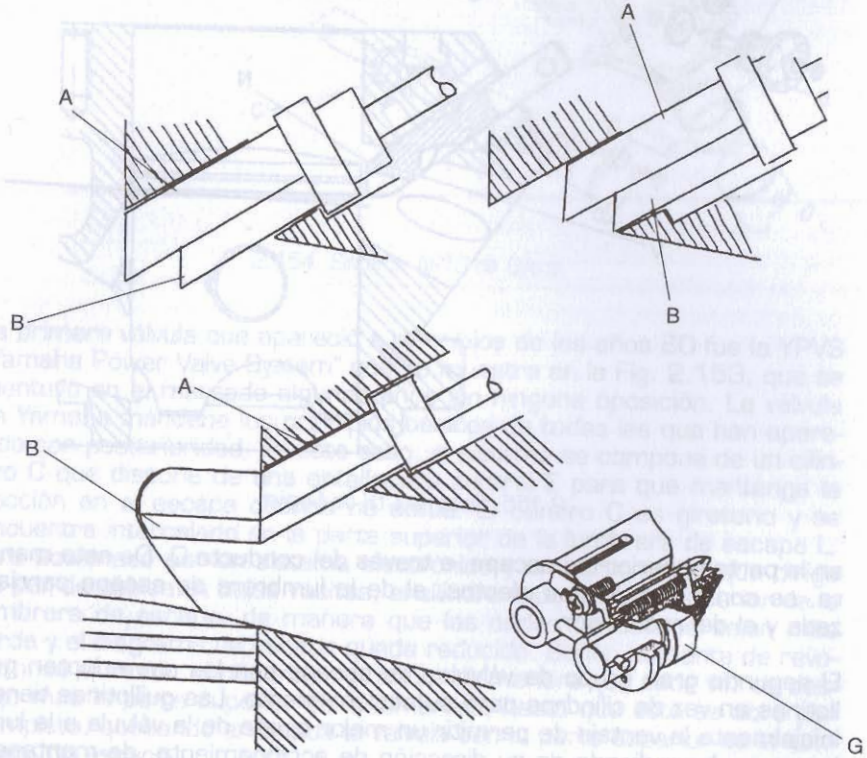


2.155. Sistema CTS de Cagiva.

en la parte superior del escape, a través del conducto O. De esta manera, se combinan los dos efectos, el de la lumbrera de escape parcializada y el del resonador.

El segundo gran grupo de válvulas de escape son las que adoptan guillotinas en vez de cilindros para su accionamiento. Las guillotinas tienen inicialmente la ventaja de permitir un mejor ajuste de la válvula a la lumbrera, y, dependiendo de su dirección de accionamiento, de mantenerla. Hay dos tipos. Por una parte, las que se desplazan a lo largo de un carril inclinado con respecto a la lumbrera de escape. Como ejemplo de este tipo podemos ver las CTS —"Cagiva Torque System"— de la marca italiana Cagiva, ilustrada en la Fig. 2.155. La válvula V es plana, y dispone de un corte angulado N en uno de sus extremos, de modo que se adapta a la curva de la parte superior de la lumbrera E. Según el régimen va subiendo, un servomotor acciona los cables que a su vez

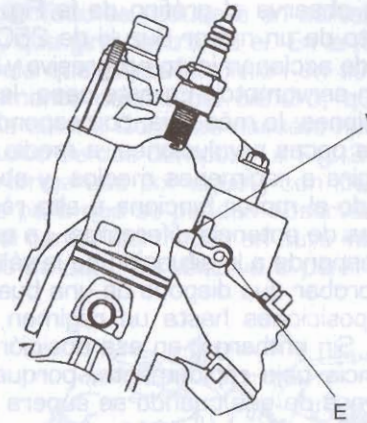
accionan el mecanismo M, y la válvula va subiendo, alejándose de la lumbrera. En este caso, se tiene la ventaja de mantener la válvula muy cerca de la lumbrera a bajo régimen, pero según va siendo accionada, también se va alejando. Un funcionamiento similar a este sistema tienen la válvula SEES, accionada directamente por la presión de los gases en sus primeras versiones, las "RARE Valve" de Rotax, accionadas neumáticamente, o las últimas versiones de la SAEC, que han incorporado un sistema de progresión en la apertura de la válvula, mediante una guillotina dividida en dos partes A y B que van siendo accionadas, primero de forma independiente, y después progresiva, como se puede observar en la Fig. 2.156 que muestra la válvula de un modelo de 250 c.c.



2.156. Sistema SAEC II de Suzuki.

El segundo gran grupo de guillotinas son las giratorias. En este caso, la válvula V, en vez de desplazarse linealmente, está sujeta por su extremo más alejado de la lumbrera de escape. El movimiento es una rotación alrededor de este eje E. La ventaja de este sistema respecto de las linea-

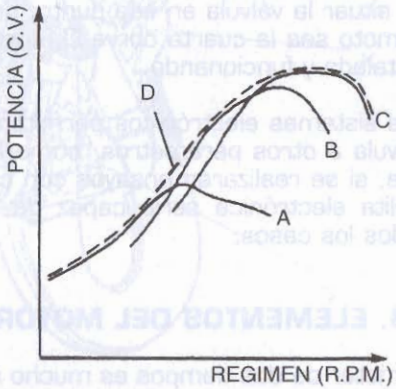
les viene dada por la posibilidad de mantener la válvula siempre muy cerca de la lumbrera de escape, manteniendo la forma de la misma, y acercando el funcionamiento realmente a una distribución variable, ya que la válvula se encuentra a muy poca distancia del pistón en todo momento. Estas válvulas son las más numerosas. Entre ellas destacan las RC de Honda —"Revolutional Control Exhaust Valve Control"— mostrada en le Fig. 2.157, la SEM-MIC de Husqvarna, o el "Valve Control" de la marca austriaca KTM. En todos los casos, el sistema se compone de una guillotina G, con su extremo redondeado para adaptarse a la lumbrera E, un alojamiento L para que la válvula encaje cuando está completamente subida, y el sistema de accionamiento constituido por un eje J, sobre el que se acopla, o bien la rueda R, que sujeta los cables del servomotor, o bien una biela accionada por un mecanismo centrífugo.



2.157. Sistema RC de Honda.

Un sistema algo diferente —y ya muy poco empleado— es el HPP de Honda —"Honda Power Port"— constituido por dos guillotinas desplazables lateralmente. El sistema es más complicado porque requiere dos válvulas independientes, con su consiguiente sistema de accionamiento, que es de tipo mecánico, con un sistema de cremalleras que permiten el accionamiento de las dos válvulas al mismo tiempo, y desde ambos extremos de la lumbrera. Ésta es doble, como sucede normalmente en las motos deportivas para permitir una gran superficie, y dispone de una sección superior más estrecha, donde se acopla la válvula de corredera.

Actualmente, las válvulas de escape de los modelos más elaborados disponen siempre de accionamientos electrónicos. Este es el único sistema que permite un funcionamiento adecuado en todas las ocasiones.



2.158. Curvas de potencia de un mismo motor con varias aperturas de la válvula de escape.

Si se observa el gráfico de la Fig. 2.158, se puede ver el comportamiento de un motor Suzuki de 250 c.c., dotado de una válvula electrónica de accionamiento progresivo y accionada electrónicamente a través de un servomotor. En este caso, la válvula se ha mantenido fija en tres posiciones: la más baja, correspondiente a su situación en un motor que gira a pocas revoluciones, a media apertura, que correspondería a uno que gira a regímenes medios, y abierta completamente, lo que sucede cuando el motor funciona a alto régimen. En el dibujo aparecen cuatro curvas de potencia diferentes. La que dispone de una menor potencia A corresponde a la situación de la válvula en su posición inferior. Se puede comprobar que dispone de una buena potencia, mayor que en las otras dos posiciones hasta un régimen de aproximadamente un tercio del total. Sin embargo, en esa posición el motor es incapaz de estirar, y la potencia baja rápidamente, porque la distribución impide un correcto trasvase de gas cuando se supera ese régimen.

La segunda curva B, corresponde a la válvula abierta parcialmente. En este caso, la potencia abajo no es tan brillante como si estuviese cerrada, y sólo a partir del primer tercio de régimen consigue superar las prestaciones de la válvula cerrada. Sin embargo, a partir de ahí, aumenta la potencia espectacularmente, como corresponde a un motor deportivo.

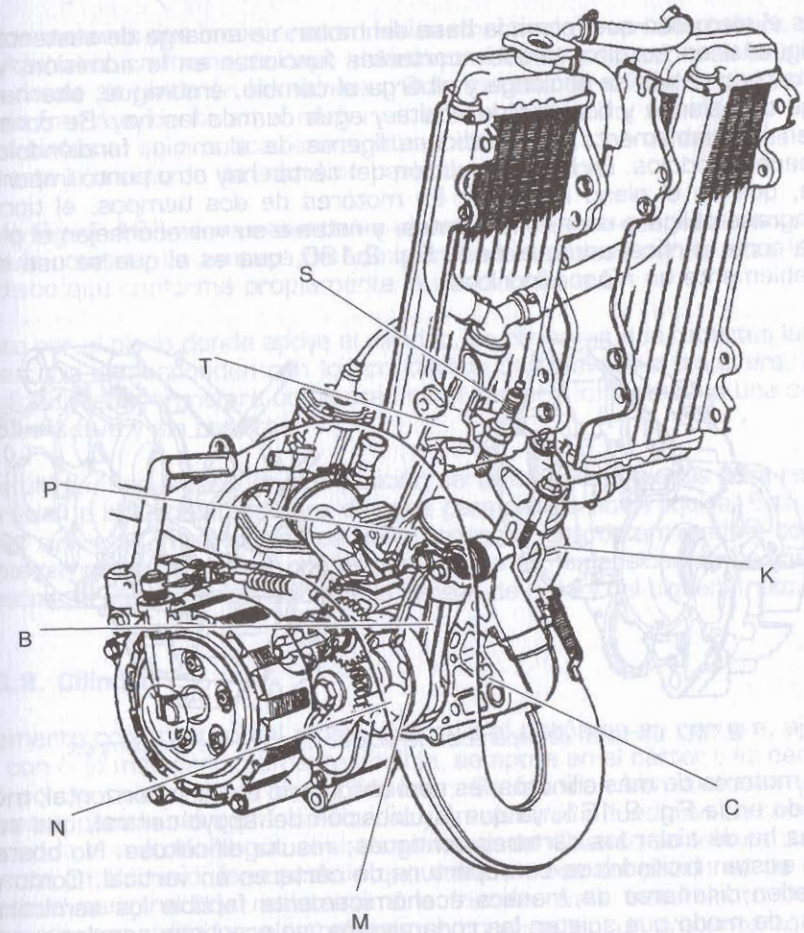
La tercera curva C, es la que produciría el motor en el caso de que no existiese la válvula, con ésta abierta completamente todo el tiempo. Lógicamente es la que dispone de una mayor cantidad de potencia total, pero únicamente en los regímenes más elevados. Si se realizasen ensayos con todas las posiciones parciales de las válvulas, se llegaría a tener un cierto periodo en el que una posición consigue más potencia que el resto. El accionamiento de la válvula debe ser capaz, en toda la gama, de situar la válvula en ese punto, de modo que la curva de potencia de la moto sea la cuarta curva D, correspondiente al motor con la válvula instalada y funcionando.

Los sistemas electrónicos permiten además, adecuar la posición de la válvula a otros parámetros, como la apertura de acelerador, de modo que, si se realizaran ensayos con cargas parciales en el motor, la centralita electrónica sería capaz de situar la válvula correctamente en todos los casos.

13. ELEMENTOS DEL MOTOR DE DOS TIEMPOS

El motor de dos tiempos es mucho más sencillo que ningún otro tipo de motor. El número de elementos se ve reducido, sobre todo debido a su sistema de distribución. Se consigue el llenado de gases frescos y el barrido de los quemados sin necesidad de válvulas, sistemas que las

abran y cierren o mandos para éstos. Todo se reduce a un cárter que abraza muy ceñidamente al cigüeñal, que gira dentro de él. En la muñequilla del cigüeñal se articula una biela que sujeta al pistón en su otro extremo. Éste se mueve alternativamente dentro del cilindro, que se apoya en el cárter, y se corona con la culata. Con este escueto número de piezas, se construye un motor básico de dos tiempos. La Fig. 2.159 muestra un motor de dos tiempos refrigerado por agua y con los conductos dispuestos convenientemente para que se puedan observar con facilidad. Se ha señalado con una C el cárter del motor, en cuyo interior gira el cigüeñal M. En el lado derecho de éste, se observa el perfil de la

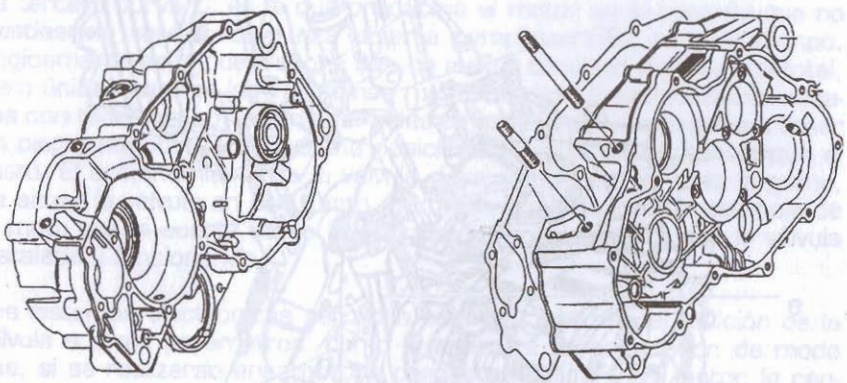


2.159. Elementos que componen un motor de dos tiempos de la firma Yamaha.

muñequilla N, sobre la que se articula la biela B. Aunque el pistón P oculta el final de la biela, ésta se articula en su pie del mismo modo que en la cabeza (parte en contacto con la muñequilla del cigüeñal N), y lo hace sobre el bulón. Sobre el cárter C, rodeando al pistón y con la cámara propia de la refrigeración por agua se encuentra el cilindro K, que guía la carrera del pistón. Encima del cilindro, se ubica la culata T, que incluye también una cámara intermedia para la refrigeración y, roscada en su centro, la bujía S.

13.1. Cárteres

Es el elemento que forma la base del motor, se encarga de sustentar al cigüeñal en su giro, tiene importantes funciones en la admisión, y en motores reales se prolonga y alberga al cambio, embrague, alternador, eje de balance y bombas de aceite y agua cuando las hay. Se construyen invariablemente en aleaciones ligeras de aluminio, fundiéndolos y mecanizándolos. En la construcción del cárter hay otro punto importante, que es el plano de corte. En motores de dos tiempos, el tipo de engrase obliga a usar rodamientos, y éstos a su vez aconsejan el plano de corte vertical como el de la Fig. 2.160, que es el que se usa invariablemente en monocilíndricos.



2.160. Cárteres de separación vertical de un motor de dos tiempos.

En motores de más cilindros, es casi obligatorio el plano horizontal, mostrado en la Fig. 2.161, ya que la ubicación del apoyo central, que además ha de aislar los cárteres contiguos, resulta dificultosa. No obstante, existen bicilíndricos con apertura de cárteres en vertical. Como no pueden diseñarse de manera económicamente factible los semicárteres, de modo que sujeten los rodamientos, se practican canales u orificios en la superficie exterior de éstos, para impedir que giren en su alojamiento. Ya se ha mencionado su función en la admisión, lo que impide

que haga de depósito de aceite, y obliga a su perfecta estanqueidad. Para ello, se disponen unos alojamientos exteriores a los rodamientos, en los que se ubica un retén de goma, que ajusta exteriormente con el cárter e interiormente con el extremo del cigüeñal. La lubricación de los rodamientos del cigüeñal y de la cabeza de la biela es, generalmente por niebla de aceite, ya sea bombeado o mezclado con la gasolina. Cuando es bombeado, el aceite llega a la corriente de admisión en muy diversos lugares según constructores. A veces se incorpora en el mismo carburador, otras en la toma de admisión o bien en la caja de láminas. En algunas ocasiones, el aceite se manda directamente al cárter, aunque este sistema no suele instalarse solo, sino combinado con uno de los anteriores.

En los motores que incorporan admisión directa al cárter, se practica un abultamiento en forma de caja, abierto por detrás y situado tras el cilindro donde se ubicarán las láminas. Otro método de admisión que influye de forma evidente en el cárter es la válvula rotativa. Cuando se usa este sistema, se practica, en un lateral del cárter, una ventana que se conecta a una toma de admisión para el carburador.

En la Fig. 2.162 se representa un ejemplo de cárter con admisión por válvula rotativa. La ventana de admisión es la señalada con la letra V, y el disco que conforma propiamente la válvula con la D.

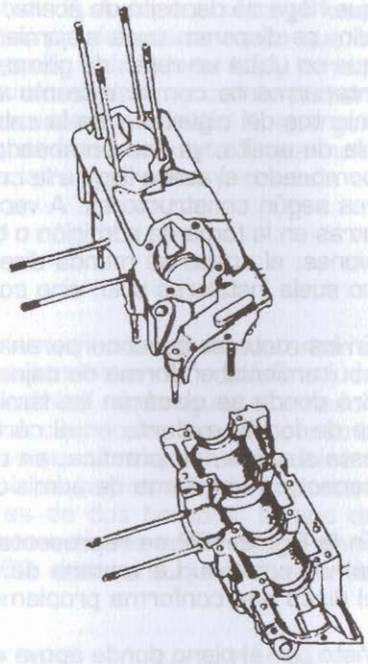
Visto por el plano donde apoya el cilindro, se observan dos recortes laterales que corresponden con los conductos de trasvase o transfers. En realidad, estos transfers comienzan en el cárter y lo hacen con una curvatura suave y sin resaltes.

Por último, son usados en competición cárteres con aleteados para refrigeración e incluso con cámara de agua para refrigeración líquida. Esto se debe a la gran importancia que tiene conseguir una determinada y constante temperatura interna, por las deformaciones, la densidad de los gases frescos, la buena refrigeración de la cabeza de biela y del cigüeñal, etc.

13.2. Cilindro

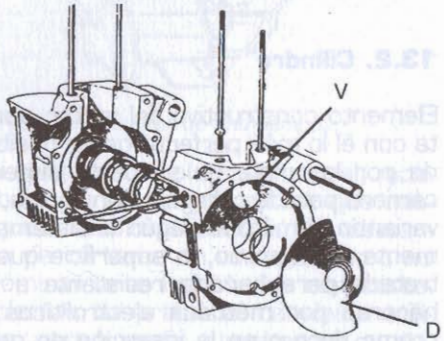
Elemento constructivo del motor, que guía al pistón en su carrera, ajusta con él lo más perfectamente posible, se apoya en el cárter y es cerrado por la culata en su parte superior. Se fabrican con aleteado y/o cámara para la refrigeración líquida, y en aluminio o fundición de hierro, variando el método según el sistema instalado. Cuando se fabrica totalmente en aluminio, la superficie que sufre el roce del pistón ha de ser tratada para hacerla resistente a la fricción. Este tratamiento suele hacerse por métodos electrolíticos, y consiste en un tratamiento de cromo duro o en la inserción de partículas de carburo de silicio. Este segundo sistema es muy utilizado en la actualidad, por mantener las

características de la superficie de aluminio, a excepción de su dureza, lo que permite ajustes muy precisos y una gran conductividad térmica. Consiste en la adición de duras partículas de carburo de silicio en una base de níquel, que a su vez recubre al aluminio. Recibe nombres comerciales diversos, como los de Nikasil, Gilnisil, Scanimet, etc... En la Fig 2.163 se puede observar un detalle de la estructura interna de este tratamiento. En los motores con refrigeración líquida, este sistema es unánimemente utilizado, por resultar antieconómico y complicado conseguir que las ventanas de admisión, escape y trasvase coincidan con los de una camisa postiza con suficiente precisión, sobre todo teniendo en cuenta que suelen ser motores de alto rendimiento, y además que no se produzcan fugas de agua. En cuanto al otro sistema utilizado, éste consiste en instalar una camisa de fundición de hierro A en el cuerpo del cilindro de aluminio C, como muestra la Fig. 2.164, y aunque hacerlo por interferencia tiene las mismas dificultades que se comentaban en los refrigerados por agua, las menores prestaciones permiten un ajuste menos preciso de las diferentes lumbreras. Por último, en pequeños ciclomotores y scooters, es habitual fabricar el cilindro en fundición de hierro, y mecanizar directamente.

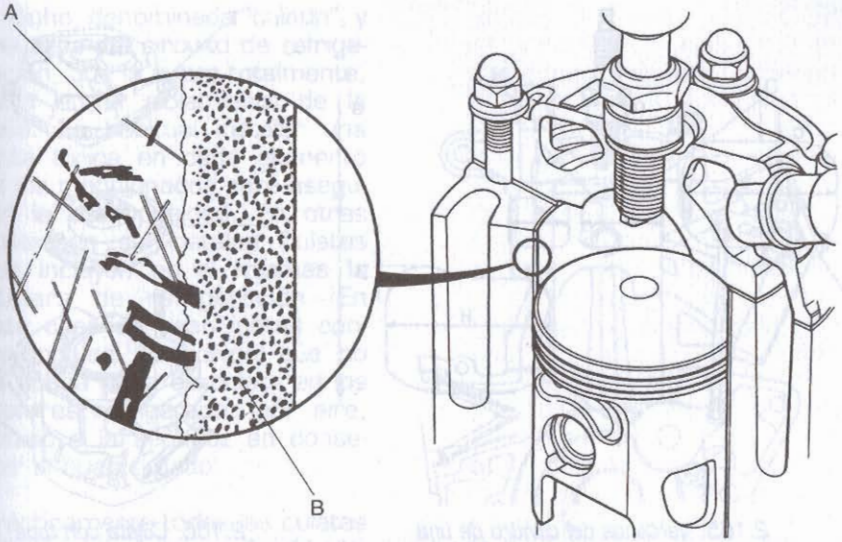


2.161. Cárteres de separación horizontal de un motor de dos tiempos.

Si se compara con un cilindro de cuatro tiempos, resulta mucho más complicado de fabricar, pues a las funciones que realiza el primero, se le suman las responsabilidades en la distribución. La colocación de las lumbreras y de los transfers de trasvase, influye de manera determinante en el rendimiento del motor. Tanto como la cilindrada o los sistemas de admisión y escape, conocer la superficie y altura a



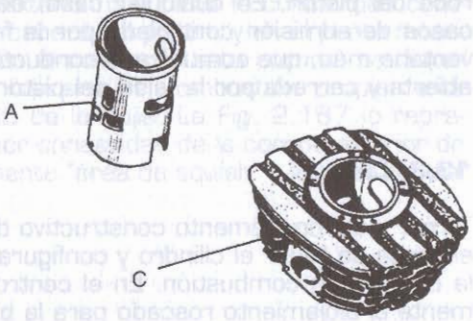
2.162. Cárter dotado de admisión rotativa.



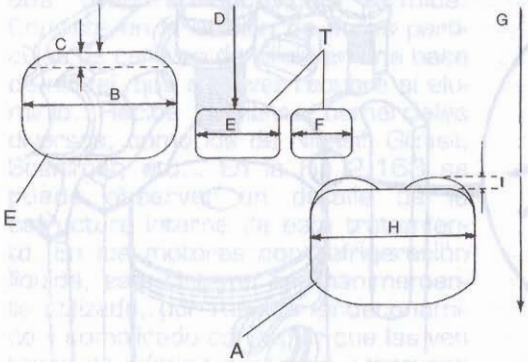
2.163. Cilindro dotado de recubrimiento de niquel y carburo de silicio.

la que están colocadas las lumbreras, es imprescindible para definir la respuesta del motor. Por ello, es muy normal representar el cilindro desdoblado, al modo de un mapa. Ejemplo de esto es la Fig. 2.165, en la que se observan claramente las lumbreras.

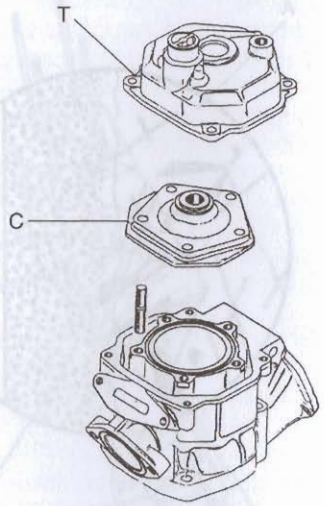
Para evitar que la superficie de la lumbrera de escape sea excesiva —lo que resulta peligroso por su alta temperatura— se suele partir en dos lumbreras contiguas y gemelas por medio de un fino tabique. La columna que la parte en dos ha de diseñarse cuidando de que al dilatarse, no interfiera con el pistón. También es muy habitual en motores modernos, sobre todo si se busca potencia, desdoblar los transfers de trasvase en dos principales y dos auxiliares que permiten un mejor llenado y barrido, e incluso en más, llegándose a cinco, seis y hasta siete lumbreras de transferencia. Con este desdoblamiento se consiguen múltiples corrientes de gases frescos que efectúan un



2.164. Cilindro equipado con camisa de fundición.



2.165. Ventanas del cilindro de una Yamaha TZ 250.

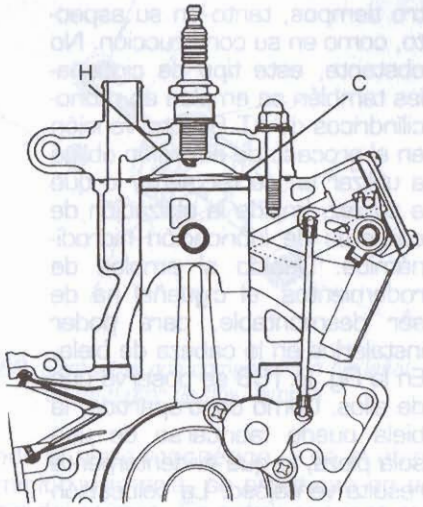


2.166. Culata con tapa de refrigeración.

bucle que a su vez se dirige hacia la lumbrera de escape. El inconveniente que presenta esta disposición, es que deja una pequeña zona sobre la cabeza del pistón en que no se renuevan los gases quemados. Debido a esto, se calienta en exceso ese punto de la cabeza del pistón, además de la perdida de llenado de gases frescos que representa una cierta cantidad de gases quemados que no se elimina. Con el fin de barrerlos, se practica un transfer muy corto, que desemboca sobre la zona en cuestión, y se recorta una lumbrera en la falda del pistón que, al comunicar con la lumbrera inferior del transfer, sopla una cierta cantidad de gases frescos. En ocasiones, ese transfer no es un conducto propiamente dicho, sino una acanaladura practicada en la superficie de roce del pistón. En cualquier caso, se ubica frente al escape. En los casos de admisión controlada por la falda del pistón, se practica otra ventana más, que comunica el conducto de admisión con el cárter, y es abierta y cerrada por la falda del pistón.

13.3. Culata

Tercer y último elemento constructivo del motor de dos tiempos que se encarga de tapar el cilindro y configura, junto con la cabeza del pistón, la cámara de combustión. En el centro de ésta, se encuentra normalmente el alojamiento roscado para la bujía, y en los casos de refrigeración por aire, las aletas necesarias para la transferencia de calor. Cuando la refrigeración se confía al agua, se utilizan dos posibles sistemas. Uno de ellos, en la Fig. 2.166, consiste en una culata propiamente dicha, denominada "culatín", y una tapa del circuito de refrigeración, que la cubre totalmente, salvo en el alojamiento de la bujía. Es habitual instalar una junta tórica en cada elemento de los mencionados para asegurar la estanqueidad. En otras ocasiones se instalan culatas que incluyen en sí mismas la cámara de refrigeración. En este caso se usan juntas convencionales. Es normal que no se ponga junta de culata en los motores refrigerados por aire, debido a la sencillez en conseguir el buen sellado.



2.167. Forma de la camara de combustión de un motor actual de dos tiempos.

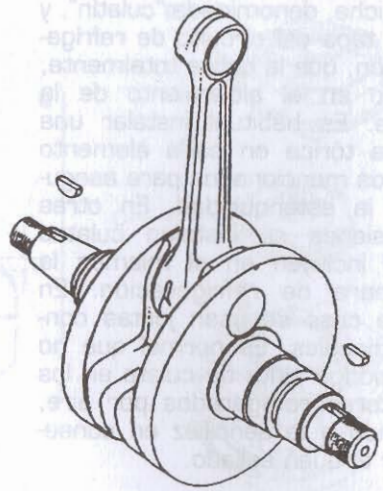
Prácticamente todas las culatas actuales se fabrican fundiéndolas en aleaciones ligeras de aluminio y mecanizando después. Sólo se instalan culatas de fundición, en los extraños casos en que los cilindros son también de este material, y siempre en modelos muy económicos.

Es importante estudiar la forma que ha de tener la cámara de combustión, que queda determinada por la cabeza del pistón y la forma de la propia culata, e influye decisivamente en el rendimiento del motor. Una forma apropiada facilita el aprovechamiento de la energía liberada en la combustión, colabora con los transfer en el buen llenado de gases frescos, y en el eficaz barrido de los quemados. Por esta razón, se suelen instalar culatas con una corona exterior que tiene la concavidad complementaria a la convexidad de la cabeza del pistón, y en el punto muerto superior casi ajusta con ella. En el centro de esta corona, se dispone una hemisfera H, que es la cámara de combustión propiamente dicha, y que incluye el alojamiento de la bujía. La Fig. 2.167 lo representa, y puede apreciarse la menor concavidad de la corona exterior de la culata C denominada habitualmente "área de squish" y la zona central mas cóncava.

13.4. Cigüeñal

Es el elemento móvil del motor de dos tiempos que se encarga de transformar en movimiento circular, el movimiento alternativo del pistón, que le es transmitido por la biela. Es diferente al utilizado en el motor de cua-

tro tiempos, tanto en su aspecto, como en su construcción. No obstante, este tipo de cigüeñales también se emplea en monocilíndricos de 4T. Su intervención en el proceso de admisión obliga a utilizar un cárter seco, lo que a su vez, impide la utilización de cojinetes de lubricación hidrodinámica. Debido al empleo de rodamientos, el cigüeñal ha de ser desmontable, para poder instalarlos en la cabeza de biela. En la Fig. 2.168 se observa uno de ellos. Como contrapartida, la biela puede fabricarse de una sola pieza, lo que evidentemente resulta ventajoso. La colocación de la muñequilla del cigüeñal a presión, implica la necesidad de sustituirla siempre que se desmonte, ya que una reutilización conlleva el riesgo de que gire y cause destrozos de importancia en el motor. En la cabeza de biela, así como en el pie, se suelen instalar jaulas de agujas o rodillos, mientras que en los apoyos del cigüeñal, se utilizan rodamientos de bolas, debido a la alta velocidad de rotación. El motivo principal, es que los rodamientos de bolas, más estrechos para una misma carga que los de agujas, resultan, sin embargo, de diámetro excesivo para instalarlos entre la biela y los elementos con los que conecta.

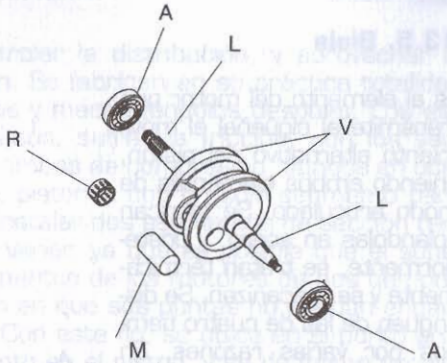


2.168. Cigüeñal de un motor de dos tiempos.

Otra característica del cigüeñal, obligada por el tipo de admisión, es que ha de ajustarse con el cárter, para reducir al mínimo el espacio libre para la mezcla en la zona inferior del cárter. Con ello se busca una buena lubricación de cabeza y pie de biela, refrigeración en el pistón, evitar que se produzcan turbulencias indeseadas y posibilitar el bombeo de la mezcla al cilindro. Esto ultimo es llamado precompresión, y sólo es posible si el cárter y el cigüeñal ajustan entre sí. En la parte inferior de los transfers, se suelen efectuar unas pequeñas derivaciones que conducen una parte de la mezcla a los rodamientos del cigüeñal para engrasarlos. No debe olvidarse que el engrase se lleva a cabo por niebla de aceite, y el buen acceso de ésta a los rodamientos resulta vital.

Otra necesidad de la admisión de los motores de dos tiempos es la estanqueidad perfecta del cárter, lo que obliga a instalar retenes en los dos extremos del cigüeñal, y en multicilíndricos, entre cárteres de cilindros contiguos. Han de aislarlo además del aceite que baña el cambio y el embrague.

En el aspecto exterior del cigüeñal se aprecia una notable diferencia con los de cuatro tiempos, ya que lo que en éstos son finos brazos, en los de dos tiempos son unos discos de forma cilíndrica, que incluyen el contrapeso necesario para equilibrar la muñequilla y la biela. Además ejercen de volantes de inercia, imprescindibles para asegurar una marcha uniforme y un régimen de ralentí estable.



2.169. Elementos que componen un cigüeñal de un motor de dos tiempos.

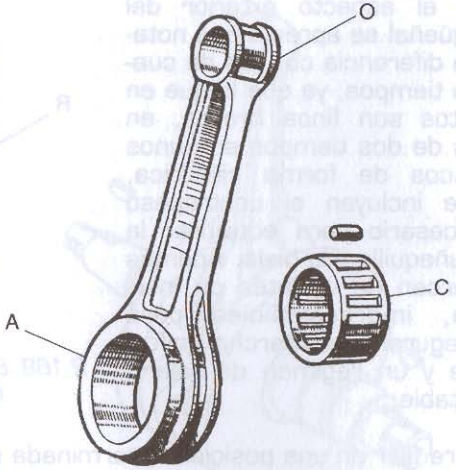
Para fijar en una posición determinada el plato magnético, y en el otro extremo el engranaje para la transmisión primaria, se practican en el cigüeñal unas ranuras paralelas al eje del mismo. En estas ranuras se alojarán unas chavetas que sobresalen de la superficie del cigüeñal y se encajan en el plato o el piñón, confiriéndoles una posición predeterminada. Esta posición es única en ambos casos, pues el volante magnético incluye el sensor del encendido (o la leva que acciona el ruptor), y en el piñón suele llevar marcas para el calado del árbol de balance. Estos chaveteros deben ser cuidadosamente dimensionados para asegurar la resistencia debida de las chavetas, sin por ello debilitar demasiado el cigüeñal. Se intentan evitar puntos de acumulación de tensiones que producirían roturas por fatiga mecánica. No obstante, tanto el volante como el piñón de la transmisión primaria, ajustan en el cigüeñal por conicidad. Por ello, en muchos casos el piñón no dispone de chaveta.

La dificultad de fabricación hace poco viables y antieconómicos los cigüeñales de más de dos muñequillas, debido a su dificultad de centrado y equilibrado. En cualquier caso, cuando el numero de cilindros es dos o más, el fabricante suministra el cigüeñal con los rodamientos y retenes intermedios ya incluidos. En estos casos, el cárter se abre horizontalmente, y ello obliga a fijar los rodamientos por medio de pequeños tetones que imposibilitan el giro.

En la Fig. 2.169 se representa un cigüeñal de dos tiempos en el que los discos han sido marcados con la letra V, la muñequilla con la M, el rodamiento de la cabeza con la R, los apoyos con la L y los rodamientos con la A. Se pueden observar los mecanizados efectuados en los discos a la altura de la muñequilla, cuyo fin es abrazar más ceñidamente la biela, dejando el espacio mínimo entre ambos volantes.

13.5. Biela

Es el elemento del motor que transmite al cigüeñal el movimiento alternativo del pistón, uniendo ambos elementos de modo articulado. Se fabrican colándolas en acero, y posteriormente, se tratan térmicamente y se mecanizan. Se distinguen de las de cuatro tiempos por varias razones, En principio no suelen ser desmontables, lo que las simplifica y permite aligerar la cabeza para una misma cantidad de esfuerzos. Suelen ser mas largas que en un motor de similar carrera y diámetro de cuatro tiempos. El motivo es la longitud de la falda del pistón, que al abrir y cerrar lumbreras ha de ser necesariamente larga. Por otro lado, se construyen con sección de doble T u ovaladas a lo largo del cuerpo, para conferirle resistencia al pandeo.



2.170. Elementos que componen la biela.

Para facilitar el engrase de los rodamientos, se practica un orificio en el pie y acanaladuras en la cabeza, por donde la niebla de aceite accede a las agujas de ambos. Hay diseños que incorporan arandelas a ambos lados de los rodamientos de cabeza y pie de biela. Su finalidad es evitar el roce de la biela con el cigüeñal y con el pistón, y se fabrican en material antifricción, a base de bronce sinterizado.

En su diseño, se deben calcular cuidadosamente los diámetros de cabeza y pie, sus respectivos anchos, y la longitud total de la biela. Durante la fabricación, se intentará conseguir la mayor exactitud posible en estas medidas, y además un perfecto paralelismo entre los mecanizados de cabeza y pie.

En la Fig. 2.170, se ha designado con la letra C el rodamiento de agujas de cabeza de biela, con una A las acanaladuras de engrase de la cabeza y con una O el orificio de engrase de pie de biela. También se puede observar la sección en doble T que se ha conferido al cuerpo de la biela para hacerla resistente al pandeo.

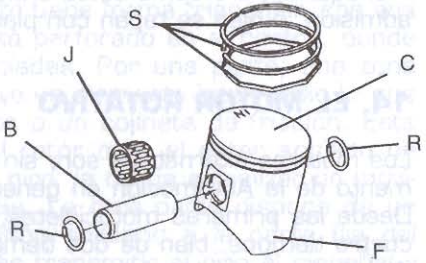
13.6. Pistón y segmentos

Es el elemento del motor de dos tiempos que se desliza por el interior del cilindro con un movimiento alternativo y se encarga de bombear

gases frescos y quemados, controlar la distribución, y aprovechar la energía liberada en la combustión. Se fabrican en su práctica totalidad en aleaciones ligeras, fundiéndolos y mecanizándolos después. Los elementos que, integrados en el pistón, sufren la fricción, son los segmentos. Son normalmente dos, y ambos de compresión, aunque en ocasiones se utilizan en competición, pistones con un solo segmento para reducir la fricción. Lo habitual es instalar dos segmentos de sección rectangular, aunque la forma puede variar, ya que es posible que el superior o ambos sean en L. Los segmentos de los motores de dos tiempos han de ser fijados en una posición en que sus puntas no puedan engancharse en una de las lumbreras. Con este fin, se ubica en el punto propicio un tetón dentro del alojamiento en el pistón, y se da forma escalonada a las puntas del segmento. Lo normal es colocarlos en la parte de la admisión, salvando en su carrera las ventanas de los transfers y del auxiliar de barrido. En cualquiera de los casos, los segmentos son fabricados en acero endurecido, confiriéndoles así resistencia a la fricción. También se fabrica en acero, tratándose después para endurecerlo, el bulón que une al pistón con la biela y además, en su parte central configura la pista interior del rodamiento de pie de biela. Para evitar que el bulón se salga de su alojamiento y roce con las paredes del cilindro, se practican unas hendiduras en los extremos de dicho alojamiento, y se insertan en ellos sendos circlips. Es normal en los motores de dos tiempos un rápido desgaste en el pistón, pero son sus propias características constructivas y las del ciclo las que lo ocasionan.

El ciclo de dos tiempos obliga también a descentrar ligeramente el bulón del pistón, buscando conferir al motor una tendencia a un sentido de giro determinado. El bulón se desplaza levemente en el sentido de la marcha, y en la parte inferior de la cabeza del pistón se dispone un contrapeso que equilibra el conjunto.

Como en el pistón de cuatro tiempos, se diferencian cuatro partes en el de dos tiempos. También en este caso, la parte superior se llama cabeza, y forma con la culata la cámara de combustión, aunque obviamente no presenta entalladuras para salvar las válvulas, y suele ser plana o ligeramente abombada. La falda, muy importante en los dos tiempos, por ser la encargada de abrir y cerrar la lumbrera de admisión (si es que lleva este tipo de admisión), se construye en ocasiones con recortes laterales (para no golpear con los volantes del cigüeñal y adelantar la apertura de los transfers de



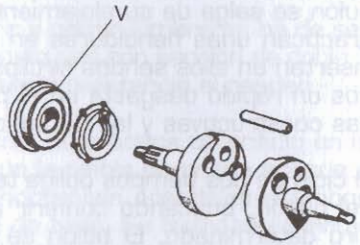
2.171. Pistón con sus elementos accesorios.

trasvase), o con ventanas recortadas en el lado de la admisión para el transfer corto de barrido o para la admisión por falda de pistón. La Fig. 2.171 representa un pistón de un motor de dos tiempos, con todos sus elementos. Se ha marcado la falda con una F, la cabeza con una C, el bulón con una B, los segmentos con una S y el resorte circular de fijación del bulón con una R. Se observan los alojamientos para los segmentos, para los resortes, y el mecanizado efectuado para alojar al bulón, así como la jaula del pie de la biela J.

13.7. Volantes de inercia

Es una masa solidaria al cigüeñal, ya que forma parte del mismo, que se dispone para posibilitar el régimen de ralentí constante y conferir al motor uniformidad de marcha. Aunque la inercia que inducen en el conjunto retrasa algo las subidas y caídas de régimen, su empleo es imprescindible para que el motor funcione, aumentando esta necesidad cuanto más bajo es el régimen.

En algunos motores se han instalado volantes de inercia específicos, como en el mostrado en la Fig. 2.172, que se instala en un extremo del cigüeñal, pero lo mas habitual es conseguir el efecto de un volante conjugando el peso de los volantes del cigüeñal y del plato magnético. Normalmente, los volantes del cigüeñal, aunque han de ocupar el máximo volumen del cárter, podrían ser mucho más ligeros, pero se emplean como volantes de inercia. Se incluye en ellos parte de la masa que tendría el volante de inercia, y con la ayuda del plato magnético se puede eliminar el volante. Para equilibrarlos, se suelen taladrar en la zona cercana a la muñequilla, pero como estos orificios crean turbulencias en la masa de admisión, o bien se tapan con placas, o bien se fabrican huecos.

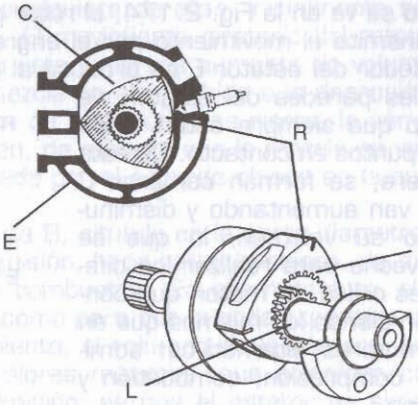


2.172. Volante de inercia adicional en un motor de dos tiempos.

14. EL MOTOR ROTATIVO

Los motores alternativos son, sin duda, los más numerosos en el segmento de la Automoción en general, y de la motocicleta en particular. Desde las primeras motocicletas, los motores de ciclo Otto —bien de cuatro tiempos, bien de dos tiempos— han equipado la práctica totalidad de los vehículos, lo que ha convertido al resto en modelos anecdóticos.

Sin embargo, no son estos los únicos propulsores que permiten ser montados en los vehículos de dos ruedas. Hay otros grupos que también presentan las condiciones adecuadas. Entre ellos, sin duda, sobresale un conjunto, el formado por los motores rotativos.



2.173. Elementos que componen un motor rotativo de tipo Wankel.

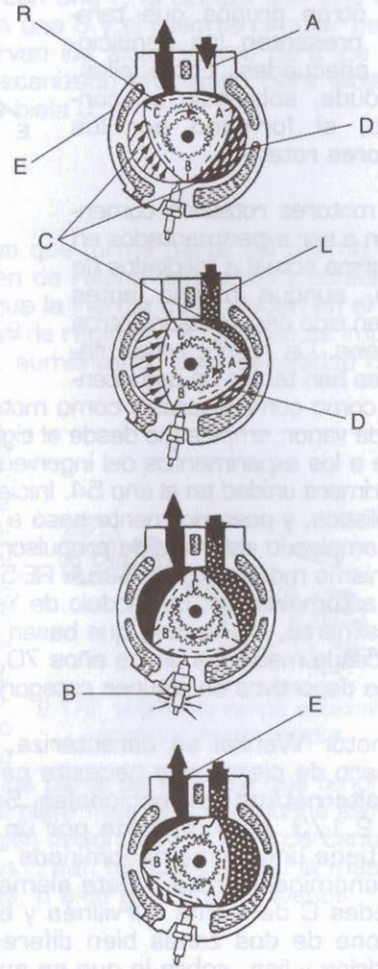
Los motores rotativos comenzaron a ser experimentados en su forma actual a mediados de siglo, aunque mucho antes habían sido desarrollados otros modelos. De hecho, estas máquinas han tenido un uso intensivo como compresores y como motores de combustión externa en motores de vapor, empleados desde el siglo pasado. El actual motor rotativo, se debe a los experimentos del ingeniero alemán Félix Wankel, que construyó su primera unidad en el año 54. Inicialmente se empleó en la industria automovilística, y posteriormente pasó a la motocicleta. Hay varias firmas que han empleado este tipo de propulsor, destacando la DKW y Hércules, con un mismo monorrotor, la Suzuki RE-5, las Van Veen con dos rotores de origen automovilístico, un modelo de Yamaha que finalmente no vio la luz, y, actualmente, las Norton, que basan su producción en este tipo de propulsor desde mediados de los años 70, y que actualmente consiguen incluso éxitos deportivos en algunas categorías.

El motor Wankel se caracteriza, entre otras cosas, por el menor número de piezas que necesita para funcionar respecto de los motores alternativos convencionales. Su estructura, que se muestra en la Fig. 2.173, está formada por un elemento fijo llamado "estator" E, que tiene una forma denominada "epicicloide", y un elemento rotativo R, denominado "rotor". Este elemento tiene forma triangular, con sus paredes C de forma curvilínea y está perforado en el centro, donde dispone de dos zonas bien diferenciadas. Por una parte, una zona cilíndrica y lisa, sobre la que se apoya un elemento intermedio L, que puede ser un rodamiento de rodillos o un cojinete de fricción. Esta zona es la encargada de sujetar el rotor que, al estar anclado de forma excéntrica respecto al eje de giro, la obliga a realizar un movimiento rotativo respecto de este eje. La otra parte dispone de un dentado D que engrana con un piñón solidario a la parte fija del motor. La misión de este dentado es transmitir el giro al cigüeñal y mantener la relación que debe haber entre el número de lóbulos del pistón y el de la cámara donde se mueve.

Como se ve en la Fig. 2.174, el rotor gira alrededor del eje excéntrico, y transmite el movimiento por el engranaje. El movimiento del rotor R alrededor del estator E se produce al patinar los vértices del triángulo por las paredes del estator, de modo que siempre están estos tres puntos en contacto. De esta manera, se forman cámaras C ,que van aumentando y disminuyendo su volumen, lo que se aprovecha para realizar los diferentes ciclos del motor, que continúan siendo los mismos que en los motores alternativos: admisión, compresión, combustión y escape.

El motor dispone de lumbreras L para la admisión y el escape de los gases, de modo que los trasvases de gas se efectúan de una manera similar a la de los motores de dos tiempos, siendo el rotor el encargado de poner en contacto a las lumbreras con las distintas cámaras formadas. Las lumbreras se pueden situar, o bien en la periferia del estator, es decir, en la propia superficie trocoidal, o bien en los laterales. Las disposiciones más habituales son las primeras, aunque en algunos casos se pasan las lumbreras de admisión a las paredes laterales, lo que proporciona una mejor respuesta en regímenes poco elevados.

Actualmente los motores Wankel suelen ser monorrotores o birrotores, con cilindradas medias, que no suelen superar los 600 c.c.. De hecho, el mayor motor Wankel de motocicleta equipado por la Van Veen, no superaba los 1.000 c.c. con dos rotores.



2.174. Funcionamiento del motor Wankel.

El funcionamiento de un motor Wankel se desarrolla en tres cámaras giratorias de volumen variable. Como se aprecia en la figura anterior, en el proceso que tiene lugar en cualquiera de ellas, inicialmente se descubre la lumbrera de admisión. El movimiento giratorio del rotor hace que la cámara en contacto con esta lumbrera aumente de volumen, lo que provoca la entrada de la mezcla en ella, debida a la depresión producida. Una vez que la lumbrera de admisión A se cierra, la cámara D comienza a disminuir de volumen, de manera que la mezcla se va comprimiendo, hasta que es inflamada por el salto de chispa en la bujía.

En el momento adecuado, la bujía B, situada en la parte diametralmente opuesta a la lumbrera de admisión, hace saltar la chispa, de manera que el gas sufre el proceso de combustión. En ese momento, el rotor debe haber girado lo suficiente como para que la onda expansiva obligue a girar al rotor. En este movimiento, el volumen de la cámara vuelve a aumentar, hasta llegar a los valores máximos, que coinciden con los obtenidos en el periodo de admisión, ya que el estator es simétrico. Cuando el volumen ha aumentado lo suficiente, se termina la porción de giro útil y se abre la lumbrera de escape E, saliendo el gas de la cámara completamente, debido a la presión interior y al giro del rotor.

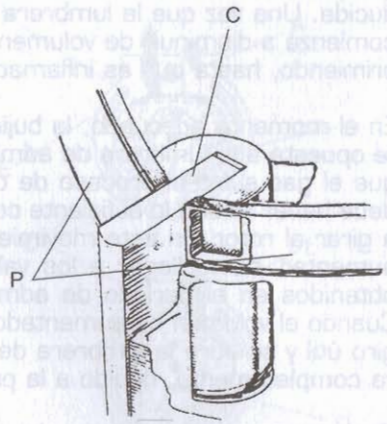
El diagrama de distribución del motor es idéntico para todos los lados del rotor, y completamente diferente al de los motores convencionales. El periodo de admisión y el de escape en una cámara no tienen en ningún momento cruce, es decir, están delimitados perfectamente, y en ningún punto se sobreponen.

Este proceso tiene lugar en las tres cámaras, produciéndose un total de tres combustiones por cada vuelta del rotor. Cada vuelta de éste, produce por su parte tres vueltas del eje excéntrico que oficia como cigüeñal, de modo que se forma una fase útil por cada vuelta de cigüeñal.

El motor por tanto, funciona sin necesidad de que se inviertan movimientos de piezas, como ocurre con los pistones de los motores alternativos. Además, tampoco necesita mecanismo de distribución, como los motores de cuatro tiempos, y el número de piezas móviles se reduce al rotor y a los elementos de transmisión. Sin embargo, este tipo de propulsores no carecen de problemas. En primer lugar, las superficies que componen el estator y el rotor deben ser mecanizadas muy cuidadosamente, y esto plantea problemas con respecto a los convencionales, cuyo mecanizado cilíndrico es más fácil de efectuar con total precisión. A parte de ello, la forma que adopta la cámara de combustión no es la más adecuada, ya que es excesivamente alargada y, además, dispone de cuatro secciones rectas formadas por los vértices del rotor y las caras paralelas del estator. Esto provoca un menor rendimiento por la poca compacidad y, además, una combustión imperfecta, que provoca problemas de contaminación, al no quemarse las fracciones situadas en los extremos, y salir al exterior como hidrocarburos. Algunos fabricantes han elaborado complejos sistemas de encendido compuestos por

dos bujías situadas en puntos diferentes, y con encendidos no simultáneos, controlados por ordenador, en los que se miden varios factores como el régimen, la carga, etc...

Otro problema es el sellado de los vértices del rotor, ya que, al formar una superficie plana en vez de esférica, requiere segmentos especiales que se pueden observar en la Fig. 2.175. Están formados por placas de cierre laterales P y segmentos de cierre C. Estos elementos están constantemente sometidos a altas temperaturas, y también a un profundo desgaste causado por las fuerzas que deben soportar, y por el constante rozamiento de toda su superficie. Normalmente, los segmentos de cierre deben realizarse en aceros duros, y las paredes interiores del estator —que son de aluminio— se endurecen con tratamientos al níquel-silicio.



2.175. Segmentos del rotor de un motor rotativo.

El motor rotativo emplea una gran variedad de componentes de manera similar a la de los alternativos. El sistema de admisión es similar, con carburadores o inyección, y la transmisión y el sistema eléctrico también.

El engrase de estos motores se realiza de dos maneras diferentes. Por una parte, la zona interior del estator, que se lubrica con aceite, sobre todo en la zona del engranaje y del apoyo cilíndrico, por otra, la línea de apoyo del rotor con el estator requiere una cierta lubricación, que se consigue con la introducción de una pequeña cantidad de aceite en la gasolina, como si se tratase de un motor de dos tiempos.

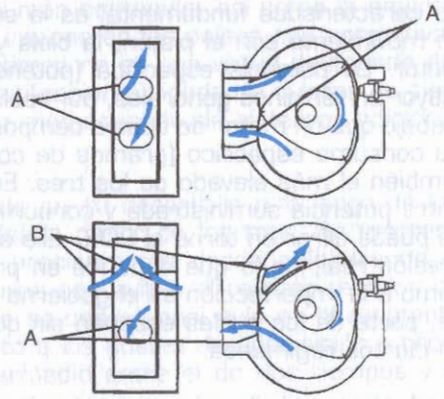
La refrigeración es otro tema común, ya que se realiza por los mismos procedimientos que en los motores de dos o cuatro tiempos, o bien por aire, con un aleteado suficiente en el exterior del estator, o bien por agua, con una cámara intermedia entre el exterior y la pared interior del estator.

Los motores Wankel no han disfrutado de un desarrollo tan exhaustivo como los de pistón alternativo. De hecho, actualmente siguen siendo muy similares a los iniciales. El relativamente bajo número de piezas y la ausencia de vibraciones anulan muchos de los problemas de sus rivales.

El equilibrado es uno de los aspectos más ventajosos de este tipo de motores. Al no haber movimientos alternativos, no hay fuerzas de inercia de este tipo. Las únicas masas a equilibrar son las resultantes de la fuerza centrífuga resultante del giro excéntrico del rotor, que se pueden equilibrar simplemente con la adición de masas en el eje excéntrico, que anulen las originales.

Si el motor es de dos rotores, habría también que anular el par resultante. En general, no se disponen en motocicletas, motores con más de dos rotores, debido a su tamaño y complicación.

Aunque no hay una gran variedad de motores Wankel en el mundo de la motocicleta, se puede hablar de dos tipos de motores de características diferentes. Esta variedad se observa en la Fig. 2.176. Por una parte, los más habituales que disponen de lumbreras en la periferia A. Estos motores tienen un gran comportamiento en regímenes medios y bajos, con una potencia total similar a la que se puede obtener con motores de cilindrada semejante de funcionamiento alternativo. Por otra, están los motores que disponen de lumbreras de admisión en los laterales del estator B. En este caso, se pueden obtener altas potencias específicas, superiores incluso a las de los motores alternativos similares en cubicaje, pero con un funcionamiento menos elástico, que aprovecha casi exclusivamente los regímenes de giro elevados.



2.176. Situación de las lumbreras de admisión y escape en un motor rotativo.

En cualquier caso, la continuidad de los motores alternativos parece depender más del empeño de pequeños fabricantes —sobre todo Mazda en el sector del automóvil y Norton en el de la motocicleta— que de otras circunstancias. La dificultad en el proceso de mecanizado de elementos como el rotor y el estator, junto al desarrollo y expansión de los métodos necesarios para los motores tradicionales, y algunos otros problemas actuales como el consumo y la contaminación, hacen presagiar un futuro en el que este tipo de motores mantendrán su condición de exclusivos, a pesar de sus indudables ventajas a nivel de sencillez, peso y ausencia de vibraciones.

15. COMPARACIÓN DE MOTORES

En este apartado se van a comparar diversos aspectos de los motores estudiados. Se trata de propulsores de gasolina o ciclo Otto. Éstos pueden dividirse en "alternativos" o "de pistón" y "rotativos". Dentro de los primeros hay que distinguir, según el esquema de funcionamiento, los de dos tiempos y los de cuatro tiempos.

15.1. Motor alternativo de dos tiempos

Su característica fundamental es la sencillez, pues los únicos órganos en movimiento son el pistón, la biela y, por supuesto, el cigüeñal o eje motor. La potencia específica (potencia por litro de cilindrada) es la mayor en términos generales, por realizar doble número de carreras de trabajo que un motor de cuatro tiempos que funcione al mismo régimen. Su consumo específico (gramos de combustible por caballo y hora) es también el más elevado de los tres. En cuanto al rendimiento (relación entre potencia suministrada y consumo de combustible) es el menor, y se puede cifrar en torno al 20%. Ello se debe a la baja relación de compresión real, de la que depende en primer término tal parámetro, así como a la imperfección en el gobierno de los gases de admisión y escape, parte de los cuales escapan sin quemar por el escape, sobre todo en ciertos regímenes.

Produce menos vibraciones en términos generales que un motor de cuatro tiempos, pues se consigue el equilibrado ideal con un menor número de cilindros; sin embargo vibra mucho más que otro rotativo. La regularidad en la entrega de par es mejor que en el de cuatro tiempos, por ser mayor la frecuencia de las explosiones. El ruido puede, aunque no necesariamente, ser mayor que en los otros casos, por lo crítico que resulta el diseño del escape y lo perjudicial que es su silenciamiento para la potencia final. Contamina más que ninguno, por dos motivos: la emisión de productos sin quemar y el uso de aceite en la mezcla, cuya combustión produce residuos carbonosos. Este último aspecto se ha mejorado bastante en motores experimentales que utilizan sistemas de inyección de gasolina y de aceite. Es, en general, el motor más ligero de todos.

Su fiabilidad es la menor de los tres, especialmente en motores exigidos, debido en principio al imperfecto sistema de engrase que emplea. Su mantenimiento es prácticamente nulo, y los costes de fabricación y reparación son los más bajos. Por todo lo visto, se comprende que su campo de aplicación preferente está en las pequeñas cilindradas de uso corriente en ciclomotores y scooters, donde no importa su elevado consumo específico, por lo escaso de la potencia requerida, y sí la sencillez y el bajo coste de adquisición.

15.2. Motor alternativo de cuatro tiempos

Es el de uso más extendido. Su potencia específica es intermedia, y su consumo específico el menor de los tres. Además, el rendimiento mecánico es bueno: entre el 20% y el 28%. Esta razón es la que recomienda su uso en cilindradas medias y altas, destinadas a la producción de potencias elevadas.

Las vibraciones y regularidad de funcionamiento, sin ser malas, se ven perjudicadas en la comparación con sus dos rivales. Las primeras se pueden evitar total o parcialmente con el uso de los adecuados ejes de equilibrado. El nivel de ruido es el más contenido, así como la emisión de contaminantes, por lo que se impone en los países con normativas más exigentes al respecto. La ligereza no es una virtud destacada del motor de cuatro tiempos, por la utilización obligada de culatas de cierta complicación y el uso cada vez más acusado de sistemas adicionales.

La fiabilidad que se ha conseguido en su desarrollo a lo largo de los años es óptima: sin lugar a dudas la mejor de los tres. Su mantenimiento, por el contrario, no es precisamente desdeñable, siendo el mayor de todos (existen dispositivos que evitan el realizar reglajes de válvulas y de carburación, aunque su uso es casi nulo en el momento actual en motocicletas). En cuanto a los costes de adquisición y reparación, se sitúa en un lugar intermedio entre el de dos tiempos y el rotativo o Wankel.

15.3. Motor rotativo o Wankel

Se trata de un motor que carece de elementos con movimiento alternativo, y que posee sólo dos con movimiento rotativo: el rotor de tres aristas al que se fija el árbol excéntrico y el árbol o eje motor. Se puede decir que obedece a un esquema similar a un motor tricilíndrico de dos tiempos, pues en una vuelta del rotor se completa un ciclo en cada una de las tres cámaras que quedan entre el rotor y la epitrocoide. Su potencia específica es similar a la de un cuatro tiempos, y su consumo específico es intermedio, aunque existen diversos criterios a la hora de determinar la cilindrada de uno de estos motores. Es destacable su escasa tendencia a la detonación.

Sus vibraciones son prácticamente nulas, lo cual constituye su principal virtud junto con su simplicidad constructiva. La regularidad de funcionamiento es óptima y el ruido, la contaminación y la ligereza se encuentran en niveles normales. La fiabilidad es intermedia, probablemente un "pecado de juventud", principalmente por los frecuentes fallos de estanqueidad que se producen en los cierres que hacen las veces de seg-

mentos. Sus costes de fabricación y reparación tienden a ser elevados, por la complicación del mecanizado del estator.

En definitiva, se trata de un motor de escasa difusión y aparición relativamente reciente, que con el desarrollo adecuado quizás podría llegar a constituirse en el sustituto de los motores alternativos.

En la Fig. 2.177 se puede observar una comparación entre algunas de las principales características de los tres motores empleados en las motocicletas.

CARACTERISTICAS	TIPO DE MOTOR		
	4T	2T	ROT
COMPLEJIDAD MECANICA	ALTA	MEDIA	BAJA
COSTE	MEDIO	BAJO	ALTO
RENDIMIENTO	ALTO	MEDIO	ALTO
POTENCIA/CILINDRADA	MEDIA	ALTA	MEDIA
PERDIDAS MECANICAS	MEDIAS	BAJAS	BAJAS
INSTAURACION	ALTA	ALTA	BAJA
EVOLUCION	ALTA	ALTA	BAJA

2.177. Comparación entre los motores de cuatro tiempos, dos tiempos, y rotativo.

16. AVERÍAS Y MANTENIMIENTO DEL MOTOR

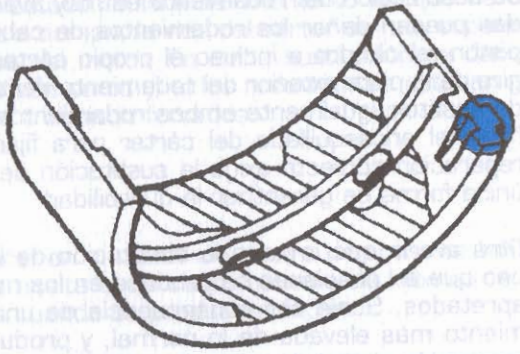
El mantenimiento necesario para la vida del motor es siempre cuidadosamente especificado por el fabricante de la motocicleta, para alargar todo lo posible su funcionamiento en buenas condiciones. Prescindir de los programas de mantenimiento conduce a la avería.

16.1. Cárter

La avería que más frecuentemente deja inservible un cárter es su rotura por colisión. Es relativamente fácil que la parte baja del motor reciba un golpe en caso de choque o caída, y que no esté capacitada para

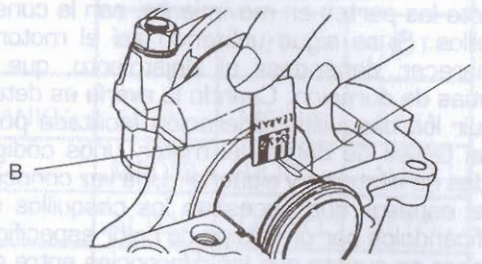
absorberlo. Se comentó en los apartados de elementos de dos y cuatro tiempos, que actualmente se construyen en aleaciones ligeras de aluminio, material con escasas cualidades mecánicas. En cuanto a su fabricación, se mecanizan conjuntamente, lo que obliga a sustituir ambos semicárteres, aun cuando sólo uno haya resultado roto. De hecho, los fabricantes no suministran repuesto de un solo semicárter, sea cual sea el plano de corte. Esto no incluye las tapas laterales que sí son sustituibles por separado.

Otra avería que, de no ser reparada a tiempo, desemboca inevitablemente en la sustitución de ambos semicárteres, es la destrucción de los casquillos de los cojinetes de bancada del cigüeñal. Cuando falta presión de aceite por cualquier motivo, la cuña hidrodinámica desaparece y entran en contacto las partes en movimiento, con la consiguiente destrucción de los casquillos. Si se sigue utilizando así el motor, estos casquillos llegan a desaparecer, dañándose el alojamiento, que es imposible reparar con garantías de duración. Cuando la avería es detectada a tiempo, se pueden sustituir los casquillos, operación facilitada por el fabricante, que incluye en sus tablas de datos del motor, unos códigos de identificación de las medidas de cárteres y cigüeñal. Una vez conocidas dichas medidas, se calcula el espesor que necesitan los casquillos y se eligen los apropiados, identificándolos por un código de color especificado por el constructor. Hay que tener en cuenta que las diferencias entre espesores de casquillos son del orden de milésimas de milímetro, lo que dificultaría su identificación. Además, las medidas de límite de servicio ofrecidas por el fabricante indican que en casos como el cigüeñal, se admiten desgastes de sólo unas milésimas de milímetro, antes de ser obligatoria la sustitución. Cuando el cigüeñal resulta también afectado en la avería, la única posibilidad que ofrece garantías es su sustitución. Operaciones como aumentar el diámetro del cigüeñal con soldadura y luego rectificar, habrían de acompañarse de un endurecimiento que se hace imposible por problemas de alabeo en el propio cigüeñal. El ruido anormal emitido por el motor (un golpeteo en su parte inferior más audible a bajas vueltas), suele ser el aviso de que empieza a aumentar la holgura existente entre el cigüeñal y los casquillos de bancada. Este síntoma podría apuntar a los cojinetes de cabeza de biela, pero, en cualquier caso, la prudencia obliga



2.178. Zonas raspadas o degradadas de un casquillo de lubricación.

a desmontar el conjunto. Cuando el problema es muy acusado, la simple inspección ocular es suficiente para descubrir los casquillos afectados, como puede apreciarse en la Fig. 2.178. En casos más sutiles, se utiliza un método de medida de espesores micrométricos llamado "galga plástica". Consiste en un cordón de un material muy dúctil que se intercala entre las dos piezas cuya holgura se quiere medir. Se aprieta entonces al par especificado por el constructor, sin mover entre sí las dos piezas, pues esto falsearía la medida. Es fácil imaginar que la banda de galga plástica que resulta del aplastamiento será más ancha cuanto menor sea la holgura existente. Comparando su anchura con una tabla proporcionada por el suministrador de la galga, se determina la medida exacta. En la Fig. 2.179 se representa el método para determinar la holgura del cojinete, comparando la anchura de la galga plástica A y la tabla de medidas B. Este método se usa también para los cojinetes de cabeza de biela, árboles de levas, árboles de balance y, en general, todos los ejes que giran sobre cojinetes. La avería del motor de dos tiempos que se puede considerar gemela a la de los cojinetes de bancada, es la ocasionada cuando se destruyen los rodamientos del cigüeñal, o se giran en sus alojamientos dentro del cárter. En el primer caso, se han de sustituir los rodamientos, retenes de cigüeñal y juntas, siendo inspeccionado el resto de los elementos para comprobar que no han resultado afectados. Cuando el estado de destrucción del rodamiento es muy avanzado, las virutas desprendidas pueden dañar los rodamientos de cabeza y pie, los segmentos, el pistón, el cilindro e incluso el propio cárter. Si la avería consiste en el giro de la pista exterior del rodamiento dentro de su alojamiento, se han de sustituir igualmente ambos rodamientos y retenes, resultando poco fiable el encasquillado del cárter para fijar el nuevo rodamiento. Una reparación correcta exige la sustitución de ambos semicárteres como única forma de garantizar la durabilidad.



2.179. Forma de medir con galpa plástica el juego en un casquillo.

Otra avería que impone la sustitución de los semicárteres, es el alabeo que en ocasiones se produce en los motores de dos tiempos muy apretados. Suele ser consecuencia de una temperatura de funcionamiento más elevada de lo normal, y produce desalineamientos en los apoyos de cigüeñal y ejes del cambio, lo que le impide un buen rendimiento.

Por último, son averías del cárter las fugas de aceite que suelen tener cuatro posibles motivos. Uno de ellos son las grietas producidas por un golpe. En ocasiones se debe a juntas en mal estado, lo que no es un gran problema en casos accesibles, pero se convierte en una obra de magnitud cuando se tiene que abrir el motor para su sustitución. Lo mismo puede decirse de los retenes que incorporan en la salida del cambio, en el selector del mismo, etc. Por último, es relativamente habitual encontrar fugas de aceite por el tomillo de vaciado del cárter, problema fácil de solucionar cuando la fuga se debe a que ha sido reutilizada la arandela de sellado. Con sólo sustituirla por una nueva se soluciona el goteo. Nunca debe ser reutilizadas, pues están fabricadas en aluminio o cobre, con el fin de que se aplasten con el apriete y sellen bien las imperfecciones de tornillo o cárter. A la vez, cumplen una misión de blocaje del tornillo que es de vital importancia, pues si se afloja y cae, el aceite saldrá libremente, y si esto ocurre durante la marcha, la caída es inevitable. Cuando la fuga se debe al mal estado de la rosca, se repara ésta mediante un casquillo embutido, con un helicoil o se practica una rosca sobremedida y se instala un nuevo tomillo. Como el cárter se construye en aleación ligera y el tornillo en acero, es casi imposible que la rosca dañada sea la del tornillo.

En el caso particular de los retenes de cigüeñal de los motores de dos tiempos, su diagnóstico es el siguiente. Si el motor presenta síntomas de toma indeseada de aire, el retén a sustituir es el del lado del volante magnético. Cuando el problema consiste en la excesiva presencia de aceite, normalmente se debe al retén del extremo en que se encuentra la transmisión primaria. Sustituirlos no presenta problemas en los cárteres de plano de corte vertical, debiendo abrir el motor cuando el plano es el horizontal.

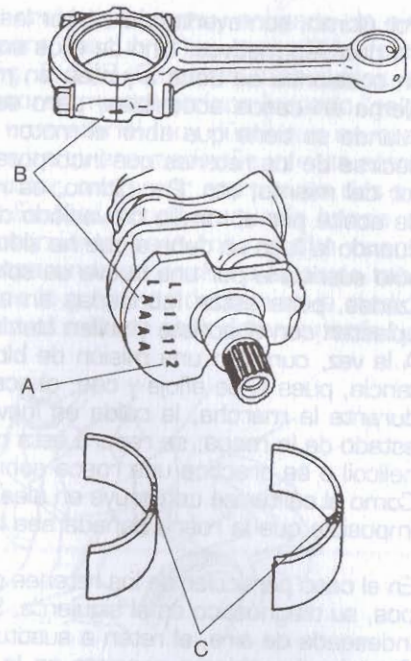
El mantenimiento correcto de un cárter de dos tiempos, se resume en asegurar un correcto engrase, haciéndole llegar, por bombeo o por mezcla, la cantidad necesaria de aceite. El inconfundible ruido ocasionado por un rodamiento en mal estado avisará del momento en que ha de sustituirse, pues haciéndolo a tiempo, la vida del cárter es muy superior a la del resto de elementos del motor. En dicha sustitución se deben incluir los retenes, pues no son caros y, si los rodamientos estaban en mal estado, los retenes han trabajado forzados.

16.2. Cigüeñal

El mantenimiento del cigüeñal en el motor de cuatro tiempos, se limita a cambiar aceite y filtro de aceite cada cierto número de kilómetros, y a sustituir retenes o juntas cuando se produzcan fugas.

Ocurre con cierta frecuencia, en caídas a alta velocidad, que el extremo del cigüeñal del lado del motor que roza con el suelo se doble o resulte erosionado. Cuando ocurre esto, evidentemente se ha de sustituir el

cigüeñal, pues repararlo sería inviable. También puede resultar doblado el cigüeñal cuando se llena un cilindro de agua (junta de culata en mal estado) o de gasolina (válvula de admisión abierta y válvula de la cuba en mal estado). En ambos casos, el cilindro se llena de líquido, y, al no poder comprimirlo, se dobla por la muñequilla o el brazo de unión (aunque también se puede doblar la biela). En el caso de los cojinetes, si disminuye la presión de aceite por cualquier razón, desaparece la cuña hidrodinámica, y entran en contacto los casquillos de material antifricción y las superficies endurecidas del cigüeñal. Lógicamente, los casquillos resultan rápidamente dañados, y deja de haber entre bancada y apoyos la holgura precisa, con lo que la reposición de la presión de aceite ya no será suficiente para solucionar la avería. El proceso de reparación ya ha sido descrito en el cárter, y es común a todos los cojinetes. Cuando ocurre este problema, es imprescindible parar el motor para no producir una cadena de averías graves. El circuito de engrase está dispuesto en serie y lo siguiente a los apoyos del cigüeñal, son los cojinetes de las cabezas de biela. Al perderse la presión de aceite por los cojinetes desajustados de la bancada, no llega suficiente presión a las cabezas de biela, y sus cojinetes se enfrentan al mismo problema. Conforme se avanza por el circuito, las pérdidas aumentan y la situación se hace más crítica, extremándose en el caso de los árboles de levas. Es práctica común entre los fabricantes marcar los cárteres, el cigüeñal y las bielas con unos códigos de letras y números que, siguiendo sus instrucciones, permiten determinar el color (lo que es tanto como decir la medida) de los casquillos que precisa cada cojinete, de cara a su reparación. La Fig. 2.180 es claro ejemplo de la ubicación habitual de estas marcas de cigüeñal A y biela B, así como de la pincelada de color C identificativa del grosor del casquillo.

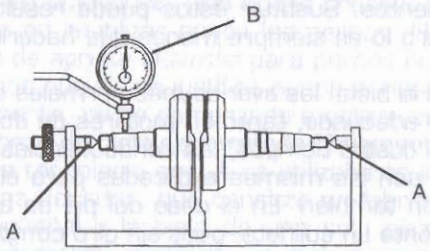


2.180. Situación habitual de las marcas de indicación de tamaño en los organos del tren alternativo.

El mismo caso de engrase insuficiente, pero trasladado a los motores de dos tiempos, ocurre cuando no se han mezclado previamente aceite

y gasolina en las proporciones adecuadas, o cuando falla la bomba del engrase separado. En este tipo de motor, la avería se producirá en los rodamientos de bancada, en el de la cabeza de biela y en el de su pie, además del más que probable gripaje del pistón en el cilindro. En este caso, las averías son simultáneas, y el motivo es el mismo en todas. Se destruyen los rodamientos y se gripa el pistón, por desaparecer la película de aceite entre superficies en contacto. En este caso no suele ser necesario sustituir el cigüeñal completo, pero sí la biela y sus rodamientos, así como los de bancada y el pistón completo. Cuando el cilindro está tratado, no puede ser rectificado y ha de sustituirse, pudiéndose rectificar a sobremedida en los demás casos. Actualmente hay empresas que renuevan el tratamiento al nikosil, permitiendo reparar este tipo de cilindros.

Es habitual que la falta de engrase provoque también el excesivo calentamiento de los extremos del cigüeñal, haciéndoles perder su endurecimiento. En caso de observar colores tornasolados en las puntas o en los apoyos para los rodamientos (el calentamiento en ocasiones se produce por girarse el rodamiento sobre su pista interior), debe sospecharse que el cigüeñal está debilitado, debiéndose extremar las precauciones.



2.181. Comprobación de alineamiento de un cigüeñal.

Otra avería casi exclusiva de los motores de dos tiempos es el desalineado del cigüeñal. Ocurre esto en cigüeñales desmontables cuando uno de los volantes gira respecto a la muñequilla, haciendo que los ejes imaginarios que pasan por el centro de cada extremo no estén en línea. Esto puede ocurrir por volver a montar un cigüeñal con la muñequilla usada, como consecuencia de un gripaje o una avería en los rodamientos de bancada, o simplemente por el uso. Para verificar este giro se debe situar el cigüeñal sobre dos puntos fijos y medir con un comparador B el desalineamiento de los ejes de los volantes A, tal y como ilustra la Fig. 2.18 1.

En todos estos casos, el mantenimiento consiste en asegurar la existencia de aceite en cantidad y calidad correctas. En caso de motores con un número de kilómetros alto, se deben seguir cuidadosamente las instrucciones del constructor y sustituir los elementos que sobrepasen los límites de servicio. En el caso de los rodamientos, sólo se ha de tener cuidado en instalar unos nuevos sin golpearlos y con las características precisas. Es muy importante no variar la medida de las holguras

que prevé el fabricante en los rodamientos, pues éstos trabajan muy calientes y, por lo tanto, dilatados.

16.3. Biela

Para asegurar el mantenimiento de la biela en los motores de cuatro tiempos, se han de cambiar aceite y filtro cada cierto número de kilómetros, y en motores muy usados, se deben revisar los cojinetes siempre que se desmonten, y sustituirlos cuando excedan de las medidas previstas por el constructor como límites de servicio. En el caso de los motores de dos tiempos, se debe ser escrupuloso con la mezcla de aceite y gasolina, con el nivel del depósito y el buen funcionamiento del sistema en los engrases separados, así como con el estado de los rodamientos. Sustituir éstos puede resultar laborioso, complicado o caro, pero lo es siempre menos que hacerlo tras su rotura.

En la biela, las averías más normales son las debidas a la falta de engrase adecuado, tanto en motores de dos como de cuatro tiempos. En los de cuatro tiempos, las consecuencias de la insuficiente presión de aceite son las mismas explicadas para el cigüeñal, y el método de reparación también. En el caso del pie de biela se ha de hacer notar que no monta un cojinete, pues sin giro completo no es posible establecer cuña hidrodinámica. Se instalan unos casquillos de material antifricción que, eso sí, necesitan de su película de aceite para perdurar. Si se da el caso de tener problemas en el pie de biela, la sustitución es la solución, y más teniendo en cuenta que la cabeza de biela habrá sufrido también la falta de presión.

Cuando el motor es de dos tiempos, la biela trabaja sobre rodamientos, y si la niebla de aceite propia del engrase no es lo suficientemente densa, éstos resultarán destruidos por el roce directo de agujas y pistas. Sustituir el rodamiento de pie de biela resulta sencillo, pero no así el de cabeza de biela que, por no ser desmontable, exige la extracción del motor y su apertura. En caso de avería, se tendrá que sustituir la biela completa, pues no se suministran por separado la muñequilla, el rodamiento de cabeza de biela o esta misma.

Nuevamente, el mantenimiento es el mismo que en el cigüeñal y las sustituciones periódicas de los elementos que sufren desgaste también.

La avería por excelencia en el embielaje es conocida como "biela fundida" y consiste en el deterioro y destrucción de uno de los cojinetes de apoyo, generalmente el de la cabeza en su unión con la muñequilla. Ello provoca un ruido procedente del golpeteo originado por la holgura (el cual no hay que confundir con el picado de biela). Si el ruido es intenso debe pararse inmediatamente el motor, pues podría originar daños aún

mayores si la biela se desprendiese de su alojamiento. El origen del nombre procede de la composición de los cojinetes de biela que se empleaba antiguamente, en la que el estaño era parte fundamental. Así, cuando el motor se sobrecalentaba, el estaño se derretía, provocando el deterioro del cojinete. Como curiosidad, señalar que a principios del siglo pasado, en los albores de la Automoción, los "chauffers" (de donde procede la palabra chófer") disponían de un equipo de reparación para arreglar las bielas fundidas, utilizando para ello soplete y estaño, llevándose a cabo estas intervenciones en carretera. Hoy en día, esta avería no llega a los citados extremos, ya que el deterioro de los cojinetes es paulatino y no repentino, percibiéndose los síntomas de forma gradual.

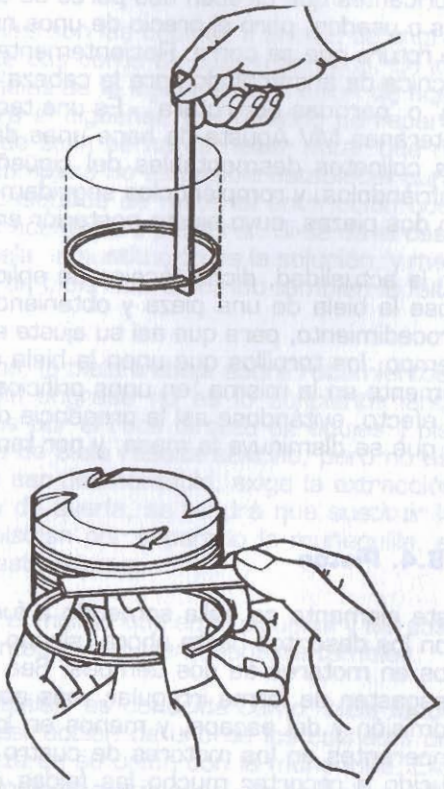
Como avería típica de las bielas desmontables, aunque infrecuente, hay que citar la rotura de los pernos de fijación de la cabeza. Esto es cada día menos frecuente, pero ocurre en ocasiones. Una buena precaución para evitar problemas consiste en no reutilizar nunca los pernos. Hay fabricantes que ofrecen dos pares de apriete distintos para pernos nuevos o usados, pero el precio de unos nuevos no justifica nunca el riesgo de rotura que se corre. Recientemente, se ha comenzado a utilizar una técnica de ensamblado para la cabeza de biela denominada "fragmentada" o "partidas por rotura". Es una tecnología que ya se utilizaba en las veteranas MV Agusta de hace unas décadas, que consiste en fabricar los cojinetes desmontables del cigüeñal y la biela de una sola pieza, enfriándolos, y rompiéndolos seguidamente, mediante un impacto seco, en dos piezas, cuyo ajuste posterior entre ambas es perfecto.

En la actualidad, dicha técnica se aplica a la cabeza de biela, fabricándose la biela de una pieza y obteniéndose el sombrerete por el citado procedimiento, para que así su ajuste en la biela sea perfecto. Al mismo tiempo, los tornillos que unen la biela con el sombrerete, roscan directamente en la misma, en unos orificios roscados efectuados en la biela al efecto, evitándose así la presencia de la tuerca correspondiente, con lo que se disminuye la masa, y por tanto la inercia del tren alternativo.

16.4. Pistón

Este elemento se halla sometido a fuertes desgastes en comparación con los descritos hasta ahora, siendo esto más acusado en los instalados en motores de dos tiempos. Sea cual sea el ciclo, los pistones se desgastan de forma irregular, más acentuadamente en las zonas de la admisión y del escape, y menos en los laterales. Las cortas carreras imperantes en los motores de cuatro tiempos multicilíndricos han conducido a recortar mucho las faldas de sus pistones. Esto dificulta la misión de guiado de las mismas y produce en el pistón más tendencia al acuñamiento, haciendo que se apoye en la falda del escape y el lado

de admisión de la cabeza durante las carreras descendentes, y al revés en las ascendentes, aunque ello depende del sentido de giro. Este problema no afecta a los pistones de motores de dos tiempos, que han de ser necesariamente largos, debido a sus responsabilidades en la admisión, si bien ello no afecta a los motores en los que se emplean los sistemas de admisión por válvula rotativa o láminas directas al cárter. En ambos casos, el desgaste provoca pérdidas de estanqueidad y campaneo, siendo sus medidas límite cuidadosamente especificadas por el fabricante. También indica la altura a la que hay que medirlo, haciéndolo siempre en un eje perpendicular al bulón. Durante las revisiones de mantenimiento del pistón (necesariamente frecuentes en los dos tiempos), se ha de observar cuidadosamente el estado de los segmentos, así como el ajuste en las gargantas del pistón que le sirven de alojamiento. Con ello pueden evitarse averías siempre graves, provocadas por segmentos demasiado gastados que se salen de su alojamiento y causan destrozos de importancia. En ocasiones, la carbonilla acumulada en los alojamientos o el excesivo ajuste, provocan que el segmento no pueda entrar del todo en ellos, con el consiguiente aumento de rozamiento o el enganche con el borde de una lumbrera o transfer. Tanto en éstos como en los de cuatro tiempos, se debe controlar también el excesivo juego de los segmentos, tanto por desgaste radial como en sus alojamientos, que conduce a su acuñamiento y al bombeo de aceite en los cuatro tiempos (Fig. 2.182). Precisamente los segmentos de estos últimos deben girar libremente en sus alojamientos, pues de no ser así, producen ralladuras en el cilindro. Esto no significa que lo hagan durante el funcionamiento normal del motor, tan sólo que durante su montaje deben permitirlo. Un método que permite saber si los segmentos sellan convenientemente, es la medición de la compresión, siempre y cuando se tenga constancia de que las



2.182. Comprobación del desgaste de los segmentos y sus alojamientos.

válvulas cierran correctamente. Para ello se rosca en el alojamiento de la bujía un manómetro y se hace girar el motor sin arrancar y con el mando de gases abierto hasta que la medición se estabiliza. Como pista orientativa, se puede afirmar que un motor que gasta aceite por culpa de los segmentos echa humo blanco al cortar gases, mientras que los que consumen aceite por las guías de válvulas, echan el humo blanco al acelerar.

En motores deportivos se disponen unos inyectores de aceite para refrigerar la cabeza del pistón. Es una técnica muy empleada en competición, en motores de 4T, dado que en los de ciclo 2T, su empleo es inviable, por las propias características de funcionamiento de este motor.

Básicamente, consiste en aprovechar el aceite a presión que circula por el circuito de lubricación, para refrigerar la cabeza del pistón por su lado inferior, mediante un chorro de dicho aceite dirigido a la misma. Para ello, se pueden utilizar tres procedimientos.

En el primer caso, los inyectores se sitúan en un lateral del bloque, pudiéndose extraer para su limpieza y comprobación. En los dos casos siguientes, el inyector se ubica en la biela, bien en la parte superior de la cabeza, a un lado del cuerpo, bien en el pie, también en su parte superior, en cuyo caso el aceite discurre por el interior del cuerpo de la biela.

En cualquier caso, con esta disposición se mejoran las condiciones de funcionamiento del motor, y en particular de los pistones, al disminuirse la temperatura de trabajo de los mismos, permitiendo obtener mayor rendimiento de la combustión, sin perjudicar la fiabilidad mecánica. También disminuye el riesgo de detonación.

Un problema frecuente en los pistones de los motores de dos tiempos es el gripaje. Consiste en la fusión conjunta de cierta parte del pistón y de la pared del cilindro debida a la falta de engrase o al aumento desmesurado de la temperatura. Es una avería muy grave que se produce por descuido o por falta de mantenimiento y cuya reparación implica la sustitución de todas las partes dañadas, aunque en ocasiones, cuando el gripaje el leve, un lijado suave del cilindro puede solucionar la avería.

En otras ocasiones se producen roturas en la cabeza del pistón, siendo tres las causas principales. Un grado térmico inadecuado en la bujía, por ejemplo, lleva a su fusión por no ser capaz de evacuar todo el calor generado, y este electrodo fundido que cae sobre la cabeza del pistón, lo perfora e inutiliza.

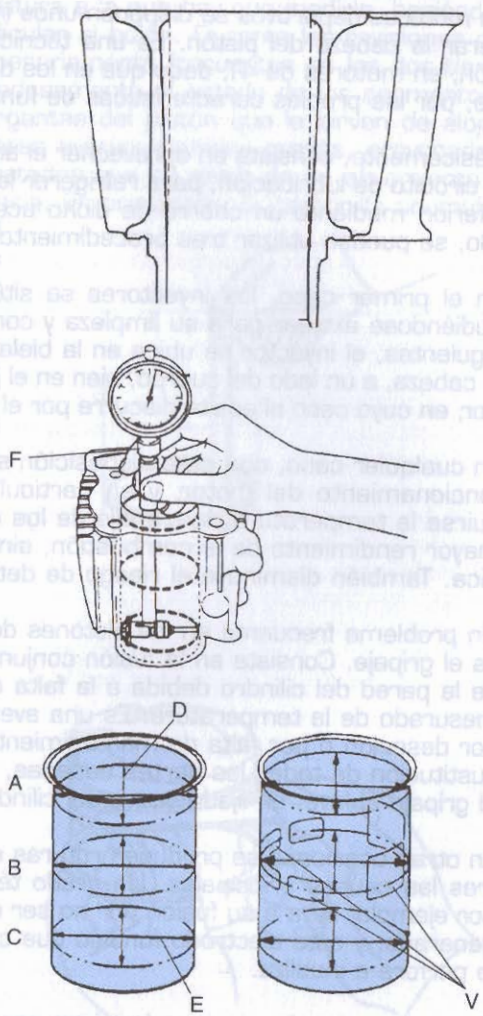
En otros casos, la rotura sobreviene por colisión del pistón con las válvulas, ya sea por avería del mando de la distribución, o por flotación de las válvulas debida a un sobrerrégimen. Por último, es frecuente el des-

prendimiento de pequeños trozos de la cabeza del pistón por detonaciones. Éstas ocurren por una excesiva compresión, un avance al encendido muy alto, o un bajo octanaje de la gasolina.

Otro aspecto a tener en cuenta en las revisiones del pistón es el estado del bulón, siendo necesaria su sustitución si presenta unas marcas en la superficie endurecida, un menor diámetro en ella respecto a los extremos o un alabeo.

16.5. Cilindro

El principal problema al que se enfrentan los cilindros de dos o cuatro tiempos es el desgaste. Éste es mucho más prematuro en los motores de dos tiempos, pero en ambos casos tiende a ovalizar la forma del alojamiento del pistón. Esto se debe a que, durante el giro del cigüeñal y la consiguiente carrera del pistón, las partes de éste que más rozan con el cilindro son las que están situadas en perpendicular al bulón. Esto lo propicia la inercia del conjunto, así como el principio de acuñamiento que afecta a todos los pistones, y en especial a los más cortos. Esta ovalización se mide comparando la distancia entre las paredes del cilindro en la dirección del bulón y en la perpendicular a ésta. En caso de desgaste, la distancia en esta última dirección es siempre mayor, y la diferencia que muestra con la dirección del bulón es una pista del estado de uso del motor. Se realizan las mediciones en tres alturas distintas A, B y C y en dos ejes perpendiculares E y D entre sí en cada una de ellas, como muestra la Fig. 2.183. Se utiliza para ello un alexómetro F, como el representado en la figura, que también representa las ventanas V que hay que salvar en el caso del cilindro de dos tiempos. Una vez medido correctamente el cilindro, los límites de servicio marcados por el fabricante indicarán la conveniencia u obligatoriedad de la sustitución, o el rectificado a sobremedida en los casos que sea posible.



2.183. Forma y lugares donde debe realizarse la comprobación del desgaste de los cilindros.

Otra avería posible en el cilindro es su gripaje con el pistón, del que ya se comentaron sus causas y su reparación en el apartado del pistón. Cuando la pared del cilindro no está tratada, no resulta difícil la reparación, pudiendo rectificarse un número limitado de veces a sobremedida. Este número lo delimita la cantidad de material de la camisa. Hay que tener en cuenta que, si se adelgaza demasiado esta camisa, el cilindro se deforma por no tener material suficiente que soporte las tensiones mecánicas y térmicas. En casos de camisa postiza, la solución suele consistir en su sustitución. El verdadero problema surge con los cilindros tratados, que han de sustituirse al más mínimo contratiempo, pues, desaparecida la capa endurecida, queda al descubierto la aleación ligera, con sus nulas propiedades resistentes a la erosión, aunque como ya se ha citado, hoy en día es factible su reparación.

También resulta habitual encontrar ralladuras en las paredes del cilindro, que hacen perder compresión. Suelen ser ocasionadas por un desgaste excesivo de los segmentos, falta puntual de engrase (si fuese continua provocaría la destrucción inmediata del motor) o aceite en malas condiciones, así como por la presencia de partículas extrañas entre el cilindro y el pistón, originadas en la mayoría de los casos por falta de mantenimiento en el filtro de aire.

Una avería común a los dos y cuatro tiempos es el fallo de la junta de la base de cilindro, que se encarga del perfecto sellado de cilindro y cárter, y tiene consecuencias distintas cuando falla, según cuál sea su ciclo. En los motores de cuatro tiempos, el fallo de esta junta provoca pérdidas de aceite, y su sustitución suele ser muy laboriosa. En los motores de dos tiempos, la avería es mucho más grave, pues permite entradas indeseadas de aire que empobrecen considerablemente la mezcla. Esto último, en los casos de engrase separado supone una pérdida de potencia y un sobrecalentamiento. Cuando más peligroso resulta, es en los motores cuyo engrase se confía a la mezcla. El empobrecimiento provocado por las tomas de aire, supone una disminución de la cantidad de aceite que llega a las paredes del cilindro, y el aumento de temperatura antes comentado no hace sino agravar el problema.

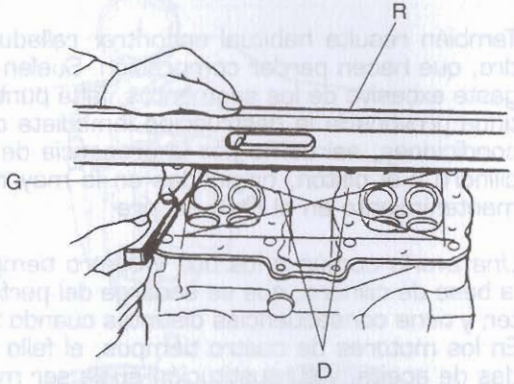
Un problema propio de las bancadas de cilindros dispuestos en linea, consiste en las deformaciones producidas por las diferentes condiciones de trabajo a las que se enfrentan. Los cilindros exteriores no reciben calor por

uno de sus lados, pero tampoco presentan la misma cantidad de material que se encargue de absorber las tensiones mecánicas y térmicas producidas. Evitar esto obliga a disponer de bancadas suficientemente dimensionadas, y, en ocasiones, carburaciones distintas según la posición.

16.6. Culata

Resulta evidente que las distintas funciones de la culata en los motores de dos y cuatro tiempos implican también distintas averías, lógicamente más complicadas en las culatas de estos últimos. Aun así hay averías comunes, como son las de junta de culata, alojamiento de la bujía y alabeo de la propia culata. Cuando la refrigeración es por aire, la junta de culata defectuosa implica pérdidas de compresión en ambos tipos de motores, acompañadas de fugas de aceite en las culatas de cuatro tiempos. Cuando la refrigeración es líquida, la junta de culata quemada o defectuosa implica fugas de compresión al circuito de refrigeración y la entrada del líquido a la cámara de compresión. También puede ocurrir que el aceite se pase al deva o viceversa. En ambos tipos de motores, la causa de esta avería suele ser un apriete incorrecto o un calentamiento anormal y excesivo.

Estas mismas razones pueden conducir al alabeo de la culata, avería que consiste en su deformación y la pérdida de planificado de la superficie que apoya en el cilindro. Cuando es muy leve, se puede solucionar con el rectificado de este plano y la colocación de una junta de mayor espesor. El método para determinar el alabeo es independiente del ciclo del motor, y consiste en apoyar sobre el plano de la culata una regla R y medir la posible luz entre ellas con una galga de espesores G. La Fig. 2.184 representa perfectamente el modo de hacerlo y, por medio de unas líneas superpuestas al dibujo, las direcciones D en que debe hacerse la comprobación. Una vez más, los datos ofrecidos por el fabricante deben ser seguidos escrupulosamente, pues planificar una culata excesivamente alabeada supondrá eliminar demasiado material, quedando debilitada e inservible.

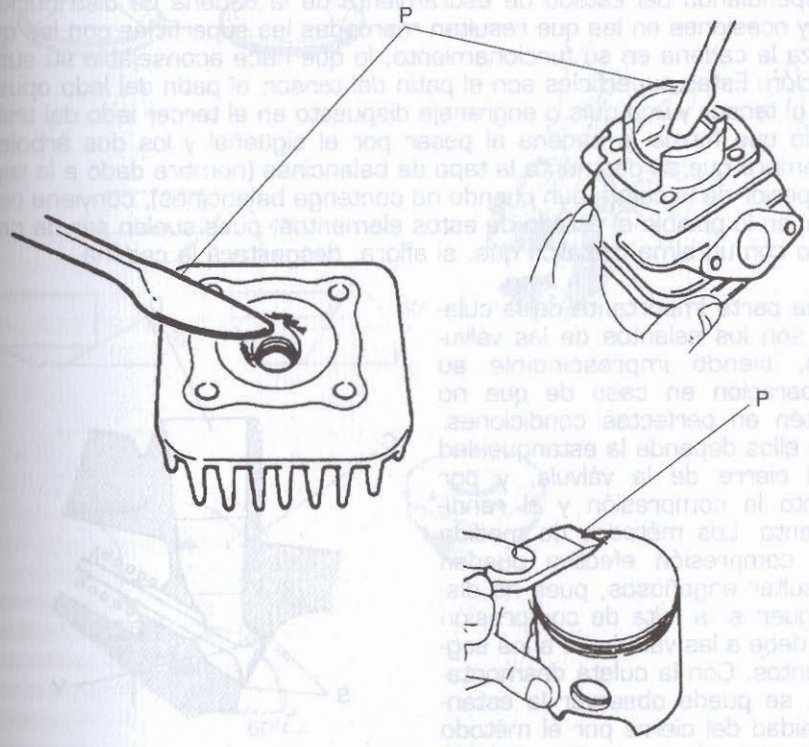


2.184. Comprobación del planificado de una culata.

La avería que supone la destrucción de la rosca que aloja a la bujía se resuelve de tres posibles maneras. Existen casquillos roscados interior

y exteriormente que se instalan en el orificio averiado. Para ello se agranda el orificio y se mecaniza una nueva rosca en la que se aloja el casquillo que a su vez alojará a la bujía. En otras ocasiones, el casquillo se instala por interferencia, calentando la culata y enfriando el casquillo. El tercer método es la instalación de un helicoil, sistema ya mencionado en la reparación de la rosca del tornillo de vaciado de aceite del cárter. Lo mejor para evitar problemas con el alojamiento de la bujía es impregnar la rosca con grasa consistente cada vez que se monten, y apretar al par especificado.

La combustión del aceite de engrase, asociada a los motores de dos tiempos, provoca depósitos de carbonilla en la culata, en la cabeza del pistón y en la lumbrera de escape, su conducto posterior y su tubo y silencioso. Para eliminarla se debe utilizar un punzón rascador P de metal muy blando (cobre por ejemplo) o de plástico, evitando producir ralladuras (Fig. 2.185). Una correcta dosificación del aceite y la utilización de un lubricante de buena calidad, son las dos precauciones que



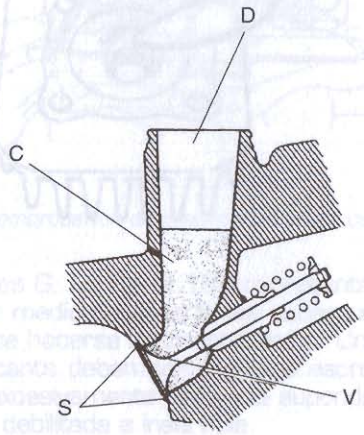
2.185. Eliminación de los residuos carbonosos en un motor de dos tiempos.

alargan los periodos de mantenimiento. También se deposita carbonilla en las culatas de cuatro tiempos, pero es menos habitual, y sólo a causa de una avería en la estanqueidad de las guías de las válvulas o de los segmentos, para que haya presencia de aceite en la cámara de combustión. También es típico de motores de dos tiempos muy apretados, el desprendimiento de pequeñas partículas de la culata, debido a detonaciones indeseadas. El motivo es el explicado en el caso del pistón, y ello se evita mediante el uso de gasolina de octanaje adecuado, compresión correcta y encendido en su punto. También puede ser causada por un sobrecalentamiento.

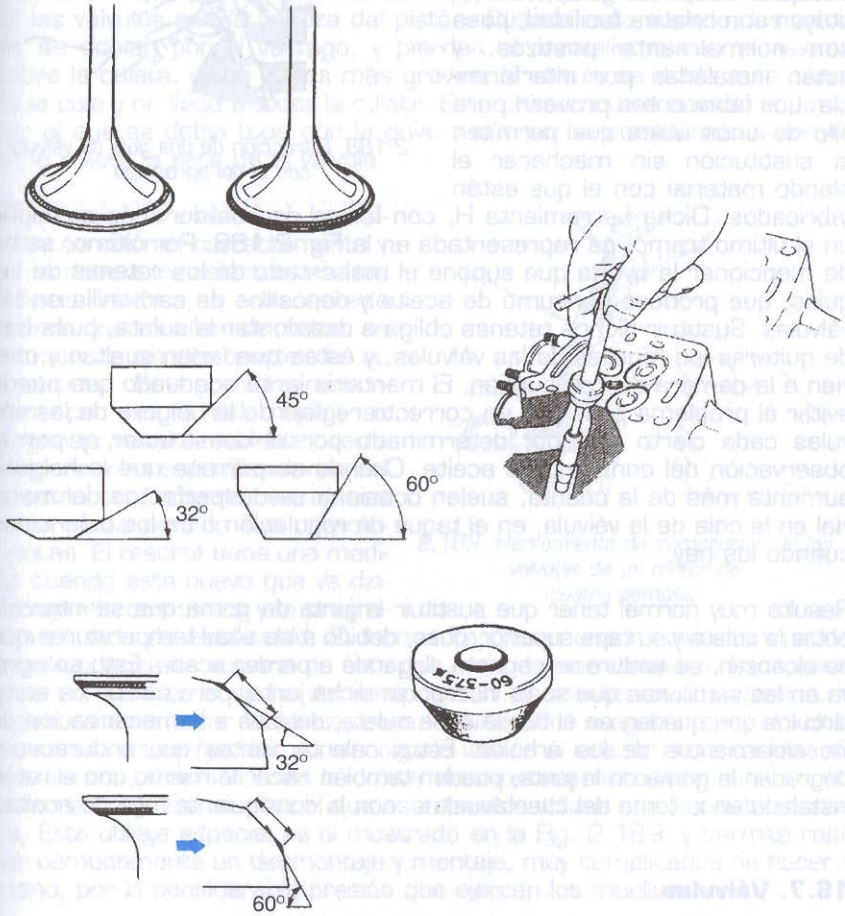
Los árboles de levas de los motores de cuatro tiempos, normalmente descansan sobre apoyos que son parte integrante de la culata. Es especialmente importante resguardar estos apoyos, así como evitar el intercambio de sus elementos, pues el mecanizado conjunto impide su sustitución. En muchos casos, no se instalan casquillos, lo que en caso de avería o desgaste excesivo obliga a sustituir la culata completa.

Dependiendo del estado de estiramiento de la cadena de distribución, hay ocasiones en las que resultan marcadas las superficies con las que roza la cadena en su funcionamiento, lo que hace aconsejable su sustitución. Estas superficies son el patín del tensor, el patín del lado opuesto al tensor y una guía o engranaje dispuesto en el tercer lado del triángulo que forma la cadena al pasar por el cigüeñal y los dos árboles. Siempre que se desmonta la tapa de balancines (nombre dado a la tapa superior de la culata aun cuando no contenga balancines), conviene revisar en lo posible el estado de estos elementos, pues suelen ser de caucho con un alma metálica que, si aflora, desgastará la cadena.

Una parte importante de la culata son los asientos de las válvulas, siendo imprescindible su reparación en caso de que no estén en perfectas condiciones. De ellos depende la estanqueidad del cierre de la válvula, y por tanto la compresión y el rendimiento. Los métodos de medida de compresión efectiva pueden resultar engañosos, pues no distinguen si la falta de compresión se debe a las válvulas o a los segmentos. Con la culata desmontada, se puede observar la estanqueidad del cierre por el método representado en la Fig. 2.186, en la que se ha llenado de combustible C el conducto D que desemboca en una válvula V, y si ésta no cierra bien, aparecerán goteos de líquido por el asiento S. Un asiento en buen estado debe tener una anchura exacta, un ángulo apropiado, y no presentar zonas con brillos y zonas mates, sino un color uniforme. Cuando no se cumple esto último, se deben esmerilar las válvulas, proceso que consiste en hacerlas girar en su asiento, habiéndolas impregnado previamente de una pasta abrasiva. El proceso se detiene cuando se observa una superficie homogénea. Cuando el problema se debe al ángulo del asiento, se utilizan fresas con tres ángulos de ataque distintos como las representadas en la Fig. 2.187, con las que se procede de la siguiente manera. Se rectifica primero con la fresa de 32 grados,



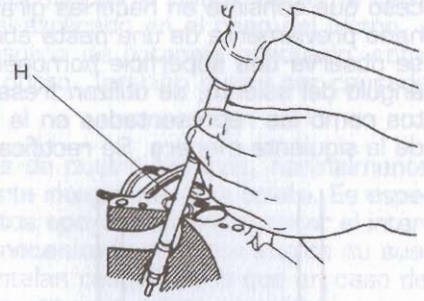
2.186. Método para averiguar el sellado correcto de un válvula contra su asiento.



2.187. Fresas y lugares donde deben aplicarse para la realización de los asientos de las válvulas.

y después con la de 60 grados, con lo que se acondicionan los alrededores del asiento. Es el momento de utilizar la fresa de 45 grados, e insistir hasta obtener la anchura de asiento necesario. Con este sistema se consigue también ubicar el asiento a la altura deseada.

En la precisión del asiento influye de manera decisiva el buen estado de las guías, cuyo desgaste produce consumo de aceite y descentramiento de la propia válvula. Cuando se desgastan por cualquier causa las guías, se sustituyen con relativa facilidad, pues son normalmente postizas, y están instaladas por interferencia. Los fabricantes proveen para ello de unos útiles que permiten la sustitución sin machacar el blando material con el que están fabricados. Dicha herramienta H, con forma de botador más estrecho en el último tramo, es representada en la Fig. 2.188. Por último, se ha de mencionar la avería que supone el mal estado de los retenes de las guías, que produce consumo de aceite y depósitos de carbonilla en las válvulas. Sustituir dichos retenes obliga a desmontar la culata, pues han de quitarse los muelles de las válvulas, y éstas quedarían sueltas y caerían a la cámara de combustión. El mantenimiento adecuado que puede evitar el problema pasa por un correcto reglaje de la holgura de las válvulas cada cierto periodo, determinado por el constructor, y por la observación del consumo de aceite. Cuando se permite que la holgura aumente más de la cuenta, suelen ocasionarse desperfectos del material en la cola de la válvula, en el taqué de regulación o en los balancines cuando los hay.



2.188. Extracción de una guía de válvula con el útil apropiado.

Resulta muy normal tener que sustituir la junta de goma que se intercala entre la culata y su tapa superior, pues, debido a las altas temperaturas que se alcanzan, se endurece y agrieta, llegando a perder aceite. Esto se agrava en las semilunas que suele incorporar dicha junta, para cerrar los semicírculos que quedan en el borde de la culata, debidos a la mecanización de los alojamientos de los árboles. Estos calentamientos que endurecen y degradan la goma de la junta, pueden también hacer lo mismo con el retén instalado en la toma del cuentavueltas, con la consiguiente fuga de aceite.

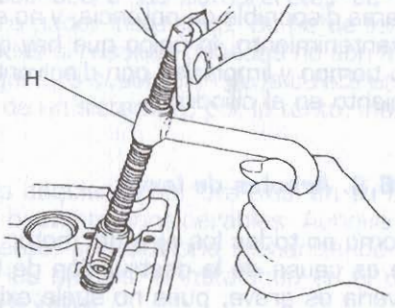
16.7. Válvulas

Cuando no se realiza el control de la holgura de válvulas que indica el fabricante, además de la avería ya explicada por una holgura excesiva,

hay otra debida a lo contrario. Si la holgura es menor a la precisa, la válvula se queda pisada en caliente, pues la dilatación es mayor que la holgura existente, y esto supone que no se llega a cerrar por completo, sufriendo tanto ella como el asiento la combustión de la mezcla en la cámara de combustión, algo para lo que únicamente está preparada una zona de la cabeza. Además, al no apoyarse en el asiento, la onda expansiva llega a arrancar material de la periferia, perdiendo poco a poco la válvula diámetro, hasta ser incapaz de cerrar mínimamente. Ello se conoce como "quemado de la válvula", y obliga a la sustitución tanto de ella como de su asiento.

Otra avería que provoca un mal asiento, es la producida por la colisión de las válvulas con la cabeza del pistón. Cuando esto sucede, las válvulas se doblan por el vástago, y pierden el paralelismo con el asiento sobre la culata, o, en casos más graves, la válvula se dobla más cerca de la cola y no llega a tocar la culata. Esto último ocurre cuando el punto por el que se dobla topa con la guía, y aún no ha comenzado a apoyar en la culata la seta de la válvula.

Hay ocasiones en las que las válvulas no cierran correctamente y no se debe a los asientos, ni a las propias válvulas, y ello sucede cuando los muelles de éstas se rompen o pierden parte de su elasticidad. Si el problema sobreviene por rotura del muelle, su diagnosis resulta evidente, remitiéndose a las especificaciones del constructor cuando se desea saber si ha perdido sus características. El resorte tiene una medida cuando está nuevo que va disminuyendo con el uso y la progresiva pérdida de elasticidad. El fabricante ofrece una medida mínima del muelle o límite de servicio de éste que, cuando se sobrepasa, hace necesario su cambio. Si se ha de manipular en los muelles de las válvulas, lo lógico es desmontar la culata, pues resulta difícil asegurar que, al soltar las semilunas de fijación, no se caiga la válvula al interior de la cámara de combustión. Además, con la culata desmontada se puede usar un útil compresor de los muelles H que es imposible utilizar con la culata montada. Este utillaje especial es el mostrado en la Fig. 2.189, y permite realizar cómodamente un desmontaje y montaje, muy complicados de hacer a mano, por la considerable presión que ejercen los muelles.

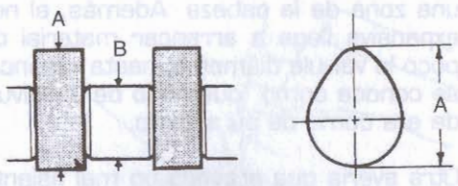


2.189. Herramienta de compresión de las válvulas de un motor de cuatro tiempos.

Existen otros modelos en el mercado con unas garras que sujetan el muelle por sus espiras inferiores, permitiendo el desmontaje de los mis-

mos sin levantar culata. Ello los hace muy útiles en caso de sustitución de los retenes de válvula, al detectarse un consumo de aceite a través de los mismos. Es imperativo, eso sí, situar el pistón correspondiente en el PMS, para evitar que la válvula caiga al interior del cilindro.

En motores de dos tiempos, la caja de láminas y el disco de la válvula rotativa tienen un mantenimiento que consiste simplemente en la inspección ocular preventiva de una rotura. En el caso de las válvulas de escape, es mas que habitual tener que proceder a la eliminación de la carbonilla que tiende a depositarse en ellas, si se utiliza el motor en regímenes bajos y con la válvula cerrada. Esto, que no supone problema en motos de competición, sí lo es en motos utilizadas a diario y por la calle. Las características del tráfico y las carreteras imponen el uso de toda la gama disponible de potencia, y no sólo de los regímenes máximos. Como mantenimiento, lo único que hay que hacer es desmontarlas cada cierto tiempo y limpiarlas con disolvente, descarbonillando también su alojamiento en el cilindro.

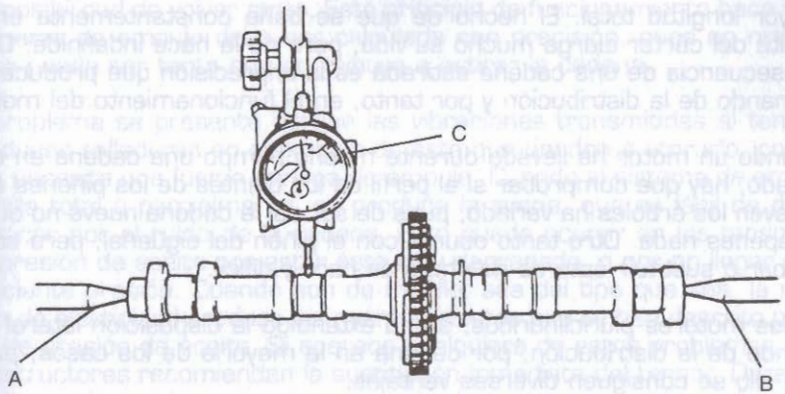


2.190. Lugares donde deben medirse los desgastes de los árboles de levas.

16.8. Árboles de levas

Como en todos los ejes del motor que giran, la falta de presión de aceite es causa de la destrucción de los apoyos y del eje. En este caso, la avería es grave, pues no suele existir la posibilidad de sustituir los casquillos, aunque algún motor sí dispone de ellos. Además, presenta la dificultad de ser el último eslabón del circuito de engrase, con lo que se pierde presión si algún cojinete del circuito está defectuoso, o si además falta nivel de aceite o presión en el circuito por fallo de la bomba.

En las tablas de datos facilitadas por el fabricante, están reflejados los valores de desgaste máximo admisible en los apoyos de los árboles y, lo que supone otra posible avería, el desgaste máximo admisible en el perfil de las levas del árbol. Las mediciones a efectuar para conocer el estado de apoyos y levas se realizan en los puntos A y B indicados en la Fig. 2.190, y deben utilizarse comparadores muy precisos. Las levas suelen verse desgastadas por el roce directo con el sistema de accionamiento de la válvula cuando desaparece la película de aceite entre ambos. También es necesario medir el posible alabeo de los árboles, tolerable en muy pequeños márgenes, y que se determina mediante un comparador C y con el árbol apoyado sobre puntos fijos A y B (Fig. 2.191).



2.191. Comprobación del alabeo de un árbol de levas.

Resulta muy utilizado por todos los constructores el anclaje de la tapa de culata mediante tornillos roscados sobre los sombreretes de los árboles, y que son desmontables para poder instalarlos. Se ha de tener especial cuidado con estas roscas, pues si resultan dañadas no son fáciles de reparar, y pueden llegar a obligar a la sustitución de la culata entera. No debe olvidarse que son parte de un sistema y, por lo tanto, insustituibles.

Hay ocasiones en las que los árboles adquieren holgura axial en su alojamiento, provocando con ello ruidos bastante considerables. Aunque no suele resultar peligroso mecánicamente, se soluciona mecanizando un alojamiento entre el árbol y uno de los apoyos, e instalando en él una arandela calibrada que deje la holgura justa.

16.9. Cadena de distribución

La función que realiza hace que su eventual rotura tenga siempre consecuencias graves en la integridad de las válvulas y los pistones. Un cuidadoso estudio de su estado, siempre que se desmonta la tapa de la culata, puede evitar que se rompa durante el funcionamiento. El fabricante especifica la longitud máxima que puede existir entre dos puntos separados por un número determinado de eslabones. Cuando la medida obtenida excede del límite de servicio, no debe dudarse en sustituirla. Dicha operación no resulta barata ni sencilla, pero esperar a que la cadena se rompa y repararla después, es siempre mucho más caro y complicado. El motivo de este mantenimiento es que la cadena va estirándose a medida que se desgasta por el uso, y llega un momento en el que el tensor ya no actúa y la cadena se queda floja. Los rodillos que la componen van aumentando sus holguras y esto se traduce en una

mayor longitud total. El hecho de que se bañe constantemente en el aceite del cárter alarga mucho su vida, pero no la hace indefinida. Otra consecuencia de una cadena estirada es la imprecisión que produce en el mando de la distribución y por tanto, en el funcionamiento del motor.

Cuando un motor ha llevado durante mucho tiempo una cadena en mal estado, hay que comprobar si el perfil de los dientes de los piñones que mueven los árboles ha variado, pues de ser así la cadena nueva no durará apenas nada. Otro tanto ocurre con el piñón del cigüeñal, pero comprobar o sustituir éste es mucho más caro y difícil.

En los motores pluricilíndricos, se ha extendido la disposición lateral del mando de la distribución, por cadena en la mayoría de los casos, pues con ello se consiguen diversas ventajas.

Por una parte se disminuye la anchura del motor, mejorándose su compacidad, ya que el margen de distancia a la que se ha de situar la cadena de los cilindros, sólo se ha de guardar en un caso, mientras que la disposición central obligaba a duplicar dicha distancia, al estar ubicada entre dos cilindros.

Por otro lado, los conductos de admisión y escape pueden realizarse con longitudes similares y sin curvaturas, dado que, en el caso de los cilindros centrales, ya no hay que sortear el alojamiento de la cadena. Ello redunda en una mejora de la regularidad de giro, así como en un mejor equilibrio en la distribución de la temperatura entre los cilindros, al realizarse la renovación de la carga en circunstancias similares. No obstante, los cilindros centrales siempre trabajan a una temperatura ligeramente superior a la de los extremos.

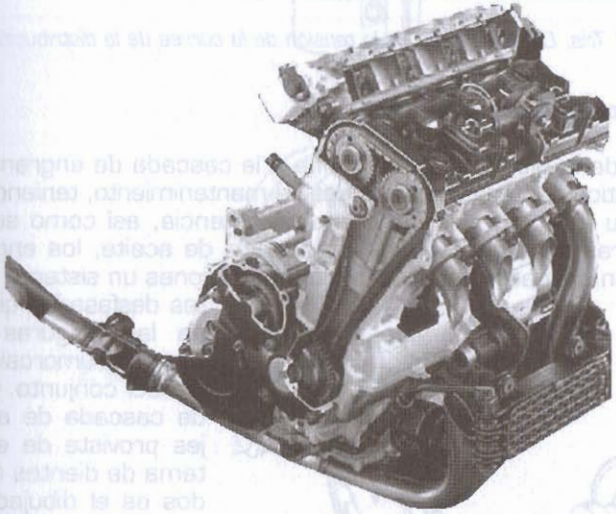
Asimismo, el mantenimiento se simplifica, puesto que la sustitución de la cadena se puede llevar a cabo con mayor facilidad, y por tanto con mayores garantías, permitiéndose emplear conjuntos cerrados durante su proceso de fabricación, pudiéndose optar también por la posibilidad de sustituir los engranajes de mando, para así aumentar la duración de la nueva cadena, al igual que se hace con los kits de arrastre de las transmisiones secundarias por cadena.

Por último, conviene sustituir el tensor siempre que se cambie la cadena de distribución, pues doblar su vida útil parece muy arriesgado.

· ***Tensor de la cadena de distribución***

La misión que cumple el tensor hace que su mal funcionamiento ponga en peligro la integridad de la cadena y, como consecuencia, del motor completo. El método de empuje que se instale no influye en el principio común de los tensores —ir alargándose conforme se estira la cadena— sin posibilidad de volver atrás. Este principio de funcionamiento hace que la fuerza de empuje deba ser calculada con precisión, pues en ningún caso puede ser tanta que contribuya a estirar la cadena.

El problema se presenta porque las vibraciones transmitidas al tensor producen ralladuras en el émbolo de éste que tienden a atorarlo, por lo que necesita una fuerza mínima de empuje. Cuando el sistema de empuje falla total o parcialmente, se produce la avería, que es fácil de diagnosticar por el ruido de la cadena. Esto puede ocurrir en los tensores de presión de aceite por estar éste muy degradado, o por no llegar con suficiente presión. Cuando son de muelle, sea del tipo que sea, la pérdida de elasticidad produce los mismos efectos que se han descrito para los de presión de aceite. Si aparece cualquiera de estos problemas, los constructores recomiendan la sustitución inmediata del tensor. Durante las operaciones de mantenimiento debería revisarse siempre, eliminando las ralladuras del émbolo y observando la presión del muelle o la buena estanqueidad del sistema si funciona con aceite.

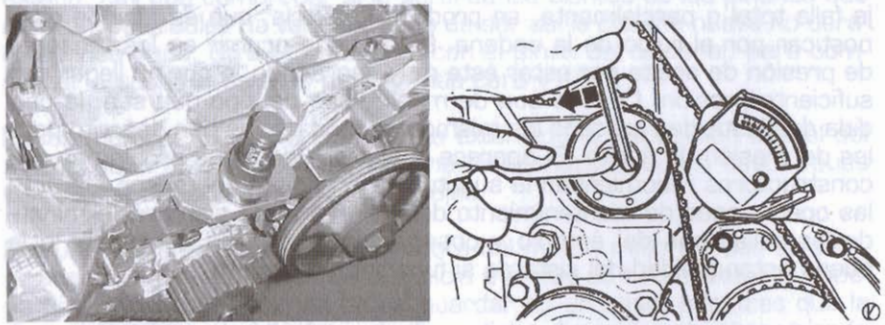


2.191 Bis. Motor Suzuki con distribución por cadena ubicada en un lateral.

16.10. Correa de distribución

Cuando se dispone la correa de distribución para el mando de ésta, se deben acortar los periodos de mantenimiento, o al menos su vida útil. La rotura de la correa produce los mismos destrozos que se han descrito en la cadena de distribución.

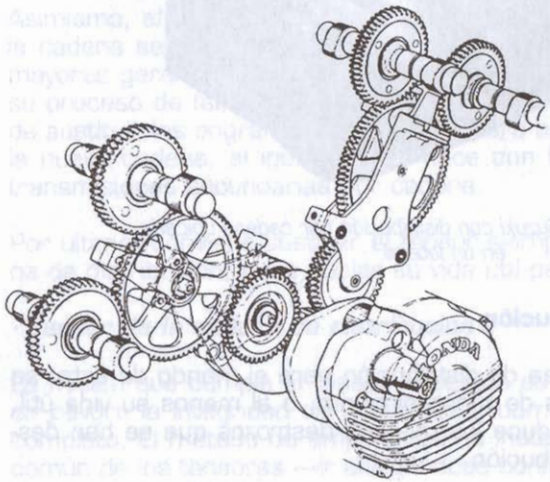
El material del que está fabricada hace que se deba sustituir más frecuentemente que la cadena, pero a cambio es más silenciosa y más precisa durante el final de su vida útil, pues no se estira. Lo que sí sufre es desgaste, y para ello. se suele instalar un tensor que, en ocasiones, no es automático sino fijo, y se regula en las operaciones de mantenimiento.



2.191 Tris. Comprobación de la tensión de la correa de la distribución.

16.11. Cascada de engranajes

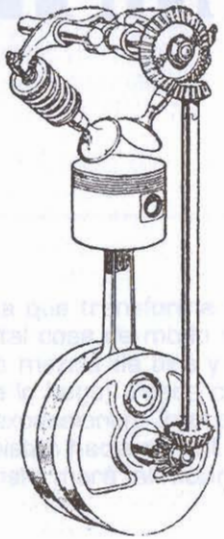
Si el mando de la distribución se confía a la cascada de engranajes, se eliminan prácticamente las operaciones de mantenimiento, teniendo como desventaja su mayor precio y pérdida de potencia, así como su mayor ruido. Mientras haya una pequeña presencia de aceite, los engranajes apenas sufren desgaste, incorporando en ocasiones un sistema de dientes desfasados que elimina las holguras y, por tanto, la rumorosidad propia del conjunto. Ejemplo de cascada de engranajes provista de este sistema de dientes desfasados es el dibujado en la Fig. 2.192, que corresponde a un motor tetracilíndrico en uve y doble árbol en cabeza.



2.192. Sistema de distribución por cascada de engranajes.

16.12. Árbol rey y grupo cónico

En los motores que incorporan este tipo de mando de la distribución, las precauciones y características propias del sistema son prácticamente iguales a las expuestas en el apartado de la cascada de engranajes. En este caso, el buen ajuste y funcionamiento silencioso de los dos grupos cónicos se regula en el montaje mediante arandelas separadoras que proporcionan un mayor o menor ataque de los engranajes. El mantenimiento se reduce por tanto a preservar la cantidad y calidad del aceite mediante revisiones frecuentes y sustituciones periódicas.



2.192 Bis. Mando de distribución por árbol o eje rey.

La refrigeración

1. GENERALIDADES

Un motor es una máquina que transforma energía química en energía mecánica. Pero no hace tal cosa de modo directo, sino por intermedio de la energía calorífica: la mezcla de aire y combustible arde o explota (según la rapidez con que lo haga) y cede calor, que a su vez hará que los gases quemados se expansionen, lo cual provoca su dilatación y el consiguiente empuje del pistón hacia el PMI. Finalmente, un conjunto de elementos adecuado, transformará tal movimiento en el de la rueda propulsora de la motocicleta.

Desde un plano puramente teórico, es beneficioso el que el motor se encuentre todo lo caliente que se pueda durante su funcionamiento, pues las pérdidas caloríficas son proporcionales a la diferencia de temperatura entre un foco caliente y otro frío. Si se busca que el calor desarrollado al arder la mezcla se convierta en su mayor proporción en energía mecánica en el cigüeñal, será importante evitar en lo posible las pérdidas de éste.

Esto, en la práctica, es difícilmente realizable. Si los elementos de la culata, el pistón y la zona superior del cilindro se encontrasen a temperaturas próximas a las del frente de llama —unos 2.000º C— ello conduciría a su inmediata destrucción por simple fusión. Actualmente, para evitar este problema, se están ensayando materiales denominados "compuestos" que tratan de mezclar los componentes cerámicos con los metálicos, y que se intentarán utilizar en la fabricación de esas piezas para elevar el rendimiento de los motores, al permitir elevar la tem-

peratura de funcionamiento de las mismas y reducir por tanto las pérdidas ya citadas. Por otro lado, en los motores de gasolina, aparecen problemas relativos a la naturaleza del proceso de la explosión, que tienen que ver con la detonación, y que añaden un inconveniente más. No es así en los motores de ciclo Diesel, donde tal fenómeno aparece preferentemente a temperaturas bajas.

Se ve por tanto que resulta imprescindible contar con un sistema adecuado de regulación de la temperatura del motor. Éste se suele llamar comúnmente "sistema de refrigeración", aunque en los sistemas más elaborados no sólo consistiría en la refrigeración en sí, sino que se trataría más bien de mantener dicho parámetro en una estrecha banda, durante el funcionamiento ordinario. Por abajo, se impediría que el rendimiento cayese en exceso, al funcionar el motor sobreenfriado, y por arriba, trataría de que no se destruyese ningún elemento interno del mismo, por causa de un sobrecalentamiento.

Por añadidura, el incesante incremento de potencia en los motores de los últimos años, da lugar a un aumento de la cantidad de calor que se transfiere al sistema de refrigeración, y a la inevitable elevación de sus dimensiones y masa. En los motores de motocicleta se utilizan dos tipos fundamentales de sistemas: por agua y por aire. Además, no hay que olvidar el efecto refrigerante del circuito de lubricación, especialmente en motores de cuatro tiempos, los cuales, en muchos casos, disponen de radiadores de aceite o intercambiadores de calor agua - aceite, tal y como se observará seguidamente. La efectividad del circuito de refrigeración depende del caudal de líquido que circule por el mismo y de la capacidad de disipación de calor del radiador, medida en cantidad de calor disipado por unidad de superficie. El sistema de refrigeración por aire se caracteriza por la uniformidad de las temperaturas en las paredes de los cilindros y culatas, tanto en dirección radial como a lo largo de la altura, así como por lo contenido en cuanto a dimensiones y peso. Este último suele usarse con frecuencia en motores pequeños, por lo general de dos tiempos. Se debe tener en cuenta, que en este tipo de motores, la refrigeración resulta ser mucho más crítica, por cuanto realizan doble número de ciclos por minuto que el equivalente de cuatro tiempos. Ello es la causa de que, vistos dos motores uno al lado de otro —el primero de dos tiempos y el segundo de cuatro— resulte mucho más grande el aleteado del primero, a igualdad de cilindrada.

Como se ha dicho, con ayuda del sistema de refrigeración se mantiene estable la temperatura del motor en toda la banda de regímenes de carga y velocidad, y se asegura la temperatura más adecuada, con lo cual se logran los índices económicos y energéticos óptimos. La mayoría de los motores actuales de motocicleta utilizan la refrigeración por agua, salvo en los modelos más económicos o de potencia específica menor. Los principales parámetros del conjunto se eligen de tal manera que se asegure la

termodisipación requerida cuando el vehículo se mueve con la mayor relación de transmisión a baja velocidad —sobre 15 Km/h— y elevada temperatura —unos 40º de temperatura ambiental—. Para el resto de condiciones de funcionamiento, la superficie de disipación de calor y, si procede, el suministro del ventilador resultan excesivos. Por eso, en los sistemas de refrigeración, se prevén mecanismos especiales que mantienen automáticamente la temperatura del líquido refrigerante en el óptimo nivel requerido.

Existen tres modos de transmisión del calor: conducción, cuando se produce por el contacto directo entre dos sólidos; convección, si es entre un sólido y un fluido, y radiación, si no es por contacto alguno, sino por la emisión directa de ondas caloríficas por parte de un sólido caliente. La forma más usada en el caso de la motocicleta es la convección.

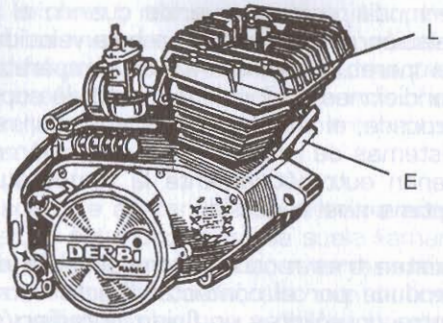
2. REFRIGERACIÓN POR AIRE

A pesar de ser el más sencillo de los sistemas posibles, y, por tanto, el más usado en los inicios de la motocicleta, el principio fundamental en el cual se basa es el mismo que el de cualquier otro sistema. El flujo de calor resulta ser directamente proporcional a tres factores: primero, la diferencia de temperaturas de los medios entre los que se intercambia; segundo, la extensión o área de la superficie de intercambio en sí, y tercero, la conductividad térmica del material empleado. La mayoría de los motores actuales están hechos de aluminio en las partes consideradas, como cilindro, culata y cárteres. Como consecuencia, donde se puede intervenir únicamente es en el aumento de la superficie externa del motor, que, al estar en contacto con el aire de la marcha, constituye la zona de intercambio de calor de éste con el medio fluido que lo rodea. Hay que señalar al respecto, que se puede mejorar la refrigeración del motor, aumentando la circulación del aire alrededor del mismo. Asimismo, las aletas van en muchos casos pintadas de negro, lo que facilita, a elevadas temperaturas, la emisión de calor por radiación, como de hecho sucede en las partes más calientes del motor.

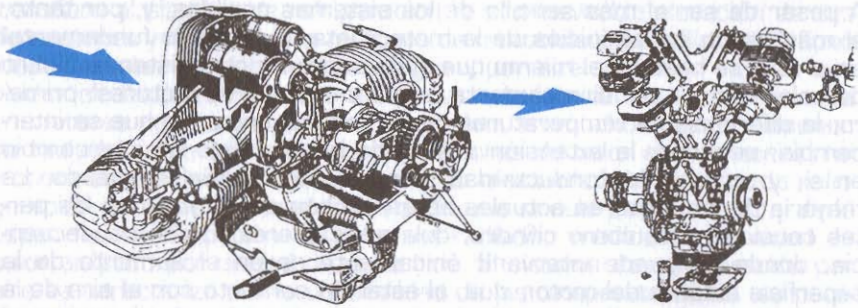
2.1. Motor monocilíndrico refrigerado por aire

En la Fig. 3.1 se puede ver un ejemplo de tal sistema. Las aletas L, se disponen de tal manera, que la corriente de aire con que se cruza la motocicleta fluye entre ellas a la mayor velocidad posible, es decir, sin encontrar franca oposición. La sección más conveniente para una aleta en un plano teórico es la trapezoidal, aunque raramente se adopta por motivos de economía en la construcción. La aleta plana es la más usada

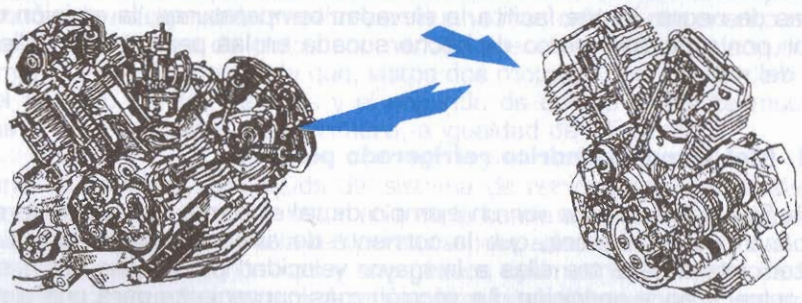
con diferencia. En cuanto a la distancia entre dos aletas consecutivas, suele ser de alrededor de 10 mm, si bien en casos particulares —como pueden ser motos para campo— será mayor para facilitar su limpieza de sustancias tales como el barro, que pueden llegar a taponar el espacio entre dos elementos. Esto no ocurre en lo que se refiere a la longitud idónea —aunque se podría suponer que ésta debería ser lo mayor posible— pues, según se avanza por ella, disminuye su temperatura, al haberse enfriado progresivamente desde su base, por lo que cada vez disipa menos calor. Existe



3.1. Motor Derbi de dos tiempos refrigerado por aire.



3.2. Motor BMW Boxer y Moto Guzzi en V de 90 grados refrigerados por aire, con disposición longitudinal a la marcha.



3.3. Motores Ducati y Moto Morini refrigerados por aire con disposición en V transversal a la marcha.

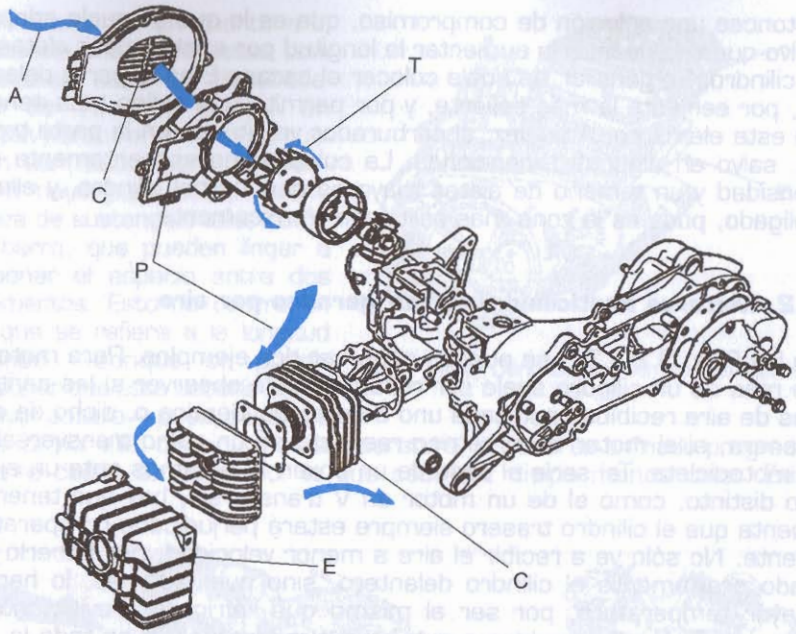
entonces una solución de compromiso, que es la que se suele adoptar, salvo que sea necesario aumentar la longitud por existir pocas aletas en el cilindro. En general, se suele colocar el escape E en la parte delantera, por ser ésta la más caliente, y por permitir una salida más sencilla de este elemento. A su vez, el carburador va situado en la parte trasera, salvo en algunas excepciones. La culata tiene aparentemente una densidad y un tamaño de aletas mayores que los del cilindro, y ello es obligado, pues es la zona más solicitada térmicamente.

2.2. Motores multicilíndricos refrigerados por aire

En las Figs. 3.2 y 3.3 se pueden observar dos ejemplos. Para motores de más de un cilindro suele ser recomendable observar si las cantidades de aire recibidas por cada uno de ellos es idéntica o, dicho de otra manera, si el motor es simétrico respecto de un plano transversal de la motocicleta. Tal sería el caso de un boxer. Si estamos ante un ejemplo distinto, como el de un motor en V transversal, hay que tener en cuenta que el cilindro trasero siempre estará perjudicado comparativamente. No sólo va a recibir el aire a menor velocidad, por haberlo frenado previamente el cilindro delantero, sino que, además, lo hará a mayor temperatura, por ser el mismo que refrigeró previamente al anterior. Todo ello conduce a que haya que favorecerle en todo lo que se pueda, como por ejemplo mediante una carburación más rica, ya que enfría interiormente más al cilindro que otra pobre. También se puede utilizar una bujía más fría que la del cilindro delantero por idéntica razón.

2.3. Métodos especiales de refrigeración por aire

En general, ante cualquier motor refrigerado por aire, hay que adoptar ciertas medidas de precaución, que se ven compensadas por el escaso o nulo mantenimiento que requiere tal sistema y por su robustez y consecuente resistencia ante los duros tratos. La disipación del calor depende exclusivamente del aire de la marcha y, por supuesto, de la temperatura, y no existe ningún medio de apoyo, salvo en casos concretos. Por ello, como primera y más importante medida, y más necesaria cuanto mayor sea la cilindrada, sería evitar el tráfico denso de la ciudad, en especial los atascos, pues puede poner el motor al borde del gripaje por sobrecalentamiento. Si en el peor de los casos ello fuera necesario, habría que evitar dar acelerones en vacío, procurando circular a bajos regímenes en la velocidad más larga posible, tratando de encontrar una vía de circulación libre, donde la velocidad desarrollada enfríe adecuadamente el motor. Ni que decir tiene que no se debe dejar en marcha al ralentí, un motor ya caliente de este tipo más de cinco minutos, especialmente durante el tiempo caluroso. Otra medida adicio-



3.4. Refrigeración forzada por turbina en un scooter Derbi de 50 c.c.

nal muy conveniente para motores de cuatro tiempos, sería la de vigilar estrictamente el nivel del aceite, que en estos casos cumple una función refrigerante esencial, a la vez que, al ir en mayor cantidad, alcanzará menor temperatura y mantendrá por tanto sus propiedades más tiempo. Asimismo, es esencial mantener las aletas lo más limpias que se pueda, especialmente en las motos de campo.

Como se ha observado y es de lógica, cuanto más aire circule alrededor del motor, mayor será el efecto refrigerante. Por lo tanto, cualquier sistema que eleve, por el método que sea, la velocidad del aire, servirá para refrigerar mejor el motor de la motocicleta. A continuación, se ven tres ejemplos típicos al respecto.

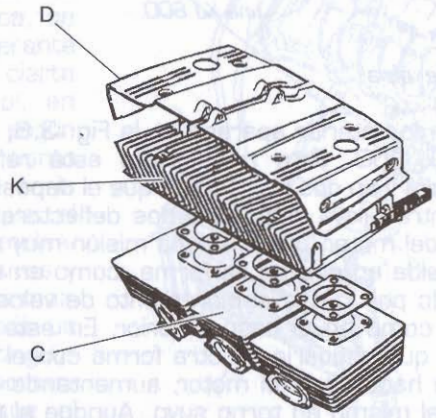
• *Refrigeración forzada por turbina*

En la Fig. 3.4 se observa un caso muy común de motor de refrigeración forzada. Se trata del propulsor de un scooter, empleado para el transporte diario en la ciudad, y que, por razones de limpieza, va totalmente carenado. El hecho de ir cubierto determina la imposibilidad de evacuar el calor que genera con el aire de la marcha, ya que éste no puede alcanzarle en condiciones normales. Esto, unido a que en su uso corriente tendrá que enfrentarse al denso tráfico de las ciudades modernas,

tan perjudicial para la refrigeración, y al tratarse además de un motor de dos tiempos, obliga a emplear esta ayuda. Se trata, simplemente, de una turbina T propulsada por el mismo eje del cigüeñal, y que, tomando el aire A por su centro C, lo impulsa hacia la periferia P de donde sale a elevada velocidad pasando por la carcasa envolvente E directamente a enfriar el cilindro C. Este método resulta ideal, puesto que además proporciona un caudal aproximadamente proporcional al régimen de giro, que, a su vez, lo suele ser a la cantidad de calor que necesita ser evacuado. Tampoco presenta problema alguno el tenerlo al ralentí durante periodos largos de tiempo. Constituye una solución óptima por su eficiente funcionamiento y robustez a toda prueba, aunque limita la capacidad de refrigeración, al máximo caudal suministrado por la turbina.

• *Ram Air System*

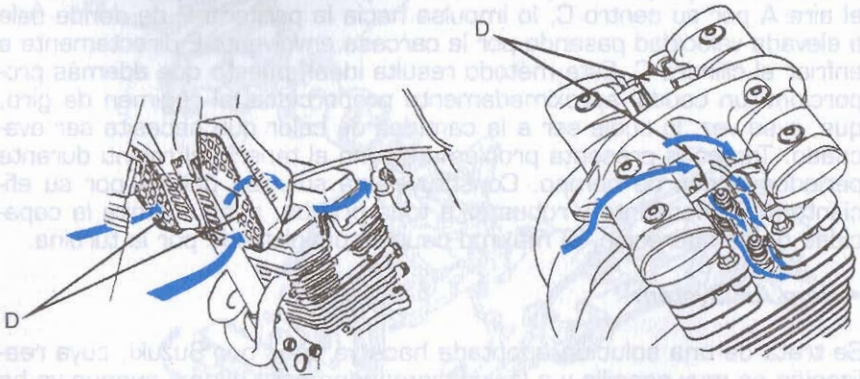
Se trata de una solución adoptada hace ya años por Suzuki, cuya realización es muy sencilla y a la vez tremendamente eficaz, aunque ya ha caido en desuso. En un motor tricilíndrico de dos tiempos y alto ren-



3.5. Sistema Ram Air de Suzuki en un modelo de dos tiempos y 380 c.c.

dimiento, con los cilindros C cubiertos por una culata múltiple K, se coloca una chapa o carcasa directora D para hacer más efectiva la refrigeración de la anterior. En realidad, se trata de una pieza trapezoidal que, en su parte más alta, recoge un flujo grande de aire, muy superior al que pasaría normalmente por la sección transversal de la culata, y le obliga a atravesar la sección final de la misma, a una velocidad mayor que la de la marcha. Esto es así, porque la cantidad de aire que entra por la boca ancha, ha de ser igual a la que sale por la estrecha, y, al ser la sección de la última menor, se comprende que la velocidad de salida ha de crecer respecto de la de entrada. Además, es en esta zona más solicitada térmicamente donde el motor

se puede beneficiar mejor de la refrigeración adicional que esto supone.



3.6. Deflectores de aire para aumentar la refrigeración en una Yamaha XT 350 c.c y una XJ 600.

• ***Deflectores de aire***

Una variación de lo anterior aparece en la Fig. 3.6, que corresponde a una Yamaha XT 350. Esta motocicleta está refrigerada por aire. Anclados al chasis, y en dos hendiduras que el depósito de gasolina tiene en su parte central, lleva colocados dos deflectores D que, aunque a cierta distancia del motor, cumplen una misión muy similar a la ya vista. La diferencia reside en que no se forma, como en el caso anterior, un conducto cerrado por lo que el incremento de velocidad del aire no es tan significativo como en el caso anterior. En este caso, se consigue canalizar el aire que chocaría de otra forma con el depósito, para que se una al que lo hace hacia el motor, aumentando de este modo también el caudal del mismo en torno suyo. Aunque el rendimiento del dispositivo no es comparable al del Ram-Air, sigue cumpliendo su misión satisfactoriamente. Un sistema con el mismo fin se puede observar sobre la culata de una Yamaha Diversion en la misma figura, con una arquitectura especial para obligar a incidir al aire sobre las zonas más escondidas de la culata.

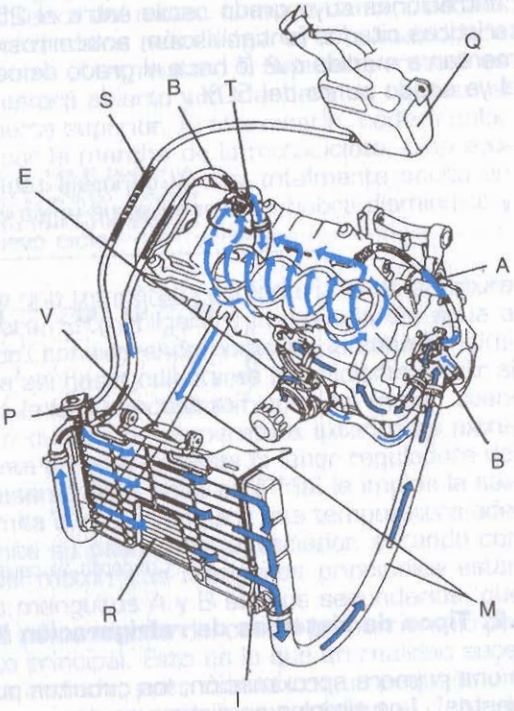
3. REFRIGERACIÓN LÍQUIDA

Este tipo de refrigeración ha demostrado ser el más eficaz en cuanto a fiabilidad en la regulación de las temperaturas de funcionamiento del motor. No obstante, introduce cierto grado de complicación en el mantenimiento y la resolución de las posibles averías, aunque en la práctica

resulte imprescindible para los motores de las motocicletas de altas prestaciones, que actualmente constituyen gran parte del parque total. Para hablar con propiedad, todos los motores están en último término refrigerados por el aire del entorno físico que los rodea. No obstante, la denominación de "refrigeración líquida o por agua" se refiere al uso de un líquido intermediario, entre el motor propiamente dicho o foco caliente, y dicha atmósfera circundante o foco frío.

3.1. Mezclas anticongelantes

El agua permite un transporte rápido, y a la vez poco engorroso del calor, por tener un calor específico elevado, es decir, se requiere poca cantidad de agua para evacuar gran cantidad de calor. En la práctica, se utiliza como refrigerante una mezcla con cierta cantidad de alcohol, en proporción variable, según el clima. Esto trae como consecuencia una serie de ventajas, ya que el tipo de alcoholes empleados son anticorrosivos y antioxidantes. A esta mezcla se le suele añadir un colorante para distinguirla del agua. Es importante señalar aquí que el uso de los anticongelantes tiene como ventaja fundamental el hecho de que rebaja el punto de congelación y eleva el de ebullición, es decir, una mezcla de este tipo se congela a temperaturas menores de 0ºC y a la vez hierve a más de 100ºC. Se consiguen así dos de las características que ha de poseer todo líquido refrigerante; la capacidad anticongelante y la capacidad antiebullición. Ésta última es necesaria para evitar el fenómeno de la "cavitación", que consiste en la corrosión que se genera en el interior del motor, por efecto del ataque originado por las burbujas de aire que se crean al hervir el líquido. Otra característica fundamental es



3.7. Sistema de refrigeración por agua en una Honda de cuatro tiempos.

la capacidad anticorrosiva, especialmente con la masiva utilización de las aleaciones ligeras, a base de aluminio, en la fabricación de bloques y culatas, que precisan de compuestos especiales que eviten su prematura corrosión. Se han de utilizar por tanto líquidos refrigerantes especialmente indicados para su empleo sobre aluminio. El principal componente de los líquidos refrigerantes es el glicol, o su derivado el etilenglicol. Hoy en día se prescinde del empleo de aminas y fosfatos en su composición, ante todo por motivos ecológicos. Hay que destacar que la concentración de refrigerante puro con agua destilada (ya que no hay que mezclar con agua corriente) no ha de superar el 50%, ya que a partir de dicho punto, el líquido pierde propiedades. Lo normal es usar concentraciones cuyo grado oscile entre el 25 y el 50%. Todas las características citadas (antiebullición, anticorrosión y anticongelante) se incrementan a medida que lo hace el grado de concentración del líquido hasta el ya citado punto del 50%.

3.7 Bis. Concepto de cavitación.

3.2. Tipos de sistemas de refrigeración líquida

En una primera aproximación, los circuitos pueden ser "simples" o "compuestos". Los simples se distinguen por carecer de termostato y, por lo tanto, de regulación: se utilizan en pequeños motores de construcción muy sencilla, y en aquellos otros que, por su uso, van a necesitar de la capacidad refrigerante del sistema en todo momento, como por ejemplo, en pequeñas motos de cross o enduro. Los circuitos compuestos cuentan con este elemento para dividir en dos subcircuitos, principal y secundario, que son los que regulan la temperatura. Además, pueden establecerse otras clasificaciones. Según el tipo de impulsión del fluido, pueden ser de termosifón —si lo que lo mueve son las diferencias de densidades causadas por las diferencias de temperaturas, que se usa una vez más en casos muy simples— o de circulación forzada, mediante

bomba, que es lo corriente. Todos ellos cuentan con el imprescindible radiador, que en los casos más elaborados, se verá apoyado en su trabajo por un pequeño electroventilador de mando eléctrico termostático.

3.3. Disposición y funcionamiento de un sistema real

Los elementos de un sistema moderno de refrigeración líquida son los que aparecen en la Fig. 3.7. Como se ve, el agua sale del radiador R a baja temperatura (dependiendo de las condiciones, alrededor de 60ºC) y se dirige a la bomba centrífuga B, donde es impulsada por ésta a entrar velozmente al circuito interior del motor. Una vez dentro, asciende rodeando los cilindros, y enfriándolos hasta llegar a la culata, donde completa su recorrido y encuentra el termostato T. Si la temperatura es suficiente (sobre 85ºC), éste estará abierto y lo mandará de regreso al radiador R, entrando por su parte superior. Al atravesarlo, cederá calor al aire que incide en él bien, por la marcha de la motocicleta, bien ayudado por la acción del ventilador eléctrico V, casi totalmente oculto en la figura. Por lo tanto, cuando salga su temperatura habrá disminuido y estará listo para iniciar un nuevo ciclo.

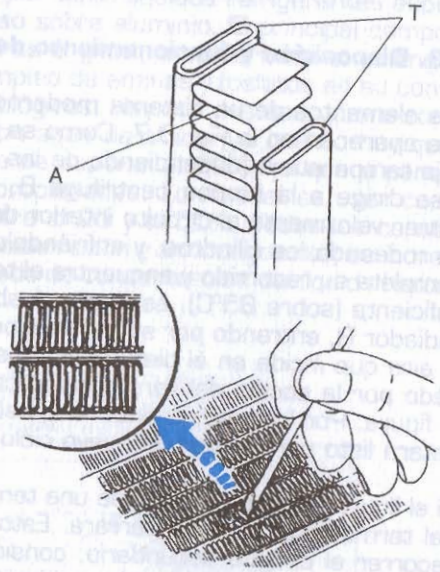
Si el líquido refrigerante posee una temperatura inferior a la de apertura del termostato, éste se cerrará. Esto obligará a la mayoría del agua a recorrer el circuito secundario, considerando como tal la zona de alrededor de los cilindros. Seguira así hasta calentarse lo suficiente y salir al radiador. Es lo que sucede en la fase de calentamiento del motor, cuando se acaba de arrancar, y/o cuando la temperatura exterior es extremadamente baja. Precisamente en esto consiste la labor reguladora del termostato, pieza clave del sistema: si el agua está fría, le impide la salida al circuito principal, y permite al motor adquirir una temperatura adecuada; si está caliente, permite su paso hacia el radiador, evitando con ello el sobrecalentamiento del motor. Los manguitos principales están marcados por la letra M; los manguitos A y B son los secundarios, que permiten la circulación de una parte mínima del caudal proporcionado por la bomba a través del circuito principal. Esto es lo que en realidad sucede cuando el termostato está cerrado, pues cuenta con un pequeño orificio que permite el paso permanentemente, y como mínimo el reducido flujo citado. Esto es imprescindible para no crear problemas de estanqueidad por sobrepresiones, tanto en la bomba como en el termostato.

Como elementos importantes que no se han citado hasta ahora, están el tapón P —que, como se verá, tiene también una misión reguladora— el interruptor termoeléctrico I del motor del ventilador y el tanque Q de reserva de líquido refrigerante. Se comentará más adelante la función del enfriador E del aceite. A partir de aquí, se va a explicar con más detenimiento el funcionamiento de las partes más impportantes del sistema.

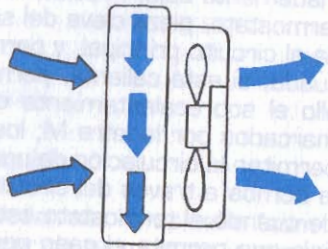
3.4. Radiador

La función del radiador es precisamente traspasar calor del fluido caliente (el agua) al frío (el aire). Esto se consigue mediante una superficie de intercambio elevada. Según se ve en la Fig. 3.8, la temperatura del refrigerante disminuye, al disipar el calor en el aire por medio de las aletas A del radiador, cuando el primero pasa a través de los tubos T; a mayor superficie de aletas, mayor capacidad de disipación del radiador.

Es importante que el aire pueda pasar a través de las aletas del radiador, de tal manera que el calor se disipe desde el refrigerante a las aletas y de estás a la atmósfera. Dado que los radiadores utilizados —sea cual sea el material empleado— disponen de unas aletas sumamente finas, es preciso tener cuidado al manipular estos elementos, pues se dañan con facilidad. También el choque de las pequeñas piedras, que con frecuencia saltan cuando se conduce a poca distancia del vehículo precedente, pueden dañarlos. Por ello suelen llevar delante una rejilla de protección, aunque no siempre se muestra suficiente. Las aletas aplastadas o dobladas no permitirán que el calor se disipe, a causa de la imposibilidad del aire para atravesarlas, lo cual provoca una capacidad de enfriamiento menor. Si un tercio o más de las aletas están deterioradas, es necesario proceder a su reparación, como se ve en la Fig. 3.8, con la ayuda de un pequeño destornillador plano. Los radiadores están formados por dos depósitos ubicados, bien a ambos lados del radiador, bien en la parte superior e inferior del mismo respectivamente. Dichos depósitos se construyen en



3.8. Disposición y mantenimiento de las aletas de un radiador de agua.

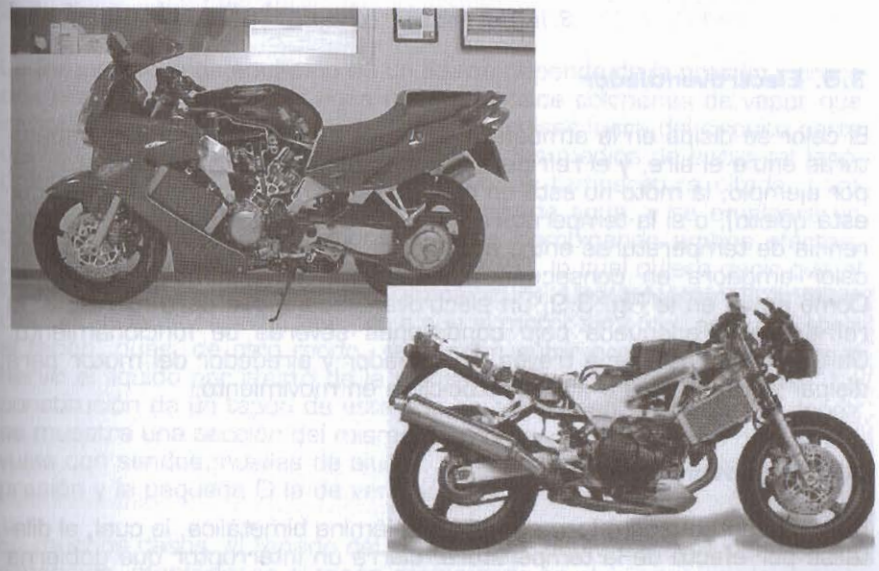


3.9. Funcionamiento de un electroventilador de un radiador de agua, que toma el caudal de aire a través de este último.

plástico y están comunicados entre sí por los citados tubos T, los cuales están rodeados de láminas de aluminio que ofician como disipadores de calor, al ceder el mismo a la atmósfera.

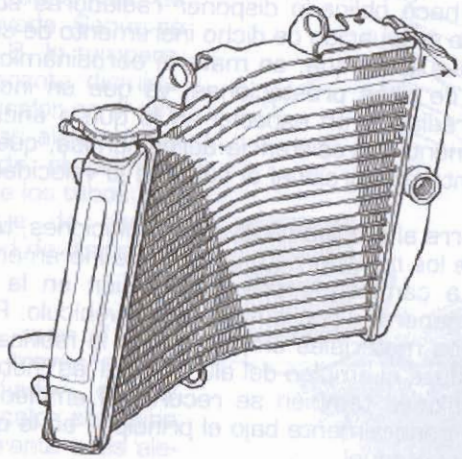
En la actualidad, dado el creciente aumento en el rendimiento de los motores, lo cual trae consigo un incremento del calor a evacuar hacia la atmósfera, se hace obligado disponer radiadores sobredimensionados, que faciliten la evacuación de dicho incremento de calor. Ello se contrapone con los requisitos que, en materia aerodinámica, debe cumplir toda motocicleta de altas prestaciones, ya que un incremento en las dimensiones del radiador, en especial en lo que a anchura se refiere, aumenta notablemente la resistencia aerodinámica, que, como es sabido, es directamente proporcional al cubo de la velocidad.

Para ello, se recurre al empleo de diversas soluciones, tales como la disposición lateral de los radiadores, que permite incrementar la superficie de los mismos, a cambio de una disminución en la exposición a la corriente de aire generada por la marcha del vehículo. Por supuesto, se ha trabajado en los materiales empleados en la fabricación de los mismos, generalizándose el empleo del aluminio en las motos de altas prestaciones. En ocasiones también se recurre al empleo de un segundo radiador, ubicado generalmente bajo el principal, en la quilla, y de menores dimensiones que aquel.



3.10. Motocicletas con radiadores laterales.

Otra solución adoptada, consiste en dotar de forma curva a la superficie de intercambio de calor, para así aumentar sus dimensiones, sin que su anchura se vea incrementada. La citada curvatura se dispone en sentido horizontal, dado que es en anchura donde se han de limitar las dimensiones del radiador.



3.10 Bis. Radiador curvado.

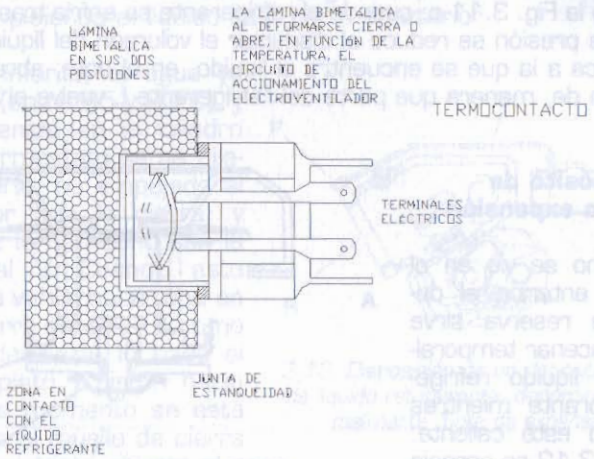
3.5. Electroventilador

El calor se disipa en la atmósfera, a causa de la diferencia de temperaturas entre el aire, y el refrigerante que absorbió el calor del motor. Si, por ejemplo, la moto no está en movimiento (el aire en torno al radiador está quieto), o si la temperatura atmosférica es alta (con lo que la diferencia de temperaturas entre agua y aire disminuye), el intercambio de calor empeora en consecuencia, afectando adversamente al motor. Como se ve en la Fig. 3.9, un electroventilador sirve para mantener la refrigeración adecuada bajo condiciones severas de funcionamiento. Obliga al aire a pasar a través del radiador y alrededor del motor para disipar el calor, esté o no la motocicleta en movimiento.

3.6. Termocontacto

El termocontacto está formado por una lámina bimetálica, la cual, al dilatarse por efecto de la temperatura, cierra un interruptor que gobierna el accionamiento del motor eléctrico, que a su vez impulsa al electroventilador. Su temperatura de cierre va grabada en un lateral, junto con la de apertura, que suele estar 5 ó 10º por debajo de la de cierre. El

termocontacto puede ir alojado en el radiador o en la culata, a la salida del termostato. En la figura 3.10 Tris se observa el esquema de un termocontacto.



3.10 Tris. Disposición esquemática del termocontacto.

3.7. Tapón de radiador

La temperatura de ebullición de un líquido depende de la presión y crece con ella. Como cuando el agua hierve produce colchones de vapor que imposibilitan la refrigeración, aparte de expulsar fuera del circuito parte del refrigerante, hay que tratar por todos los medios de evitar tal fenómeno. Una manera de hacerlo es elevar la temperatura citada: para ello, se usará líquido refrigerante en lugar de agua, y se empleará un tapón del radiador presurizado. Su valor, combinando ambos efectos, puede llegar con facilidad hasta unos 125ºC, lo cual quiere decir que el líquido no hervirá antes de esa temperatura. Una advertencia imprescindible es la de esperar siempre a que el motor esté frío, antes de abrir el tapón, pues, de otro modo, se pueden sufrir graves quemaduras al hervir el líquido por efecto de la disminución de presión del circuito. La constitución de un tapón de este tipo se aprecia en la Fig. 3.11, donde se muestra una sección del mismo. Como se ve, está dotado de dos válvulas con sendos muelles de ajuste. La grande C es la válvula de sobrepresión y la pequeña D la de ventilación.

En muchos casos, el llenado del circuito se efectúa a través del vaso de expansión, montándose el tapón presurizado en el mismo, por lo que no existe válvula de ventilación. Si la presión en el circuito aumenta, debido a un incremento de la temperatura del refrigerante, se estabiliza a tra-

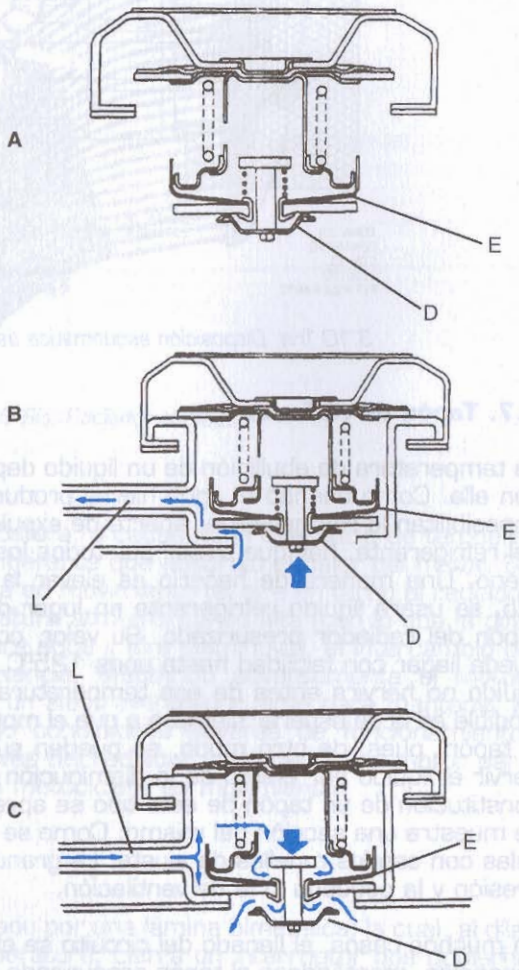
vés de la válvula de sobrepresión. Al exceder el límite prescrito, la válvula se abre, de modo que la presión en el sistema se regula liberando el líquido L —cuyo volumen ha aumentado al hacerlo la temperatura— hacia el bote de expansión. Este momento se aprecia en la Fig. 3.11.b. Obsérvese por último la Fig. 3.11.c: cuando el refrigerante se enfría tras la parada del motor y la presión se reduce al disminuir el volumen del líquido, la presión atmosférica a la que se encuentra el líquido, en el bote, abre la válvula de ventilación de, manera que parte del refrigerante L vuelve al radiador.

3.8. Depósito de reserva o expansión

Tal y como se vio en el apartado anterior, el depósito de reserva sirve para almacenar temporalmente el líquido refrigerante sobrante mientras el circuito está caliente. En la Fig. 3.12 se aprecia un sencillo esquema de su colocación en paralelo con dicho circuito. Sirve, en definitiva, para controlar el nivel del refrigerante. Está conectado al radiador R mediante un tubo de sifón S que se une a él (D) en el tapón presurizado P.

3.9. Termostato

El termostato es una válvula que actúa en función de la temperatura. Se dispone a la salida de la culata, antes del manguito que comunica la misma con la parte superior del radiador. Ayuda a calentar el motor cerrándose, impidiendo así la circulación del refrigerante cuando el motor está aún demasiado frío. En la

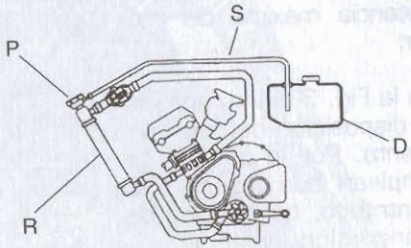


3.11. Distintas posiciones que pueden adoptar las válvulas de un tapón presurizado de un radiador de agua.

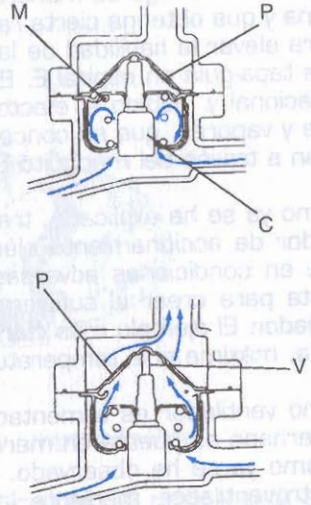
Fig. 3.13 se aprecia cómo en su parte inferior tiene un cilindro C. Éste está relleno de cierta sustancia de coeficiente de dilatación muy alto (generalmente cera). En el primer dibujo, el agua está fría y el muelle M —cuyas espiras se ven en sección— asegura el plato P de cierre contra su asiento, impidiendo al líquido salir hacia el exterior.

En la figura inferior, el agua ya está caliente (entre 85 y 90ºC), y la cera contenida en el cilindro inferior del termostato se ha dilatado. Al hacerlo, ha empujado al pistón interior que lo cierra, y éste a su vez lo ha hecho con la varilla central V. Cuando esto sucede, dicha varilla hace tope en el arco de cierre superior y, como éste no se desplaza, lo hace el conjunto de plato y pistón hacia abajo. En ese momento se está comprimiendo el muelle de cierre y quedando por tanto abierto el paso de refrigerante hacia el radiador, donde se enfriará.

El termostato regula adecuadamente la temperatura del motor, aunque varíe la presión atmosférica. Es una pieza fundamental cuyo correcto funcionamiento hay que vigilar. Si se manipula, se cometería un error seguro: en caso de dejarlo abierto o simplemente quitarlo de su alojamiento, el refrigerante circularía incluso a bajas temperaturas. Esto impediría alcanzar la temperatura de funcionamiento óptima del motor, originando el sobreenfriamiento; si se dejase cerrado, o si estuviese deteriorado y no abriese, impediría la circulación del refrigerante. Por tanto, el radiador no podría disipar el calor sobrante cuando la temperatura del motor excediese el límite crítico.



3.12. Disposición de un deposito auxiliar de líquido refrigerante, denominado normalmente "bote de expansión".

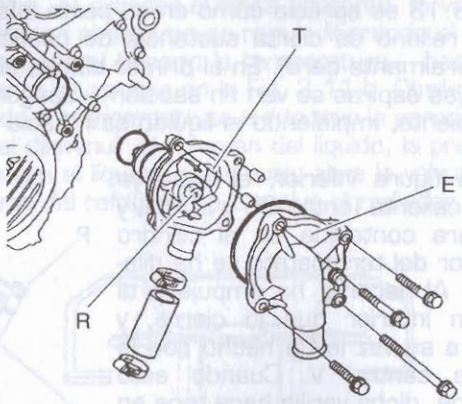


3.13. Funcionamiento de un termostato de un sistema de refrigeración por agua.

3.10. Bomba de agua

La bomba hace circular el líquido en el sistema de refrigeración, impide la formación de bolsas de vapor y aire, y asegura una refrigeración uni-

forme. El número de veces que debe ser capaz de impulsar todo el contenido del circuito en un minuto es de alrededor de diez. La potencia que consume viene a ser del 0,5% al 1% de la potencia máxima del motor.



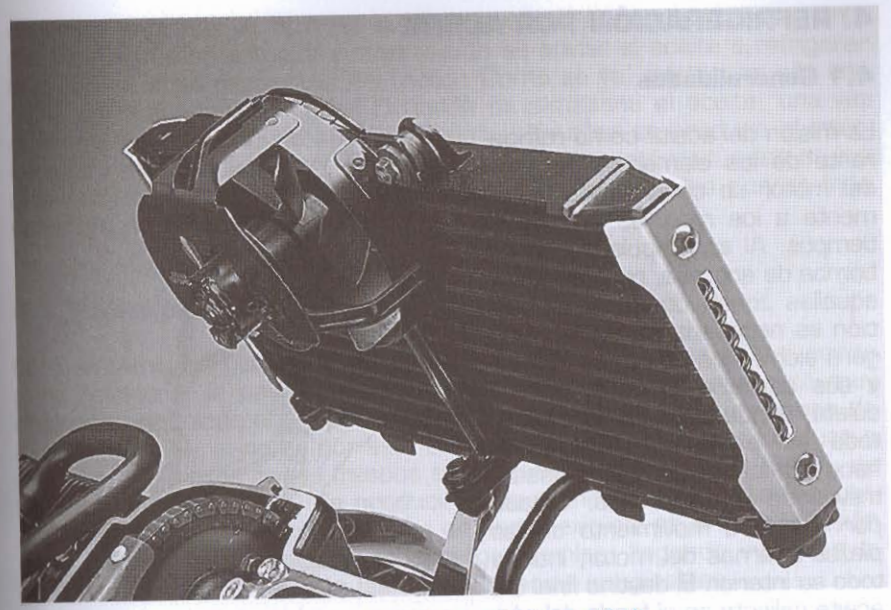
3.14. Elementos que componen una bomba de agua de tipo centrífugo.

En la Fig. 3.14 se aprecia la disposición de este elemento. Por lo común, se emplean bombas de tipo centrífugo. La relación de transmisión entre el eje del rotor R y el cigüeñal se elige cercana a la unidad, lo cual permite reducir las dimensiones de la bomba. El rodete T de la bomba se fabrica de bronce o plástico. La presión que comunica la bomba se escoge de manera que supere todas las resistencias del sistema y que obtenga cierta reserva para evitar fenómenos de cavitación. Para elevar la fiabilidad de la bomba, se coloca a la entrada del rodete una tapa-guía en espiral E. El líquido que entra adquiere un movimiento rotacional y, debido al efecto centrífugo, se separa de las burbujas de aire y vapores, que se concentran en la zona central del flujo, y se evacuan a través del manguito B de la Fig. 3.7.

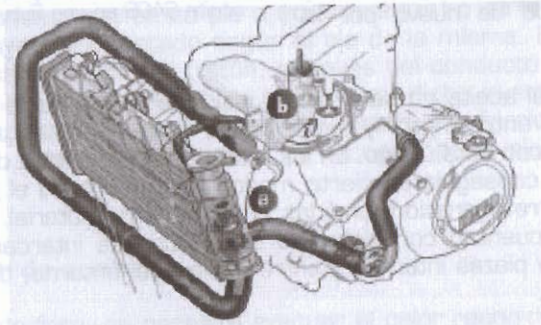
Como ya se ha explicado, tras el radiador se suele disponer de un ventilador de accionamiento eléctrico, para así generar una corriente de aire en condiciones adversas, en las que la velocidad del vehículo no basta para crear el suficiente caudal de aire como para refrigerar el radiador. El ejemplo más claro es el de la circulación urbana congestionada, máxime si la temperatura exterior es elevada.

Dicho ventilador es alimentado eléctricamente por la batería, estando gobernada su puesta en marcha por el denominado termocontacto, tal y como ya se ha observado. En la actualidad, se tiende a gobernar el electroventilador, mediante la centralita de gestión del motor (lógicamente en los modelos que la equipen), por lo que el termocontacto es sustituido por un termistor negativo o resistencia NTC, la cual disminuye su valor óhmico (o resistencia) a medida que se incrementa la temperatura. Dicho termistor, es el mismo que informa a la centralita, de la temperatura del líquido refrigerante.

En un futuro no muy lejano, dicha centralita también gestionará la alimentación de la bomba de agua, cuyo accionamiento pasará de ser



3.14 Bis. Radiador con electroventilador.



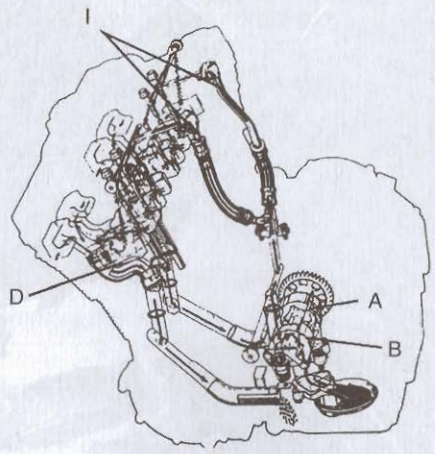
3.14 Tris. Gestión electrónica de la refrigeración BMW.

mecánico a eléctrico, para así ajustar el caudal del refrigerante a las condiciones de funcionamiento del motor.

4. REFRIGERACIÓN POR ACEITE

4.1 Generalidades

La misión del aceite como refrigerante de los elementos internos del motor se circunscribe únicamente a los motores de cuatro tiempos. Al ser impulsado por la bomba de engrase, recorre todas aquellas zonas donde la lubricación es necesaria. A la vez, refrigera elementos como las válvulas y sus asientos al pasar por la culata, donde baña en la práctica toda su extensión. También lo hace con los cilindros y pistones a través de la niebla que, creada por el rápido movimiento de las piezas internas del motor, inunda todo su interior. El destino final del aceite caliente es el fondo del cárter, a donde cae por gravedad y es succionado de nuevo por la bomba.



3.15. Sistema de refrigeración interna por aceite SACS en una Suzuki de 750 c.c.

En realidad, el aceite no se podría considerar como fluido refrigerante o intermediario entre motor y aire exterior, si no realizase un intercambio real de calor con éste último. En los motores tradicionales de cuatro tiempos, esto se conseguía en cierto modo al estar dotado el cárter inferior de aletas de refrigeración fundidas en su mismo material. Actualmente, los motores cuentan con sistemas específicos de intercambio de calor entre aceite y piezas internas y entre aceite y el entorno, de modo directo o indirecto.

Los sistemas que responsabilizan al aceite de una parte de la función de refrigeración son actualmente imprescindibles en motores de medias y altas prestaciones, habiendo múltiples versiones y sistemas particulares.

4.2. S.A.C.S. (Suzuki Advanced Cooling System)

Se trata de la utilización, en un motor de corte netamente deportivo, de un sistema de refrigeración por aceite como apoyo al principal de refrigeración por aire. En la Fig. 3.15 se aprecia la utilización de dos bombas de aceite A y B. Una es la convencional de presión para asegurar el

correcto engrase; la otra es la de impulsión, diseñada expresamente para el fin que se estudia, y cuya misión es enviar el aceite a refrigerar la culata y otros elementos del motor. Como se ve, existen en ella una serie de pequeñas cavidades D donde se almacena el aceite, una vez que sale de los conductos de impulsión I. En ellas se produce el intercambio real de calor entre aceite y culata, pues están situadas en las proximidades de los asientos de las válvulas, que son los puntos más calientes del motor. Este sistema ha caido en desuso.

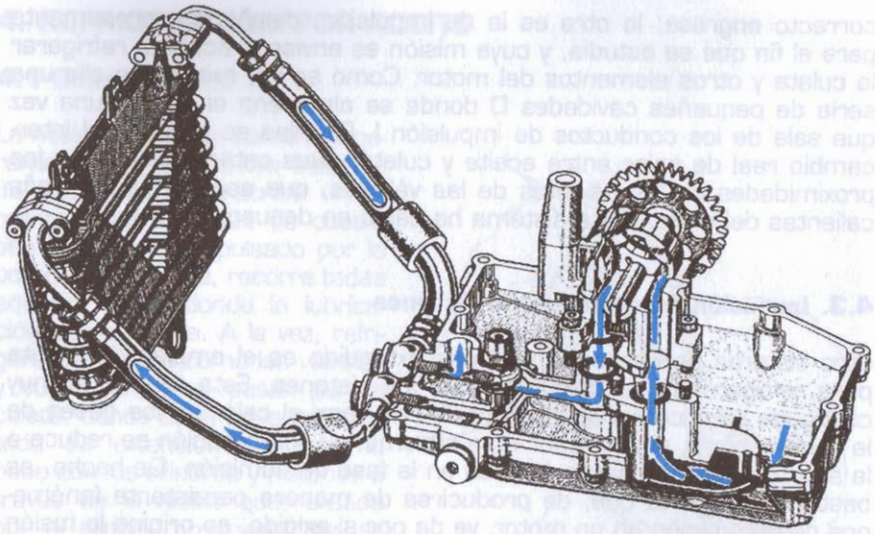
4.3. Inyección de aceite a los pistones

Otro sistema de uso cada vez más extendido es el empleo del aceite para refrigerar la parte superior de los pistones. Esta zona está muy castigada térmicamente, pues recibe de lleno el calor de los gases de la combustión y, si no es por este sistema, su refrigeración se reduce a la aportada por los gases frescos en la fase de admisión. De hecho, es bastante corriente que, de producirse de manera persistente fenómenos de detonación en un motor, ya de por sí exigido, se origine la fusión de la cabeza del pistón por sobrecarga térmica, llegando incluso a la perforación del mismo, con las consecuencias imaginables.

La realización práctica consiste en colocar en la parte superior o inferior de la biela (esto es, en su pie o en su cabeza) o en los apoyos del cigüeñal, un inyector orientado según el eje de la misma. El aceite que sube a engrasar el bulón del pistón, a través del conducto que recorre el alma de la biela, sale después de hacerlo por dicho inyector a presión suficiente como para alcanzar el cielo del pistón, y enfriarlo debidamente. Por último, cae al cárter, donde es recogido para iniciar un nuevo ciclo.

4.4. Radiador de aceite

En una segunda fase, se necesita evacuar el calor recogido por el aceite de las piezas internas del motor. Para ello, la solución más corriente consiste en la adopción de un intercambiador aceite-aire, conocido como "radiador de aceite". En la Fig. 3.16 está representado uno de ellos. De constitución similar a uno de agua, aunque de dimensiones inferiores, carece de termostato de regulación, salvo algunos casos en los que sí lo emplean. El hecho de tener menor tamaño se debe a su mejor rendimiento respecto de uno de agua, ya que éste es proporcional a la diferencia de temperaturas de entrada de los fluidos caliente y frío. Como el aceite se encuentra normalmente a temperaturas mucho más elevadas que el agua (en torno a los 150ºC), resulta que esta diferencia con la temperatura ambiente triplica el rendimiento, lo cual lleva a una superficie necesaria mucho menor. Tampoco le es ajeno el hecho



3.16. Radiador auxiliar de aceite en una Suzuki 1100 c.c.

de que, como ya se ha dicho, la labor del aceite en la refrigeración suele ser meramente auxiliar. También es destacable que, en sus orígenes, la finalidad de la colocación de radiadores de aceite, era únicamente la de evitar que éste perdiera sus propiedades al aumentar mucho su temperatura, en un uso intensivo de la moto, aunque para esto bastaba en principio con aumentar la cantidad que el cárter contenía.

4.5. Intercambiador aceite-agua

Es el de aparición más reciente. Su particularidad más destacada es la de que, en lugar de realizar la evacuación de calor del aceite disipándolo directamente en el aire, lo hace mediante el uso de un segundo fluido intermediario, que es el agua del circuito de refrigeración. Por tanto, se trata de una solución que sólo se puede aplicar a motores de cuatro tiempos refrigerados por agua. Presenta como ventaja fundamental su bajo coste y facilidad de colocación frente al sistema visto anteriormente. Sin embargo, sería obligado sobredimensionar ligeramente el sistema principal, aunque en la práctica éste lo suele estar ya suficientemente. Ello es debido a que este cambiador lo sobrecarga por su especial modo de funcionamiento. En la Fig. 3.17 se aprecia su colocación entre el filtro F y el bloque motor L. Presenta además la ventaja de que en frío ayuda al lubricante a que alcance antes su temperatura de trabajo, ya que el termostato hace que circule líquido refrigerante del circuito secundario por él. Ello minimiza los desgastes que se originan en los componentes del motor, que surgen cuando trabaja por debajo de su

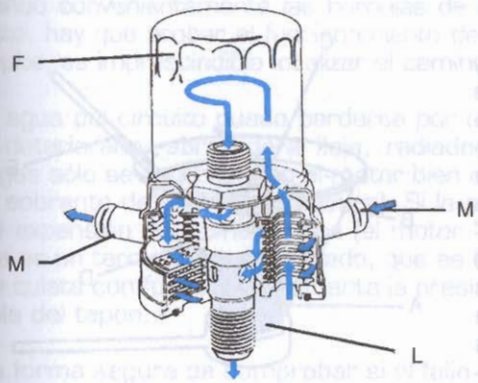
temperatura de servicio. La base de su funcionamiento reside precisamente en la temperatura propia del aceite, que supera a la del agua desde 50 hasta 100º C. La ventaja del sistema está en la mayor estabilidad de la refrigeración del aceite, ya que el agua de refrigeración mantiene siempre una temperatura similar, aunque en condiciones de máxima solicitación puede llegar a ser insuficiente, y los problemas del sistema de refrigeración revierten en el sistema de engrase.

4.6. Derivaciones del circuito de refrigeración

Como ya se ha citado, se aprovecha la circulación de líquido refrigerante, para absorber o ceder calor a otros componentes como el intercambiador de calor agua – aceite. Aparte del mismo, también se aprovecha para ceder calor a las cubas de los carburadores, mediante una derivación del circuito, favoreciéndose así la vaporización de la gasolina. Una técnica similar también es utilizada, con la particularidad de que emplea el aceite del circuito de lubricación, en vez del líquido refrigerante.

5. MANTENIMIENTO Y AVERÍAS

5.1. Mantenimiento



3.17. Intercambiador de temperatura aguaaceite con el filtro de aceite integrado en la estructura.

A la hora de la verdad, los cuidados requeridos por la refrigeración por aire son escasos o nulos, ya que el sistema sólo requiere una correcta limpieza.

En los refrigerados por agua, la única operación de mantenimiento a realizar por el usuario, es la de vigilar el nivel del líquido refrigerante en el bote de reserva o expansión, que deberá hallarse entre las marcas de máximo y mínimo señaladas en el mismo. Esta comprobación deberá efectuarse siempre con el motor frío, pues, de otro modo, se falsea la medida. Además, la comprobación visual del circuito en busca de posibles pérdidas no está de más, aunque se reflejarían inmediatamente en el nivel. Cada cierto periodo de tiempo, es nece-

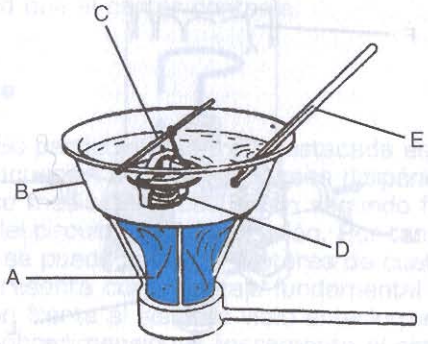
sario sustituir el líquido refrigerante, ya que su funcionamiento acaba degradándolo, perdiendo propiedades. También conviene vigilar el estado de las aletas del radiador.

5.2. Averías

En el cuadro de instrumentos de una motocicleta de motor refrigerado por agua se suele contar con un reloj que marque la temperatura del líquido refrigerante en todo momento, pues de ello depende la integridad del propulsor. Se trata simplemente de un voltímetro que registra la caída de tensión en el sensor de resistencia variable con la temperatura, que ha de acompañarlo en el motor. Hay casos en los que esto no sucede, y lo único que existe es una luz que advierte del sobrecalentamiento del mismo, que se suele percibir demasiado tarde. En caso de no contar con ninguno de estos dos sistemas de vigilancia, es conveniente instalar uno del primer tipo, cosa que no reviste dificultad alguna.

Basándose en la observación del reloj, el piloto de la motocicleta deberá aprender a conocer la evolución normal de la temperatura del agua, a lo largo de un ciclo de funcionamiento. Una precaución sería estar alerta para vigilar y evitar que vaya a más. Fundamentalmente, las averías del sistema se van a reflejar en dos síntomas principales: o bien el motor no alcanza la temperatura normal de funcionamiento, o bien la supera.

En primer lugar, siempre hay que descartar que el fallo se deba a un funcionamiento indebido de la aguja o del sensor, o, lo que es más corriente, a una indebida conexión eléctrica entre ambos. Una vez efectuada dicha comprobación, si el motor no se calienta en un tiempo razonable, o si la aguja no sube en invierno hasta la zona que solía ocupar normalmente, se está ante un caso de motor sobreenfriado. El sistema de refrigeración de una motocicleta se diseña para las condiciones más adversas de funcionamiento, y es misión del termostato el cerrar el paso del líquido hacia el radiador hasta que el motor alcance su temperatura de funcionamiento. Por tanto, esta avería se debe siempre a un termostato defectuoso que ha quedado permanentemente abierto. Para comprobar el funcionamiento del termostato, se debe introducir en un baño de agua B fría, e ir calentándola con ayuda de un sistema de calentamiento A, comprobando la temperatura exacta de apertura con un termómetro E introducido en el fluido. Como se observa en la Fig. 3.18, el termostato D no debe tocar las paredes del recipiente, por lo que debe colgarse con ayuda de algún utensilio auxiliar C. No obstante, este fallo no reviste la gravedad del siguiente, aunque sí provoca fallos en el motor que se pueden reflejar en que éste va mejor con el estárter ligeramente accionado. Lo que siempre provoca es una disminución en las prestaciones y un aumento en el consumo.



3.18. Verificación del funcionamiento de un termostato con la ayuda de un hornillo y un baño de agua.

• *El motor se calienta en exceso*

Una vez descartado el fallo del sistema de vigilancia en sí, convendrá repasar los puntos siguientes a la mayor brevedad posible, pues el sobrecalentamiento es siempre perjudicial para el motor y puede provocar consecuencias como el deterioro de la junta de culata o, en el peor de los casos, el gripaje.

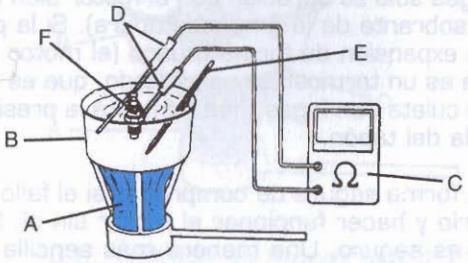
En primer lugar, ha de comprobarse el nivel del refrigerante en el bote de expansión. Si está bajo, no suele ser causa suficiente de calentamiento; si está vacío, no bastará con rellenarlo, pues la falta de líquido puede ser superior al contenido del mismo. En tal caso se procederá al relleno del circuito abriendo el tapón del radiador y rellenándolo por completo y purgando convenientemente las burbujas de los manguitos. Una vez hecho esto, hay que probar el funcionamiento de nuevo del motor. Si el fallo se repite, es imprescindible localizar el camino por el que se pierde el agua.

El agua del circuito puede perderse por una fuga visible (manguito viejo o deteriorado, abrazadera floja, radiador perforado), aunque algunas fugas sólo se aprecian con el motor bien caliente (bomba que pierde por el sobrante de la empaquetadura). Si la pérdida se produce por el bote de expansión de forma brusca (el motor "tira" el agua), la causa probable es un termostato agarrotado, que es necesario cambiar, o una junta de culata con fugas, que aumenta la presión del sistema, abriendo la válvula del tapón.

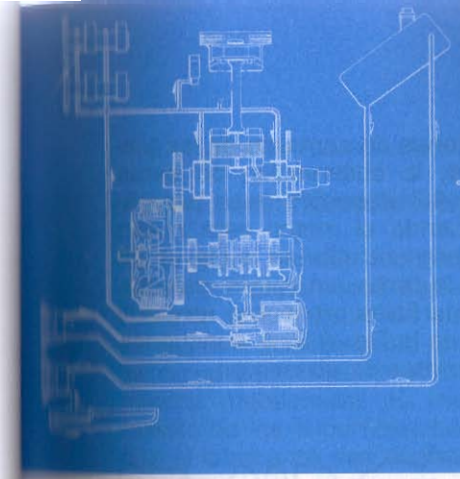
La forma segura de comprobar si el fallo se debe al termostato es retirarlo y hacer funcionar el motor sin él. Si ya no se calienta, su defecto es seguro. Una manera más sencilla es colocar la mano, abrazando el manguito situado a la salida del termostato durante la fase de calentamiento del motor: cuando se abre, la temperatura sube bruscamente, de modo que habrá que retirarla. Por tanto, si cuando la aguja de la temperatura llega al punto de calentamiento normal o incluso lo supera, no se advierte por el calor que el termostato se abre, habrá que sustituirlo.

Finalmente, si la moto se calienta en los atascos y no lo hace en carretera abierta, el fallo estará en el electroventilador o en el termocontacto, aunque lo más probable es que sea en este último. Como solución de emergencia, se puentean los terminales que llegan a él si son dos o se le conecta a masa si es un único cable, el que recibe del ventilador. Con esta operación, el ventilador funciona de manera continua. Esto vale también como comprobación de su fallo. Si hecho esto, el motor no se calienta tras varios minutos al ralentí, el fallo es ése. En tal caso, se dice que el ventilador no "salta" o no "se dispara". También puede hacerse la comprobación, arrancando el motor desde frío, y dejándolo al ralentí varios minutos. Si, una vez caliente, se observa que no se pone en marcha, se procede según se ha explicado. Por último, si se desmonta el sistema, se puede comprobar el funcionamiento del termocontacto F, introduciendo su captador en agua B, calentándolo con una llama A, y comprobando la temperatura en que salta el contacto con ayuda de un termómetro E y un circuito auxiliar compuesto por un polímetro C, con sus dos terminales D como se observa en la Fig. 3.19.

En cuanto a las consecuencias de un calentamiento inadvertido, van desde alguna inapreciable, hasta un gripaje del motor, pasando por la destrucción de la junta de culata. Los casos extremos son poco corrientes y fácilmente identificables. En cuanto al tercero, puede manifestarse de diversas maneras: una es que el motor "tire" el agua cuando se circula a alto régimen (pasa la compresión al circuito); otra, es que el agua de refrigeración se ensucie (pasa aceite al agua); una tercera es que el motor consuma agua, o eche vapor blanco por el escape (el agua pasa a los cilindros). Por último, que se forme una pasta blanca o emulsión en el tapón del aceite (pasa agua al aceite). Uno o varios de estos síntomas, acompañados de la falta de potencia, revelarán que es necesario levantar la culata para sustituir la junta y, en caso necesario, planificarla. Ante todo, lo fundamental es localizar el origen del problema, para evitar que, una vez reparada la junta, se repita la avería. Un defectuoso funcionamiento del sistema provocado por líquido en mal estado, suciedad o taponamiento del radiador, pérdida de presión en la bomba etc... provoca normalmente una temperatura de funcionamiento algo o muy superior a la normal.



3.19. Verificación del funcionamiento de un termocontacto con ayuda de un hornillo, un baño de agua y un polímetro eléctrico.



Lubricación

1. GENERALIDADES

1.1. Necesidades de la lubricación

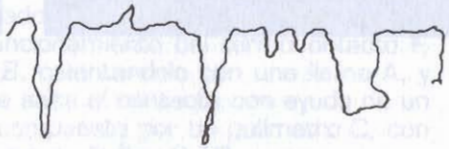
4.1. Vista microscópica de una superficie metálica.

4.2. Vista microscópica de una superficie metálica de un motor sin rodar.

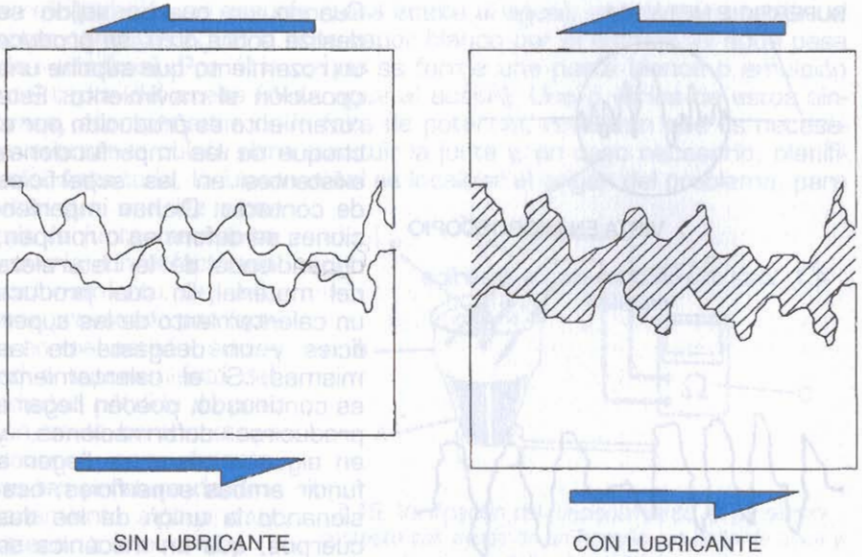
Cuando un cuerpo sólido se desliza sobre otro, se produce un rozamiento que supone una oposición al movimiento. Este rozamiento es producido por el choque de las imperfecciones existentes en las superficies de contacto. Dichas imperfecciones se deforman o rompen, dependiendo de la naturaleza del material, lo cual produce un calentamiento de las superficies y un desgaste de las mismas. Si el calentamiento es continuado, pueden llegar a producirse deformaciones, y en algunos casos se llegan a fundir ambas superficies, ocasionando la unión de los dos cuerpos, que en mecánica se conoce con el nombre de "gripaje".

Aunque a primera vista el acabado de las zonas de contacto de las piezas de un motor pueda parecer perfecto, la observación de éstas mediante un microscopio, como en la Fig. 4.1 descubre unas superficies con pronunciadas irregularidades. Cuando el motor está nuevo estas imperfecciones tienen un perfil más pronunciado (en la Fig. 4.2). Esto produce un mayor rozamiento y, por lo tanto, un mayor calentamiento. Una vez realizado el rodaje, las superficies presentan un perfil microscópico más regular, que se observa en la Fig. 4.3, y, aunque los salientes son menos pronunciados, los entrantes se conservan.

La lubricación tiene como objetivo reducir el rozamiento y el desgaste, interponiendo una fina capa de lubricante entre las dos superficies, de tal manera que se reduce el contacto entre ambos elementos, como muestra la Fig. 4.4. Esta es la razón por la que no es aconsejable que las superficies de los cilindros presenten un pulido de espejo, ya que, con ese tipo de acabado superficial, el aceite tiene una mayor dificultad para adherirse. Esta capa puede llegar a ser en ocasiones mil veces más delgada que un cabello humano.



4.3. Vista microscópica de una superficie metálica de un motor rodado.

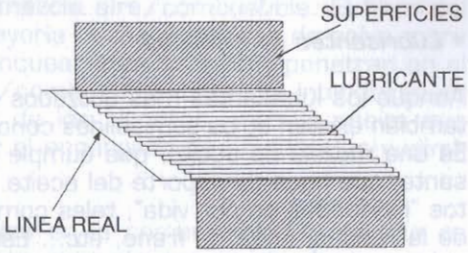


4.4. El lubricante crea una capa entre las dos piezas en contacto que impide el choque de los resaltes de sus superficies exteriores.

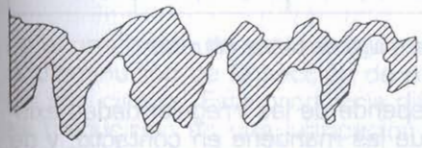
1.2. Tipos de lubricación

• *Lubricación hidrodinámica o fluida*

Se produce cuando las piezas están completamente separadas por una película de lubricante, lo suficientemente gruesa como para impedir el rozamiento metal-metal. El movimiento de las superficies hace que el lubricante sea arrastrado, formando una serie de capas de fluido que se deslizan entre sí como las cartas de una baraja, movimiento mostrado en la Fig. 4.5. Entre estas capas existe un rozamiento interno, cuya magnitud depende de las fuerzas de cohesión internas propias del lubricante. Este rozamiento entre las capas del fluido es, en cualquier caso, mucho menor que el que se produciría entre las dos superficies sin lubricante. Este tipo de lubricación es el que se emplea en los cojinetes de cigüeñal y bielas de los motores de cuatro tiempos. En estos, el lubricante es introducido a presión e impulsado por la superficie que gira en el interior del mismo hacia un estrechamiento progresivo, de tal manera que se origina aún más presión en la película de aceite, lo cual permite soportar la carga a que está sometida la pieza.



4.5. El funcionamiento de la capa de lubricante asemeja al de una baraja de cartas, desplazándose unas capas sobre otras, de manera que se reduze el rozamiento. Realmente es la línea de la izquierda la que da el desplazamiento de las distintas capas.



4.6. En la lubricación mixta algunos resaltes llegan a tocar.

• *Lubricación a capa límite*

En la que se disminuye el grosor de la película de lubricante, dado que no se reúnen las condiciones necesarias para la lubricación hidrodinámica. Cabe señalar que apenas se llegan a producir contactos directos entre las superficies a lubricar. A su vez la hay de tres tipos:

- Untuosa. En la que se consigue la adherencia del lubricante mediante un ataque químico a las superficies a lubricar.

4.7. En la lubricación límite la capa de lubricante no llega a separar suficientemente las piezas como para que no choquen entre sí.

- Antidesgaste. En la que la película de aceite se mantiene gracias a la presencia de aditivos.
- Extrema presión. En la que, dadas las características de los aditivos, la mayor protección se consigue a alta temperatura.

- ***Lubricantes semisólidos***

Aunque los lubricantes más utilizados se encuentran en estado líquido, también existen otros semisólidos conocidos con el nombre de "grasas". Es una mezcla de aceite, que cumple con la misión lubricante, y espesante, que hace de soporte del aceite. Este tipo es utilizado en elementos "lubricados de por vida", tales como bombas de agua, rodamientos de la ruedas, levas de freno, etc... Estos elementos no son accesibles al sistema de lubricación del motor, y, mediante este sistema, se simplifica el mantenimiento de los mismos.

ELEMENTOS	MOVIMIENTO	TEMPERATURA	PRESIÓN	VELOCIDAD RELATIVA
PISTÓN-CAMISA	ALTERNATIVO	ALTA	MODERADA	ALTA
PISTÓN-BIELA	OSCILANTE	MODERADA	MUY ALTA	BAJA
BIELA-CIGÜEÑAL	ROTATIVO	BAJA	ALTA	ALTA
CIGÜEÑAL-CARTER	ROTATIVO	BAJA	ALTA	ALTA
LEVA-EMPUJADOR	ROTATIVO	BAJA	MUY ALTA	BAJA
EMPUJADOR-VALVULA	ALTERNATIVO	MUY ALTA	BAJA	MODERADA

4.8. Condiciones de contacto entre algunas piezas del motor.

El rozamiento entre dos superficies depende de las irregularidades existentes en las mismas, de la fuerza que las mantiene en contacto, y de la velocidad con que se mueven entre sí. La tabla en la Fig 4.8, muestra las condiciones que se presentan en el contacto entre varios elementos del motor.

El sistema de lubricación contribuye a la refrigeración del motor, tomando el calor de los puntos calientes, y transportándolo a otros puntos de menor temperatura, donde éste puede ser disipado. Esta contribución toma una mayor significación, si tenemos en cuenta que algunas de las partes que refrigera no son accesibles al sistema de refrigeración convencional, como por ejemplo: cojinetes, paredes de los cilindros, interior de los pistones, etc... En algunos puntos de máxima importancia, como son los casquillos de bancada y biela, el lubricante debe realizar la doble misión de lubricar y refrigerar, ya que éstos trabajan a una temperatura cercana a los 150ºC y el agua de la refrigeración no puede acceder a ellos. Según el tipo de motor, el calor disipado por el lubricante oscila entre un 10% y un 25%.

Asimismo —y sobre todo en motores de cuatro tiempos— el lubricante suele ser el encargado de limpiar el interior del motor de:

- impurezas procedentes de la mezcla aire/combustible. El filtro del aire impide la entrada de la mayoría de las partículas de polvo, pero algunas de ellas consiguen franquear esta barrera y penetran en el motor junto con la mezcla aire/combustible. Éstas se introducen en los resquicios de las paredes de los cilindros, y es el aceite que lubrica estas partes del motor el encargado de arrancarlas y eliminarlas.
- partículas de carbono producidas en la combustión. La mayoría de ellas son expulsadas por el escape, pero algunas se introducen por los mismos lugares que las impurezas. Estas partículas son eliminadas, como en el caso anterior, por la película de lubricante adherida a dichas paredes.
- partículas generadas por el desgaste del motor. Son producidas en mayor cantidad durante el periodo de rodaje, aunque durante la vida normal del motor también se producen. Se eliminan mediante el sistema de lubricación; unas son eliminadas por el filtro de aceite y otras permanecen en suspensión en el aceite y son eliminadas con el cambio del mismo. En algunos motores se dota al tapón de vaciado del aceite de propiedades magnéticas, para que las partículas metálicas sean atraídas y capturadas por el mismo.

La acumulación de estas impurezas dentro del motor podría provocar la disminución de la sección de paso del aceite en los conductos por los que circula. Esto produciría dificultades en el paso del mismo, que se traducirían en una lubricación deficiente. Esta insuficiencia supondría el contacto directo metal-metal de los elementos deficientemente lubricados, y, por lo tanto, una probable rotura o incluso gripaje de los mismos.

Durante la combustión se producen unos ácidos que son expulsados del motor casi, en su totalidad, a través del escape, pero una pequeña fracción de los mismos se queda en el motor. Éstos serían capaces de corroer las piezas metálicas y formar depósitos de lacas y barnices si no fuese por la capacidad neutralizante del aceite que descompone estos depósitos, antes de que lleguen a acumularse. Una vez descompuestos, son dispersados en el seno del mismo aceite para evitar que los grumos se unan entre sí, evitando de esta manera las posibles obstrucciones que podrían producir.

Por último, el lubricante mejora la compresión de un motor ya que, al interponerse entre las paredes del cilindro y el conjunto pistón-segmentos, actúa como sellante, rellenando los resquicios por los que podrían

fugarse los gases de la explosión al cárter así como la mezcla fresca durante la compresión. Este efecto se produce en mayor o menor cuantía, dependiendo de las propiedades que le permiten adherirse a las paredes del cilindro rellenando estas pequeñas cavidades.

1.3. Elementos a lubricar

Los sistemas de lubricación de los motores de dos o cuatro tiempos difieren mucho en cuanto a su funcionamiento, pero la misión de ambos es la misma: lubricar aquellos elementos entre los que existe rozamiento durante el funcionamiento normal del motor.

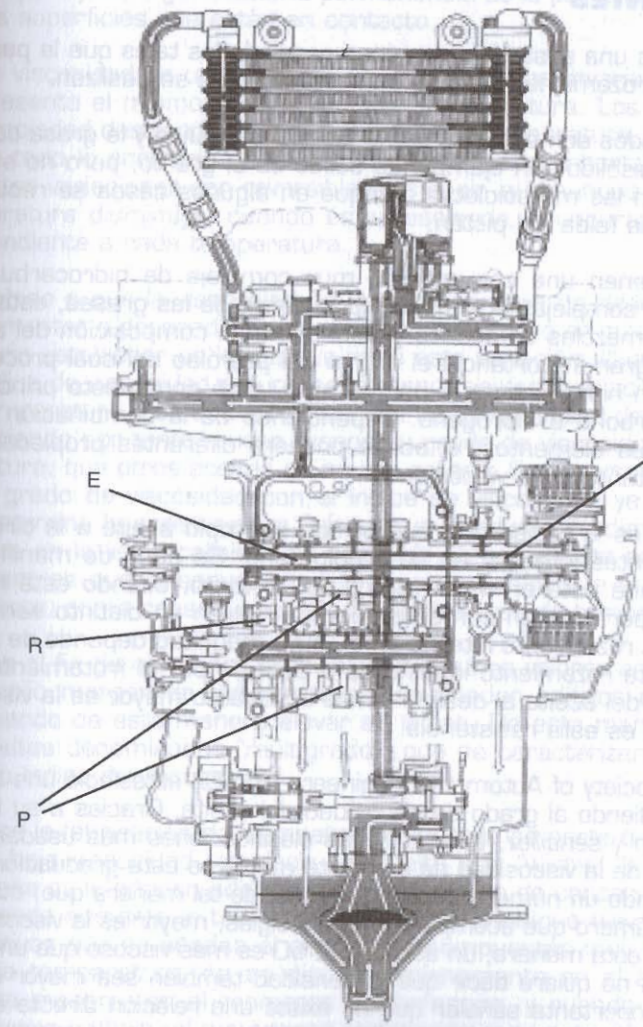
El cigüeñal debe ser lubricado en las superficies de contacto cigüeñal-cárter y cigüeñal-biela. La presión que existe en estos apoyos es elevada, debido a lo cual requieren una buena lubricación. En el caso de motores de dos tiempos, la lubricación se realiza mediante el aceite que contiene la mezcla aire/combustible. Las superficies de contacto cigüeñal-cárter y cigüeñal-biela en los motores de cuatro tiempos se suelen realizar mediante cojinetes lubricados con aceite a presión.

Por la superficie interior del cilindro se desliza el conjunto pistón-segmentos con un movimiento alternativo. La lubricación de esta parte del motor es realizada, en los motores de dos tiempos, mediante el aceite que va en la mezcla de aire/combustible. En los motores de cuatro tiempos, se realiza mediante la niebla de aceite que se produce dentro del cárter, y las salpicaduras producidas por el aceite que sale de los cojinetes de cigüeñal, cabeza de biela, etc.

El árbol de levas es otro de los elementos que necesita ser lubricado. En sus apoyos es lubricado por aceite a presión, y las levas se lubrican con el aceite que sale de los apoyos.

Otros elementos que requieren lubricación son los encargados de realizar la transmisión de potencia del cigüeñal a la rueda. El aceite más apropiado para los elementos de la transmisión no suele ser el utilizado para la lubricación del motor. Sin embargo, atendiendo a otras prioridades en el diseño del motor (economía, simplicidad, etc...), se utiliza el mismo tipo de aceite que en el motor, en la mayoría de las ocasiones.

Los ejes de los piñones de la caja de cambios realizan sus apoyos en el cárter mediante cojinetes o rodamientos. Los cojinetes son lubricados con aceite a presión, llegando en algunos casos a disponer de una canalización interior C, a lo largo del eje E, que distribuye el aceite por los piñones del cambio P, como en la Fig. 4.9. Estos piñones también pueden ser lubricados mediante el aceite que reciben, al estar una pequeña parte de ellos sumergidos en el aceite que contiene la caja de cambios. Esta pequeña inmersión de algunos de ellos hace que en su movimiento cedan parte del lubricante al resto de los piñones. El giro de estos elementos, hace que el aceite que los rocía, salpique las paredes de la caja de cambios. De esta manera, si los apoyos de los ejes de la caja de cambios se realizan mediante rodamientos R, éstos se lubrican gracias a estas salpicaduras de aceite y al que resbala por las paredes de la caja.



4.9. Circuito de lubricación.

Para la transmisión secundaria, en el caso de la cadena, no se monta un sistema de lubricación que garantice la misma, sino que se recurre al engrase manual periódico. En el caso de la transmisión cardan, la junta cardánica se envuelve en grasa sólida, mientras que el grupo cónico se lubrica mediante un baño de aceite independiente del aceite de la caja de cambios, cuyo grado de viscosidad oscila entre 90 y 140.

2. LUBRICANTES

El lubricante es una sustancia con unas propiedades tales que le permiten reducir el rozamiento entre dos superficies que se deslizan.

Los más utilizados son el aceite como lubricante líquido y la grasa como lubricante semisólido. Un ejemplo de sólido es el grafito, pero no suele ser utilizado en las motocicletas, aunque en algunos casos se recubre con el mismo la falda del pistón.

Los aceites tienen una composición muy compleja de hidrocarburos. Pero aún más complejas son las composiciones de las grasas, estando formadas por mezclas de aceites y jabones. En la composición del aceite, tiene una gran importancia el origen del petróleo del cual procede. El aceite es un hidrocarburo y, por lo tanto, está compuesto principalmente por carbono e hidrógeno. Dependiendo de la combinación que presenten estos elementos, el aceite poseerá diferentes propiedades. La más importante es la viscosidad.

La viscosidad es la resistencia que ofrece el propio aceite a la circulación de corrientes internas en su propio seno. Se pone de manifiesto cuando el aceite está en movimiento, por lo tanto, cuando está lubricando dos superficies en contacto que se mueven en distinto sentido, se produce un rozamiento interno en él, cuya magnitud depende de esta propiedad. Este rozamiento interno es producido por el frotamiento de las moléculas del aceite al deslizar entre sí. Cuanto mayor es la viscosidad, más alta es esta resistencia.

En 1950 la Society of Automotive Engineers (S.A.E.) estableció una clasificación, atendiendo al grado de viscosidad del aceite. Gracias a su facilidad de manejo y sencillez, es una de las clasificaciones más usadas. La denominación de la viscosidad de un aceite mediante esta graduación, se realiza añadiendo un número a las siglas SAE, de tal manera que, cuanto mayor es el número que acompaña a estas siglas, mayor es la viscosidad del aceite. De esta manera, un aceite SAE 50 es más viscoso que un SAE 40, pero esto no quiere decir que la densidad también sea mayor en el SAE 50. Es importante señalar que no existe una relación directa entre viscosidad y densidad, y que, cuando se utiliza la escala de graduación SAE, se está haciendo exclusivamente referencia a la primera.

La lubricación de los motores requiere un aceite de baja viscosidad, cuando éste funciona a bajas temperaturas exteriores, por ejemplo en invierno; pero cuando la temperatura exterior es alta, por ejemplo en verano, se deben utilizar aceites de mayor viscosidad. Una menor viscosidad favorece la lubricación al arrancar el motor en tiempo frío, debido a que la resistencia interna del aceite es menor y el lubricante llega con mayor facilidad a todas las partes del motor. Sin embargo, si la temperatura exterior es alta, una mayor viscosidad beneficia la lubricación, ya que ayuda a garantizar la permanencia de la película de lubricante en las superficies que están en contacto.

La viscosidad de un aceite no es una propiedad invariable, es decir, no presenta el mismo valor a cualquier temperatura. Los valores de esta propiedad descienden cuando aumenta la temperatura, y viceversa, que es todo lo contrario de lo que se necesita. Es importante señalar que estas variaciones son reversibles, es decir, que aunque al subir de temperatura disminuye, cuando ésta desciende, recupera el valor correspondiente a cada temperatura.

Debido a que la viscosidad de los aceites varía de diferente manera al aumentar o descender la temperatura en unos o en otros, ha sido necesario establecer un índice que mide esta variación. Cuanto mayor es el índice de viscosidad de un aceite menor será su variación al cambiar la temperatura. Los aceites de calidad tienen un índice de viscosidad alto, variando por tanto mucho menos su grado de viscosidad con la temperatura, que otros aceites de menor calidad. Es importante no confundir el grado de viscosidad con el índice de viscosidad, ya que el primero determina la resistencia a fluir por un conducto de dimensiones dadas (que en la jerga callejera es conocido erróneamente como "densidad") mientras que el segundo indica las variaciones que el primero experimente, como consecuencia de las variaciones de temperatura.

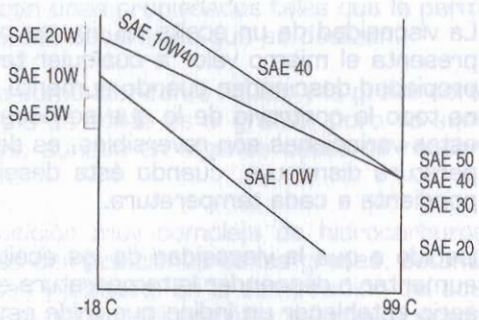
Con el fin de mantener la viscosidad en unos valores aceptables, en un amplio margen de temperaturas, se añaden aditivos al aceite, consiguiendo de esta manera elevar su índice. De esta manera, surgen los aceites denominados "multigrado", que se caracterizan por poseer un alto índice de viscosidad.

Para la fabricación de los aceites multigrado se parte de un aceite base de baja viscosidad, es decir, un aceite tipo "winter" (invierno). A este aceite se le añaden aditivos que se encargan de conservar la viscosidad cuando aumenta la temperatura. Así, se consigue elevar el índice. Los aditivos que se añaden al aceite son compuestos muy viscosos que, a baja temperatura, no se disuelven plenamente en el aceite base. De esta manera, en el momento del arranque, y cuando la temperatura exterior es baja, el motor está trabajando con un aceite de baja viscosidad. Cuando la temperatura del aceite sube, estos aditivos se van disol-

viendo, aumentando la viscosidad del aceite base a estas temperaturas. En la Fig. 4.10 se observa cómo un aceite multigrado SAE 20W-50 tiene la misma viscosidad que el SAE 20 a bajas temperaturas, y se acerca a la del SAE 50 a altas temperaturas.

Los dos números con que se designa un aceite multigrado significan lo siguiente: la primera cifra corresponde a un aceite que tiene la misma viscosidad que el multigrado a 18° C, y la segunda corresponde al aceite que tiene una igual a la del multigrado a 98,9°C.

Debido a ello, un aceite multigrado cubre un rango de temperaturas exteriores mayor que un aceite monogrado, como se muestra en la Fig. 4.11.



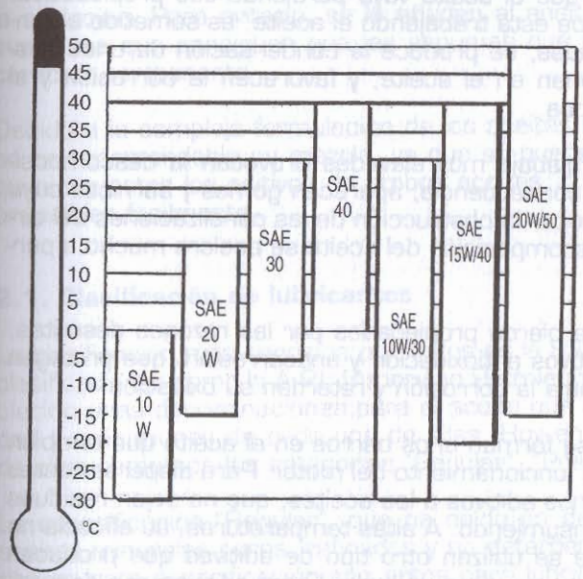
4.10. Comparación entre las viscosidades de los aceites monogrado y multigrado con la temperatura de funcionamiento.

El punto de inflamación es otra de las características que nos permite comparar la calidad de los aceites. El punto de inflamación de un aceite es la temperatura a la cual se produce una llama en la superficie del aceite cuando se acerca una llama o salta una chispa. Esta llama no es necesario que se mantenga, ya que, si lo hace más de 5 segundos, esta temperatura correspondería al punto de combustión. El punto de inflamación suele estar situado, en los aceites empleados en los motores, alrededor de los 200° C. El punto de combustión suele estar situado a unos 30 o 35° C por encima del punto de inflamación.

El punto de inflamación es un índice de la volatilidad del aceite. Una mayor volatilidad permite estimar un mayor consumo de aceite. Cuanto mayor sea la volatilidad, mayor será el volumen de gases desprendidos por un aceite a cierta temperatura.

La temperatura a la que el aceite pasa de estado líquido a sólido es el punto de congelación. Cada aceite tiene una temperatura en la que se produce este cambio de estado. Por debajo de esta temperatura, el aceite no es capaz de fluir libremente, por ejemplo, por efecto de la gravedad no se derramaría de un recipiente. Por lo tanto, a esta temperatura, el aceite ya no es capaz de circular por las canalizaciones del circuito de lubricación. Para evitar esto, existen unos aditivos que bajan el punto de congelación. El aceite elegido para lubricar un motor, ha de tener un punto de congelación por debajo de la temperatura

ambiente mínima prevista para el ámbito geográfico en el que va a ser usado.



4.11. Temperaturas de funcionamiento de diversos tipos de aceites, tanto monogrado como multigrado.

Durante el funcionamiento normal del motor, el sistema de lubricación se encarga de repartir el aceite necesario para el buen funcionamiento del motor. Cuando éste se detiene, como es lógico, el sistema de lubricación también lo hace. Una vez que el motor está en reposo, el aceite se va escurriendo hasta el punto más bajo posible, siendo favorecida esta caída por la temperatura del motor. Sobre las piezas sólo queda entonces la película de lubricante que está adherida a las superficies. Posteriormente, cuando se arranca el motor, las piezas se encuentran protegidas solamente por la película de aceite, ya que el sistema de lubricación no cubre todas las necesidades del motor en las primeras vueltas. Lógicamente, cuanto mayor es el periodo de tiempo que el motor ha estado sin funcionar, mayor es la probabilidad de que el aceite haya escurrido, y, por lo tanto, mayor es el riesgo de que haya desaparecido la película de lubricante que la protegía.

La untuosidad es la capacidad que tiene un aceite para adherirse a una superficie metálica. Para asegurar la lubricación de las superficies durante el arranque, es necesario que el aceite tenga una untuosidad adecuada. Esta propiedad se produce como consecuencia de la acción química que se produce entre el aceite y la superficie metálica, y es mejorada cuando la superficie tiene irregularidades que ayudan a retener al aceite sobre ella. Puede verse mejorada por la presencia de aditivos de extrema presión, que aseguran una capa de espesor molecular adherida a las superficies metálicas, aun en los casos en los cuales la presión entre las superficies, provoca la desaparición de las capas fluidas de la película de lubricante.

El aceite de los motores va perdiendo propiedades en función de las condiciones de uso. Una elevada temperatura de funcionamiento, gases procedentes de la combustión que pasan al cárter, elevadas presiones puntuales, etc... hacen que el aceite vaya perdiendo sus propiedades. Cuando el motor en el que está trabajando el aceite, es sometido a continuos arranques y paradas, se produce la condensación de unas sustancias que, se emulsionan en el aceite, y favorecen la corrosión y el desgaste que ésta provoca.

Unas temperaturas de trabajo muy elevadas provocan la descomposición del aceite, y, como consecuencia, aparecen gomas y barnices cuya acumulación puede provocar la obstrucción de las canalizaciones del circuito de engrase. La descomposición del aceite se acelera mucho a partir de los 140 'C.

Para evitar que el aceite pierda propiedades por las razones descritas, se añaden al mismo aditivos antioxidación y anticorrosión, que protegen las piezas del motor contra la corrosión y retardan su oxidación.

A bajas temperaturas, se forman unos barros en el aceite que también son perjudiciales para el funcionamiento del motor. Para dispersar estas sustancias se añaden unos aditivos a los aceites, que no dejan residuos a medida que se van consumiendo. A altas temperaturas, su eficacia no es completa, por lo que se utilizan otro tipo de aditivos que producen residuos a medida que se van consumiendo. Estos aditivos son denominados "detergentes".

La carbonilla depositada en las cámaras de combustión no es eliminada por los aceites con aditivos detergentes. Estos aditivos se encargan de arrastrar los residuos de la combustión que acceden al cárter, que no son destruidos, pero son dispersados, evitándose de esta manera que se aglomeren, formándose grumos que pueden obstruir los conductos de lubricación. También se evita la formación de depósitos producidos por la propia autodegradación del aceite con este tipo de aditivos. Los aceites con aditivos detergentes, evitan que los residuos que no han sido recogidos por el filtro puedan posarse, detenerse y adherirse.

Los aceites detergentes, cuando se añaden al motor, cambian inmediatamente de color, perdiendo la tonalidad y transparencia correspondientes a un lubricante nuevo. Aunque a priori esto puede dar la impresión de que el aceite es de mala calidad, es todo lo contrario, es decir, el aceite, ha conseguido arrastrar todas las sustancias y partículas que se encontraban dentro del cárter del motor, impidiendo que se aglutinen o posen. Tampoco se puede deducir por el color del aceite el estado en que se encuentra y la vida que le queda, ya que, por muy oscuro que se encuentre, puede ser que aún pueda asimilar más sustancias perjudiciales.

Un fenómeno a evitar en los aceites detergentes es la formación de espumas persistentes. Este tipo de espumas constituyen un problema para la bomba de aceite, ya que la existencia de burbujas de aire en el aceite, provoca deficiencias en el suministro del mismo y un aumento de la oxidación. Para evitarlo, se le añaden al aceite unos aditivos antiespumantes que consiguen que las espumas que se forman no sean de carácter permanente.

Debido a la compleja formulación de los aceites comerciales de calidad no es recomendable su mezcla, ya que se pueden producir reacciones químicas entre los aditivos de ambos aceites, cuyos resultados no son previsibles fácilmente.

2.1. Clasificación de lubricantes

La clasificación más conocida por todos es la S.A.E., pero existen otras clasificaciones como la A.P.I. (American Petroleum Institute) que ha establecido unas denominaciones para el aceite que dan una idea de la calidad y aplicaciones de cada una de ellas. Hoy en día se utilizan algunas de ellas como son las categorías "Regular", "Premium" y "HD".

La especificación "Regular", que ha caído en desuso, designaba a los aceites minerales puros, refinados y no detergentes. Los aceites incluidos en esta especificación son aptos para lubricar motores que trabajan en condiciones moderadas.

La especificación "Premium" se aplica a aceites minerales no detergentes, con inhibidores de la corrosión, que son aptos para lubricar motores que trabajan en condiciones de servicio moderadamente severas.

La especificación "HD" corresponde a aceites minerales con inhibidores de la corrosión, aditivos detergentes y dispersantes. Estos aceites designados con las iniciales de las palabras inglesas 'Heavy Duty" que significan trabajo duro, están desarrollados para motores que trabajan en las condiciones descritas por las palabras de las que provienen estas iniciales. En la actualidad, las iniciales HD designan que el aceite tiene propiedades detergentes.

Posteriormente, surgieron las especificaciones "M" para motores de gasolina que se desglosaban en "ML", "MM" y 'MS"; que son las iniciales de las palabras Motor Light, Motor Medium y Motor Severe.

La tercera clasificación API es la que actualmente está en uso, y plantea dos series de especificaciones: una de ellas es la SA, SB, SC SD, SE, SF, SG, ... y la otra la CA, CB, CC, CD, CE, ... No se puede atribuir la clasificación "S" exclusivamente a los motores de gasolina y la clasifi-

cación "C" a los motores diesel, pero suelen corresponder a estos tipos de motores.

La especificación "SA" corresponde a motores de gasolina y diesel que funcionan en condiciones de trabajo MUY ligeras. Se aplica a lubricantes a los que, como máximo, se les ha añadido aditivos para disminuir el punto de congelación y antiespumantes.

La especificación "SB" se aplica a lubricantes para motores de gasolina que trabajan en condiciones muy suaves. Los aceites designados con esta especificación no son minerales puros, sino que, además de aditivos depresores del punto de congelación y antiespumantes, contienen aditivos antioxidantes para evitar la oxidación del aceite, y aditivos anticorrosión para prevenir el rayado y deterioro de cojinetes.

La especificación "SC" que, además de tener los aditivos mencionados en la anterior clasificación, tiene ciertas propiedades detergentes, sobre todo a bajas temperaturas. Los aceites que cumplen esta especificación son muy adecuados para motores que realizan trabajos de tipo medio.

La especificación "SD" incluye a los aceites que tienen unas características más acentuadas que los del servicio "SC" y tienen una mayor capacidad para evitar la formación de depósitos tanto a bajas como a altas temperaturas.

La especificación "SE" corresponde a aceites con unas características de servicio mejores que las de los aceites "SD", que son utilizados en motores de gasolina en condiciones de trabajo severo.

La especificación "SF" corresponde a los aceites empleados en la década de los ochenta. Estos aceites tienen unos aditivos que consiguen una mejor protección de los motores que los aceites incluidos en la especificación SE.

La especificación "SG" corresponde a aceites diseñados para su utilización en modernos motores de gasolina alimentados con sistemas de inyección, propios de la década de los noventa. Actualmente, los mejores aceites del mercado cumplen la especificación "SL".

Los aceites con especificaciones SF y SG pueden ser utilizados en motores diseñados para utilizar aceites SD o SC. Pero cuando se trata de motores diseñados para la utilización de aceites SA o SB, no se deben utilizar este tipo de aceites, pues las propiedades detergentes pueden ser contraproducentes.

Otro tipo de especificaciones son las emitidas por organizaciones militares norteamericanas, y que son utilizadas en países que se sitúan dentro del ámbito militar de la OTAN. Éstas corresponden a ensayos patrón que han de superar los aceites que sean designados con las mismas. Las pertenecientes a este grupo son las siguientes:

- MIL-L-2104A: esta especificación es equiparable a la "HD" de API.
- MIL-L-2104B: esta especificación es equiparable a la "SC" de API.
- MIL-L-46152: de esta especificación. hay las siguientes subespecificaciones:
  - MIL-L-46152A equivalente a la SE de API
  - MIL-L-46152B equivalente a la SF de API
  - MIL-L-46152C equivalente a la SF de API
  - MIL-L-46152D equivalente a la SG de API

Otra importante especificación es la dictada por el Comité de Constructores del Mercado Común conocida con las siglas CCMC. Para determinar si un aceite las cumple, se deben realizar varios ensayos con unas características muy determinadas.

Las especificaciones CCMC están ordenadas en series "G" y "D", correspondientes a motores de gasolina y diesel respectivamente. Estas siglas van acompañadas de un número que diferencia los distintos niveles de protección. Así pues, la "G1" equivale a la "SE" de API, la "G2" equivale a la "SF" y la "G3" es superior a la "SF".

Otras especificaciones son las que determinan la calidad de los lubricantes en la Unión Europea, denominadas ACEA. Creadas en 1996, nacieron para sustituir a las Normas Europeas CCMC. Sus siglas significan Asociación de Constructores Europeos de Automóviles. Al igual que las especificaciones a las que sustituye, clasifica los tipos de aceite en tres grupos encabezados por una letra, de tal forma que la A sustituye a la G (motores de gasolina), la B a las letras PD (motores Diesel ligeros para uso en turismos) y la E a la D (motores Diesel para uso pesado). En la actualidad están dictadas las normas A3 y B3 que cumplen los aceites de máxima calidad para turismos así como la E4, pensada para cumplir con las futuras normas de baja emisión EURO 2, por lo que aún no son muchos los aceites que las cumplen, superando por tanto, los aceites de calidad la norma E3.

Por tanto, las especificaciones A1, A2 y A3, corresponden a motores de gasolina, siendo la última la de mayor calidad, debiendo ser la empleada en los motores destinados a un uso más severo. Otro tanto ocurre con las especificaciones B1, B2 y B3, indicadas para su empleo en turismos equipados con motores Diesel rápidos. Los motores industriales deberán utilizar un aceite que haya superado las especificaciones correspondientes a su utilización, representadas por las E1, E2, E3 y E4.

ACEA	CCMC
A1	-
A2	G4
A3	G4 ó G5
B1	-
B2	PD2
B3	PD2 y G5
E1	D4
E2	-
E3	D5

*4.11 Bis. Equivalencias entre **ACEA** y **API**.*

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS
AI	ESPECIFICACIÓN NUEVA, HOMOLOGADA PARA ACEITES DE GRAN CALIDAD, PENSADOS PARA OBTENER BAJOS CONSUMOS, POR LO QUE SU VISCOSIDAD ES BAJA. DATA DE 1996, OFRECIENDO MAYORES REQUISITOS QUE LA POSTERIOR A2, SI BIEN ES ESPECÍFICA PARA HOMOLOGACIONES DE BAJO CONSUMO.
A2	ACEITE DE CALIDAD GENERAL PARA MOTORES DE GASOLINA. FECHADA EN 1996.
A3	ACEITE DE CALIDAD ÓPTIMA, PUDIENDO SER EMPLEADO EN SUSTITUCIÓN DE LA NORMATIVA ANTERIOR. CREADA EN 1998, ES LA ESPECIFICACIÓN MÁS SEVERA PARA MOTORES DE GASOLINA.
BI	ACEITE DE CALIDAD GENERAL PARA MOTORES DIESEL DE TURISMOS. COMO TODAS LAS TIPO B, DATA DE 1996.
B2	ACEITE DE CALIDAD ÓPTIMA PARA MOTORES DIESEL EMPLEADOS EN TURISMOS ACEITE DE CALIDAD MÁXIMA PARA MOTORES DIESEL DE B3 TURISMOS, EN LOS QUE SE OBSERVAN LAS MEDIDAS ANTIPOLUCIÓN PRÓXIMAS
EI	ACEITE DE CALIDAD GENERAL PARA MOTORES DIESEL DE VEHÍCULOS PESADOS. SE DESIGNÓ EN 1996, AL IGUAL QUE TODAS LAS DE SERVICIO PESADO, A EXCEPCIÓN DE LA B4
E2	ACEITE DE CALIDAD ÓPTIMA PARA MOTORES DIESEL DE SERVICIO PESADO. REPRESENTA UNA MEJORA DE CALIDAD RESPECTO A LA ANTERIOR
E3	ACEITE DE CALIDAD MÁXIMA PARA MOTORES DIESEL DE SERVICIO PESADO. SU CALIDAD ES SUPERIOR A LAS ANTERIORES.
E4	ES LA ESPECIFICACIÓN MAS SEVERA PARA MOTORES DIESEL DE SERVICIO PESADO. ESTÁ PENSADA PARA CUMPLIR LAS FUTURAS NORMATIVAS ANTICONTAMINACIÓN EURO 2. DATA DE 1998

*4.11 Tris. Especificaciones comunitarias **ACEA**.*

Son muchos los fabricantes que determinan las pruebas que han de superar los lubricantes destinados a sus motores, por lo que en muchos casos, sobre todo en el caso de fabricantes de prestigio, son incluidos en la referencia de especificaciones que supera un lubricante, utilizándolo como argumento comercial. Lo que sí es aconsejable es utilizar un aceite cuyas especificaciones hayan sido homologadas por el fabricante. Por regla general, no hay problema en utilizar un aceite de mayor calidad de la preconizada por el fabricante, si bien existen excepciones. Así por ejemplo, los aceites E.P. no pueden ser utilizados en motores con cojinetes de bronce, pues sus aditivos lo atacan.

Asimismo, en motocicletas de 4T con lubricación compartida motor-transmisión-cambio y embrague en baño de aceite, (la mayoría, por otra parte) se ha de utilizar un aceite formulado especialmente para dichos motores, que generalmente no supera la especificación API SG, ya que de lo contrario, los aditivos añadidos al aceite para mejorar su capacidad lubricante, interfieren en el funcionamiento del embrague, provocando su arrastre y patinado. Por regla general, los aceites que superan las especificaciones API más modernas (SJ y SL), son aditivados convenientemente para así poder superar dichas pruebas, poseyendo dichos aditivos propiedades antifricción, que son las que originan los citados problemas de resbalamiento en el embrague, dado que el mismo funciona justamente por el efecto contrario, la fricción.

Por otra parte, aunque la calidad de los nuevos aceites permita prolongar los intervalos de sustitución, se han de respetar las instrucciones señaladas por el fabricante al respecto. Téngase en cuenta, que la mayoría de los motores de motocicleta, comparten lubricación con el cambio y el embrague, en los que se producen desprendimientos de material en el embrague, por ser un mecanismo basado en la fricción, así como partículas metálicas en los engranajes de la caja de cambios, que en muchos casos permanecen en suspensión. Por ello es aconsejable efectuar la renovación del aceite en intervalos cortos, para así eliminar dichos restos, impidiendo que interfieran en la lubricación general, y olvidándose de comparaciones con el mundo del automóvil, en el que el motor está aislado, en lo que a lubricación se refiere, del sistema de transmisión.

Tipos de aceite en función de su composición

La investigación en el campo de los aceites ha permitido que las especificaciones hayan ido mejorando. Este proceso de investigación ha permitido conseguir unos aceites de síntesis llamados "sintéticos". La diferencia entre estos aceites y los "minerales" es el proceso de obtención. El aceite "mineral" se obtiene mediante procesos físicos de destilación fraccionada del petróleo, mientras que los aceites "sintéticos" han sido fabricados mediante procesos químicos.

La gran ventaja que ofrecen los aceites sintéticos, es que no se descomponen al entrar en contacto con las zonas de mayor temperatura, y son muy estables térmicamente. Los aceites sintéticos tienen un índice de viscosidad muy superior al de los aceites denominados "minerales" comunes. Este índice suele estar situado en torno al 200 en los aceites sintéticos, mientras que los aceites minerales monogrados suelen tener un índice alrededor del 105 y los mejores multigrados difícilmente llegan al 150.

Estos aceites se empezaron aplicando en la competición, por las ventajas anteriormente citadas, y actualmente también se emplean en motores de uso diario. La estabilidad y duración de estos aceites es superior a la de los minerales, por lo que los periodos de cambio de aceite se pueden separar más, sin perjuicio para el motor.

La aplicación de aceites sintéticos en motores de dos tiempos permite rebajar la proporción de aceite en la mezcla aceite/gasolina. Estos aceites tienen un precio superior a los minerales, lo cual supone un inconveniente a la hora de su utilización. Por esta razón la mayoría de los aceites que se comercializan son semisintéticos, es decir, son una mezcla de aceite mineral y sintético. Esto no supone ningún desmerecimiento para estos aceites, y de esta manera pueden comercializarse a un precio más razonable.

Lo mismo ocurre en los aceites "sintéticos" comercializados para motores de cuatro tiempos. Estos aceites tampoco son 100% sintéticos ya que una composición de este tipo implicaría un precio, comercialmente hablando, prohibitivo. Los aceites sintéticos que se encuentran en el mercado son en realidad mezclas homogéneas de aceites sintéticos y minerales. De esta manera, se obtiene una solución de compromiso, que permite ofrecer un aceite con una interesante relación calidad/precio, sin que por ello se deba pagar una cantidad excesiva, debido a los altos costos de la elaboración en los laboratorios de productos a gran escala.

Los aceites multigrados fabricados con base sintética se obtienen haciendo una mezcla de aceite de síntesis de baja graduación SAE (p.e. SAE 10W o similar) y de un aceite mineral de elevada viscosidad (p.e. un SAE 50).

El aceite de síntesis ofrece una untuosidad superior al aceite mineral, por lo que la protección del motor durante el arranque es superior con un aceite sintético. Cuando el motor trabaja a bajas temperaturas es cuando actúa la fracción de síntesis, posteriormente, cuando el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento, es cuando interviene en mayor medida la parte mineral. De esta manera se reducen los desgastes mecánicos y el consumo de aceite, en comparación con los multigrados minerales comunes, cuya base es mucho más volátil y por ello se evapora con mayor facilidad.

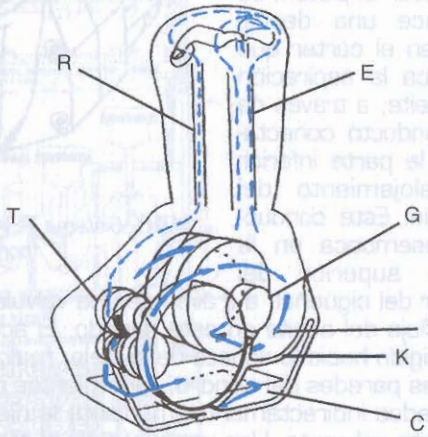
Recientemente se han incorporado al mercado aceites 100% sintéticos, que suponen un gran salto cualitativo, incluso frente a los tradicionales de base sintética mezclados con mineral. Constituyen por tanto la oferta de mayor calidad en el campo de los lubricantes.

3. LUBRICACIÓN EN EL MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

Los motores de cuatro tiempos cuentan con un sistema de engrase que se encarga de hacer llegar a cada elemento la cantidad de aceite que necesita para su correcta lubricación. A diferencia de los motores de dos tiempos, el aceite no se mezcla con la masa aire/gasolina que entra en el motor, sino que circula por los conductos del sistema de engrase, lubrica los elementos sometidos a rozamiento, y vuelve al depósito del cual ha partido.

3.1. Engrase por barboteo

Este es el sistema de lubricación más sencillo. El aceite va contenido en el cárter C, como en la Fig. 4.12, que es común para el motor, el embrague y el cambio. Los dientes situados en el exterior del embrague, que a su vez engranan con el piñón G del cigüeñal, recogen el aceite del cárter. Debido al movimiento del embrague, el aceite sale despedido, y parte del mismo va a parar a la bandeja K, siguiendo las flechas Z. De esta bandeja pasa por un orificio a la cabeza de la biela, y el giro del volante (a la izquierda de la figura), lo envía a los engranajes del cambio T. De esta manera, el aceite resulta batido y pulverizado, formándose una niebla que rocía a todos los órganos en movimiento, como por ejemplo los cojinetes y las paredes del cilindro. La niebla de aceite que rocía el motor, sube por el conducto E hacia los empujadores y colas de válvulas; después este aceite cae junto con el sobrante por los conductos R y E al cárter C.

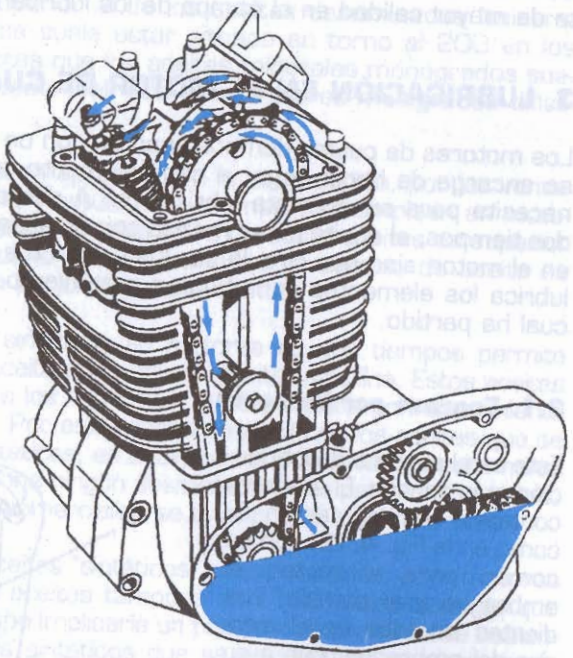


4.12. Sistema de engrase por barboteo.

Frente a la ventaja que supone la simplicidad mecánica de este sistema de engrase, se encuentran limitaciones técnicas en motores de altas

prestaciones, con elevadas exigencias de lubricación, y limitaciones de diseño en motores de varios cilindros.

Un ejemplo de este tipo de motores es el monocilíndrico de cuatro tiempos de media cilindrada fabricado por Husqvarna, de la figura 4.13. El funcionamiento del sistema de engrase de este motor es muy sencillo. El cárter donde se aloja el cigüeñal es cerrado y forma un conjunto compacto, como el de un motor de dos tiempos. Al ascender el pistón, se produce una depresión en el cárter que provoca la aspiración de aceite, a través de un conducto conectado a la parte inferior del alojamiento del cambio. Este conducto desemboca en la parte superior del cárter del cigüeñal, a través de una válvula unidireccional, que sólo permite el flujo del aceite en este sentido. El aceite bombeado de esta manera es dirigido hacia la cabeza de la biela, realizando de esta manera su engrase. Las paredes del cilindro, rodamientos del cigüeñal y el pie de biela, son lubricados indirectamente, mediante la niebla de aceite que se forma con el aceite sobrante. Una vez finalizado el movimiento ascendente del pistón, comienza el movimiento descendente, que comprime la mezcla de aire y aceite que se ha formado en el cárter y la expulsa a través de una válvula unidireccional hacia el vano de la transmisión primaria. En el extremo izquierdo del cigüeñal está situado el piñón que mueve la distribución, mediante la correspondiente cadena. Como se puede ver en la figura, este piñón y la cadena están sumergidos parcialmente en el aceite, que también lubrica el cambio, embrague, transmisión primaria, etc... Los elementos de la culata (balancines, árbol de levas, válvulas, ...) son lubricados mediante la niebla de aceite que se produce por el arrastre del mismo efectuado por la cadena de la distribución, cuyo movimiento es el indicado por las flechas.

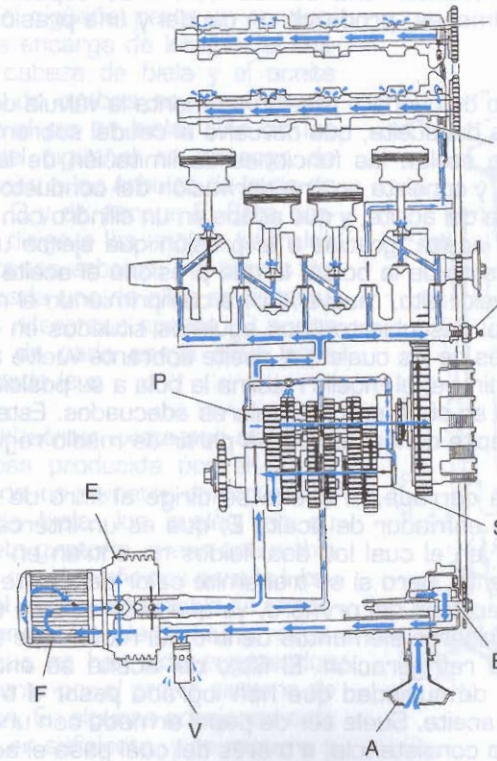


4.13. Sistema REV de engrase por barboteo empleado por la firma Husqvarna.

3.2. Engrase a presión

El sistema anterior presenta unas limitaciones bastante grandes, que no le permiten satisfacer las exigencias de los actuales motores, de cuatro tiempos. El aumento de las prestaciones de estos motores conlleva la necesidad de adoptar mejoras como la incorporación de cojinetes lisos lubricados con aceite a presión. La lubricación existente en el interior de estos cojinetes es de tipo hidrodinámica o fluida. Para obtener la presión y caudal de aceite necesarios, es preciso dotar a este sistema de una bomba, que impulse el aceite a través del circuito de engrase hasta llegar a los cojinetes sobre los que se apoyan elementos del motor tales como el cigüeñal, las bielas, los árboles de levas,

Actualmente, en la mayoría de los motores de cuatro tiempos, el aceite se encuentra en el propio cárter y desde él es aspirado por la bomba de aceite. Este tipo de motores reciben el nombre de motores de "cárter húmedo". Los que cuentan con un depósito independiente para el aceite son denominados motores de "cárter seco".



4.14. Esquema de un circuito de engrase por cárter húmedo de una motocicleta Honda.

3.3. Cárter húmedo

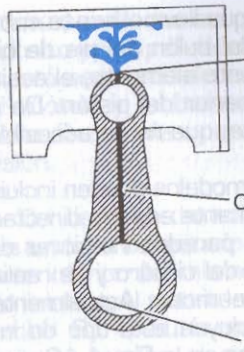
La Fig. 4.14 muestra un diagrama del sistema de lubricación de un motor de cuatro tiempos, cárter húmedo, cuatro cilindros en línea y doble árbol de levas. Esta configuración de motor es bastante frecuente en cuanto a su disposición y constitución.

El recorrido que realiza el aceite desde el cárter del motor, que actúa como depósito ya que es de "cárter húmedo", hasta los distintos elementos que ha de lubricar es el siguiente. El aceite es aspirado por la bomba B a través del tamiz A, que se encuentra sumergido en el seno de este fluido, y que además realiza las funciones de filtrado inicial de partículas gruesas que pueden dañar la bomba del aceite, e incluso obstruirla. La bomba de aceite generalmente es accionada por el cigüeñal, o, en su defecto, por uno de los elementos cuyo movimiento es continuo durante el funcionamiento del motor. La presión y caudal que esta bomba suministra, depende del régimen de giro del motor. Para satisfacer los requerimientos en cuanto a lubricación del motor a bajos regímenes, es necesario montar una bomba con unas especificaciones tales, que a altos regímenes, produzca un caudal y una presión excesivas.

Para evitar este exceso de caudal y presión se monta la válvula de alivio V, a la salida de la bomba del aceite, que devuelve el caudal sobrante al cárter. El mecanismo que realiza las funciones de limitación de la presión suele ser muy sencillo, y consiste en una derivación del conducto del aceite que sale de la bomba del aceite, y que acaba en un cilindro con una bola que cierra el paso del aceite, gracias a la presión que ejerce un muelle situado en la cara opuesta de la bola a la que presiona el aceite. Cuando la presión alcanza un valor alto, mueve la bola comprimiendo el muelle de tal manera, que deja al descubierto unos agujeros situados en las paredes del cilindro, a través de los cuales, el aceite sobrante vuelve al cárter. Cuando la presión disminuye, el muelle retorna la bola a su posición inicial, una vez que la presión se sitúa en unos valores adecuados. Este ciclo de apertura y cierre se repite continuamente a partir de medio régimen.

Cuando la válvula está cerrada, el aceite se dirige al filtro de aceite F, pasando antes por un enfriador de aceite E, que es un intercambiador de calor agua/aceite, en el cual los dos fluidos no entran en contacto físico en ningún momento, pero sí se transmite calor del aceite al agua, disminuyendo la temperatura del primero, ya que éste se va a encargar posteriormente de refrigerar elementos dentro del motor que son inaccesibles al sistema de refrigeración. El filtro del aceite se encarga de retener las partículas de suciedad que han logrado pasar a través del tamiz de la bomba del aceite. Suele ser de papel armado con una estructura metálica que le da consistencia, a través del cual pasa el aceite con fluidez cuando el filtro está limpio. En el caso de que la suciedad obstruya el elemento filtrante, existe una válvula de funcionamiento, similar a la de descarga, que permite el paso directo del aceite, evitando su paso por él.

Después de pasar el filtro de aceite se produce una división del conducto del aceite en dos ramales de distinto diámetro. El de menor sección se dirige a los ejes secundario S y primario P del cambio, lubricando de esta manera los cojinetes, rodamientos, piñones,... del conjunto del cambio. El conducto de mayor sección se dirige a la bancada del cigüeñal, dividiéndose en tantos conductos como apoyos cuenta el cigüeñal. Al final del conducto repartidor del aceite se encuentra el manocontacto de presión del aceite I. De cada uno de los cojinetes de los apoyos del cigüeñal parte un conducto que se encarga de lubricar el cojinete de cabeza de biela y el aceite sobrante de ambos se encarga de engrasar el pie de biela. Uno de los apoyos del cigüeñal se encarga de enviar aceite a los árboles de levas de admisión D y de escape E. Este conducto se dirige a los apoyos laterales de los citados árboles, y a través del interior, cada uno de ellos se distribuye en los diferentes apoyos. El aceite sobrante de cada apoyo sirve para lubricar cada leva.



4.15. Sistema de engrase del pie de la biela mediante una canalización interio a presión con un inyector final para refrigerar el pistón.

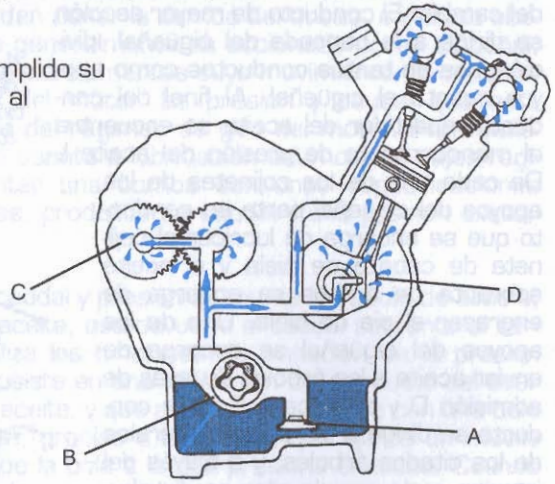
Dentro del cárter existe una atmósfera aceitosa producida por el aceite que sale de los cojinetes del cigüeñal y cabeza de biela, los cuales, en su movimiento giratorio, crean una niebla de aceite muy beneficiosa para la lubricación del motor. Esta niebla se encarga de lubricar los elementos y mecanismos que no han sido engrasados directamente por el propio sistema de lubricación. En algunas ocasiones esta niebla no es suficiente, y se recurre a una canalización C en el interior de la

4.16. Inyector de aceite.

biela, que lleva el aceite sobrante del cojinete de la cabeza de biela A, al cojinete del bulón del pie de biela P, mostrado en la Fig. 4.15. Una vez lubricado este elemento, el aceite sobrante es dirigido contra la superficie interna superior del pistón. De esta manera, se consigue refrigerar esta zona caliente, que no es accesible al sistema de refrigeración general del motor.

Otros modelos pueden incluir inyectores de aceite de alta presión, en los que el lubricante enviado directamente por la bomba de engrase es lanzado contra las paredes interiores del pistón. De esta manera se aumenta la lubricación del cilindro y se realizan importantes tareas de refrigeración en esa zona del motor. Actualmente, gran cantidad de motores de altas prestaciones incluyen este tipo de inyectores, que se pueden apreciar en la Fig. 4.16.

Una vez que el aceite ha cumplido su misión, vuelve por gravedad al cárter, resbalando por las paredes interiores del motor. El cárter cumple a su vez una misión refrigerante, para lo cual se le suele dotar con unos pequeños aleteados que, aprovechando el flujo del aire, enfrían el aceite. Asimismo, para conseguir una mayor refrigeración, se diseñan los motores que utilizan este tipo de engrase, con una mayor cantidad de aceite.

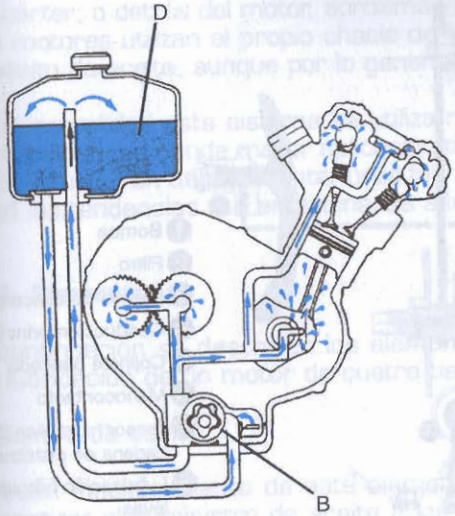


4.17. Esquema de lubricación por cárter húmedo.

En la Fig. 4.17, se puede ver un esquema del sistema de lubricación a través de la sección vertical de un motor. El aceite contenido en el cárter es aspirado por la bomba de aceite B a través del tamiz A, e impulsado por la misma a través de un conducto hacia el conjunto del cambio C y el cigüeñal D. De la ramificación del conducto que va hacia el cigüeñal surge otra que va hacia los árboles de levas y válvulas. Estos conductos se encargan de lubricar los cojinetes donde se apoyan estos elementos, y el aceite sobrante se encarga de engrasar los restantes elementos, que no requieren un sistema de alta presión para este fin.

3.4. Cárter seco

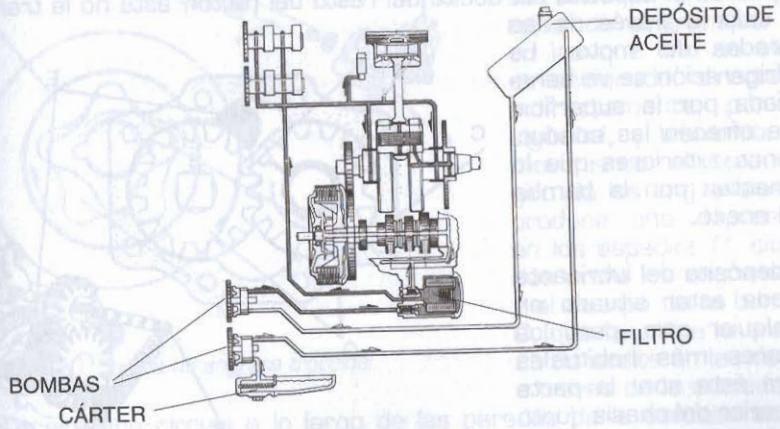
Partiendo de un esquema similar al anterior, en la Fig. 4.18 se puede observar un sistema de cárter seco, cuyas diferencias con el sistema



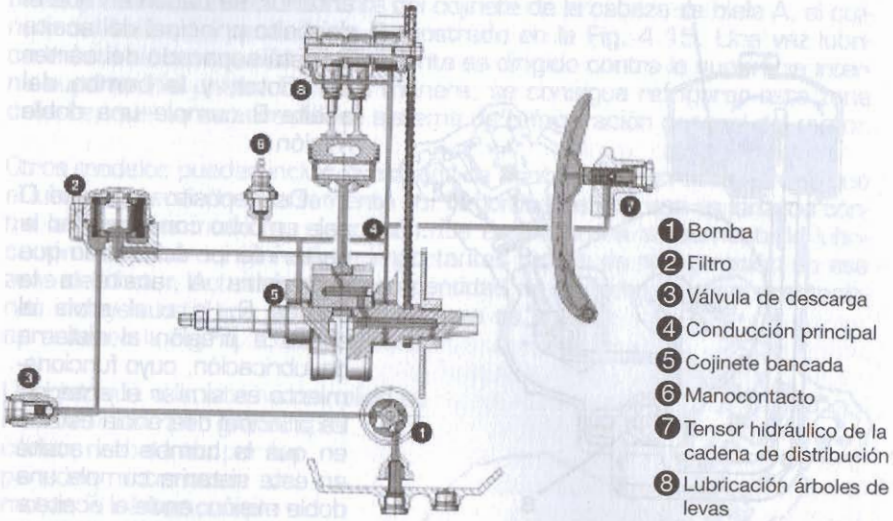
4.18. Esquema de lubricación por cárter seco.

anterior, se basan en que el depósito principal del aceite D, está separado del cárter del motor, y la bomba del aceite B cumple una doble misión.

Del depósito de aceite D sale un tubo conectado en la parte inferior del mismo que suministra el aceite a la bomba B, la cual envía el aceite a presión al sistema de lubricación, cuyo funcionamiento es similar al anterior. La principal diferencia estriba en que la bomba del aceite en este sistema cumple una doble misión: envía el aceite a presión a través del sistema de lubricación, a los diferentes elementos y, además, aspira el aceite que llega al cárter motor a través de los diferentes orificios de retorno. El aceite que la bomba toma del cárter ha de pasar primero por un tamiz que evita la entrada de partículas gruesas en el sistema de lubricación, al igual que el filtro que hay a la salida del depósito del aceite, a través del cual se envía el aceite a la bomba, que debe ser por tanto doble, o en caso contrario contarse con dos unidades independientes, de manera que cada una realice una de las misiones. Esta última opción es la más utilizada.



4.18 Bis. Motor monocilíndrico con circuito de engrase a baja presión.

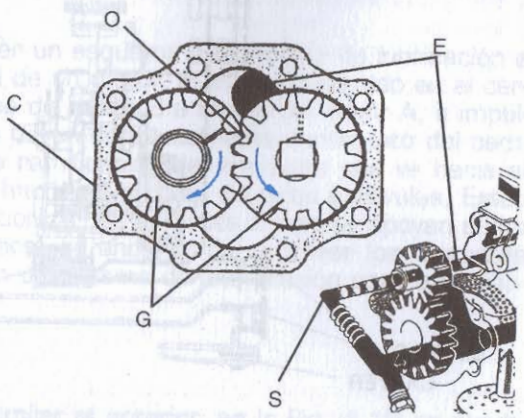


4.18 Tris. Principales componentes de un circuito de engrase.

Como este sistema no necesita tanto espacio en el cárter para contener aceite, permite que el motor tenga un volumen más pequeño y por lo tanto que se pueda colocar más abajo en el chasis de la motocicleta, bajándose el centro de gravedad, y mejorando por tanto el comportamiento dinámico de la moto.

Esta configuración consigue refrigerar mejor el aceite, ya que, al estar separado el depósito del aceite del resto del motor, éste no le transmite calor a través de las paredes del motor. La refrigeración se ve beneficiada por la superficie que ofrecen las conducciones exteriores que lo conectan con la bomba del aceite.

El depósito del lubricante puede estar situado en cualquier sitio, pero los lugares más habituales para éste son: la parte superior del chasis, junto al depósito de la gasolina; en un depósito cerca



4.19. Bomba de engrase de engranajes.

del cárter; o detrás del motor, aproximadamente debajo del asiento. Algunos motores utilizan el propio chasis de la motocicleta como conducto y depósito de aceite, aunque por lo general el depósito está separado.

En la actualidad este sistema se utiliza muy poco, y es en los motores monocilíndricos donde mayor aplicación tiene. En los motores diseñados y construidos en décadas anteriores fue más utilizado, pero en la actualidad las tendencias van encaminadas a la utilización del cárter húmedo.

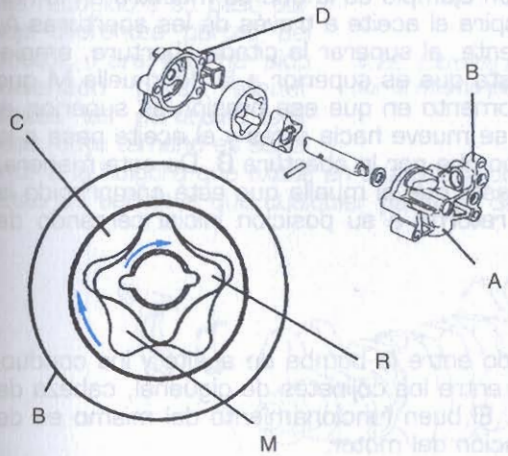
3.5. Elementos

A continuación se describen los elementos que constituyen el sistema de lubricación de un motor de cuatro tiempos.

- ***Bomba de aceite***

El buen funcionamiento de este elemento es de vital importancia para garantizar el suministro de aceite a los elementos del motor. La mayoría de las bombas utilizadas en los motores actuales de motocicletas son rotativas, es decir, que el aceite es impulsado por el giro de los rotores interiores de las mismas.

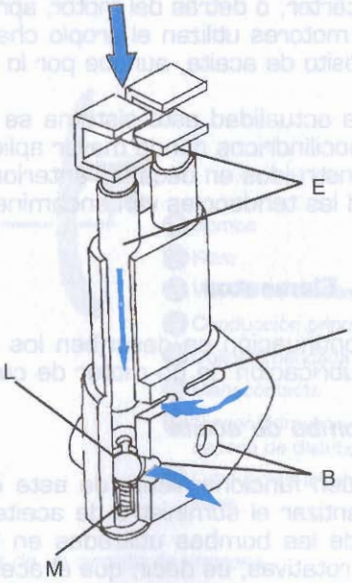
Los tipos más frecuentes de bombas rotativas son las de engranajes, como la de la Fig. 4.19 y las trocoidales de la Fig. 4.20. Las primeras basan su funcionamiento en parejas de engranajes G, en las que uno de ellos es accionado, directa o indirectamente, por el cigüeñal, y transmite el movimiento al otro. El giro de los engranajes G produce una depresión en los espacios O, situados entre los engranajes y el cuerpo de la bomba C, que favorece la entrada de aceite en la misma a través de la entrada E.



4.20. Bomba de engrase trocoidal.

Este aceite que circula a lo largo de las paredes de la carcasa envolvente, es proyectado fuera por la salida S. El otro tipo de bombas rotativas son las de tipo trocoidal, ilustradas en la Fig. 4.20, y están com-

puestas por un rotor R, situado con una cierta excentricidad respecto a la carcasa, que es accionado, directa o indirectamente, por el cigüeñal; y por un cuerpo C que gira movido por el rotor dentro de la carcasa. El aceite entra a través de la abertura A de la carcasa B a una cámara M formada por la carcasa D, el cuerpo C y el rotor R. Esta cámara va reduciendo su volumen, debido a la excentricidad con la que está colocado el rotor, que hace que disminuya la distancia entre éste y el cuerpo C. Esta disminución de volumen implica un aumento de presión que alcanza su valor máximo al llegar a la altura de la abertura B, que es la salida del aceite.



4.21. Bomba de engrase de émbolos.

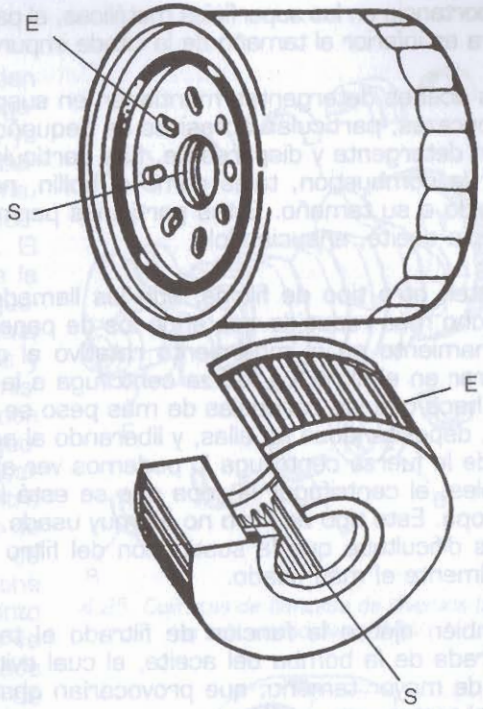
Otro tipo de bombas, muy poco frecuentes en los motores actuales, son las lineales, más conocidas como "bombas de émbolo". Un ejemplo es la que se muestra en la Fig. 4.21; en ella, el émbolo E aspira el aceite a través de las aberturas A, y en su movimiento descendente, al superar la citada abertura, empieza a aumentar la presión hasta que es superior a la del muelle M que comprime la bola L. En el momento en que esa presión es superior, el muelle se comprime, la bola se mueve hacia atrás y el aceite pasa a la otra cámara, saliendo de la bomba por la abertura B. De esta manera, la presión va disminuyendo hasta que el muelle que está comprimido la supera, y hace que la bola retorne a su posición inicial cerrando de nuevo el paso.

- ***Filtro del aceite***

Este elemento está intercalado entre la bomba de aceite y los conductos que distribuyen el mismo entre los cojinetes de cigüeñal, cabeza de biela, árboles de levas, etc... El buen funcionamiento del mismo es de vital importancia para la duración del motor.

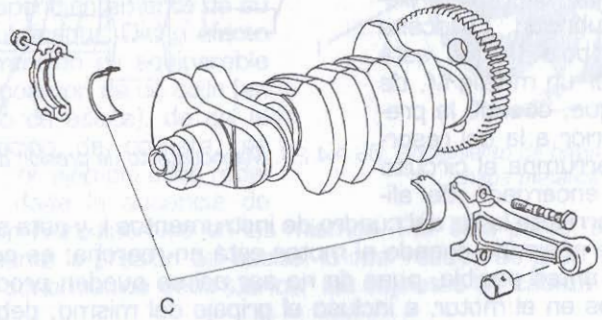
Normalmente, suelen ser de tipo desechable, es decir, después de trabajar durante un determinado periodo de kilómetros o tiempo, se reemplaza por otro nuevo. El elemento filtrante P es papel con una textura que permite el paso del aceite, que entra por la parte exterior E y sale por el canal central S, pero no el de las partículas perjudiciales. En la

Fig. 4.22 se observa uno de ellos. Para aumentar la superficie de contacto con el aceite, y, por tanto, la capacidad de filtrado, el papel presenta un gran número de pliegues. Los filtros que se sitúan en el exterior están cerrados herméticamente, de manera que el recorrido que sigue el aceite tiene su entrada por las aberturas periféricas E y su salida por el canal central S, ambas situadas en uno de los lados del filtro, que se une por esta zona al sistema de engrase mediante una rosca interior.



4.22. Filtro de aceite exterior con entrada y salida por el mismo plano, e interior con entrada periférica y salida central.

El filtro de aceite se encarga de retener las partículas abrasivas, que el aceite ha recogido a su paso por las diferentes partes del motor. Para ello ha sido diseñado para retener todas las partículas sólidas, cuyo tamaño es superior a la holgura que existe en cualquiera de los cojinetes de la Fig. 4.23. Esto es debido a que cualquier partícula de este tipo causaría daños de



4.23. Cojinetes de cabeza de biela de una motocicleta BMW.

importancia en las superficies metálicas, al pasar entre dos piezas cuya holgura es inferior al tamaño de la citada impureza.

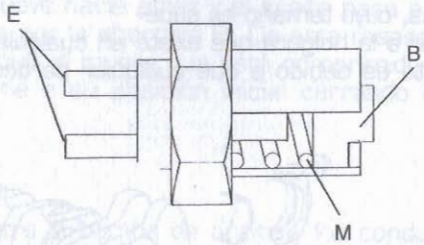
Los aceites detergentes mantienen en suspensión, entre otras muchas impurezas, partículas abrasivas de pequeño tamaño, debido a su condición detergente y dispersante. Las partículas microscópicas generadas por la combustión, tales como el hollín, no son retenidas por el filtro debido a su tamaño. Estas partículas permanecen en suspensión en el propio aceite, ensuciándolo.

Existen otro tipo de filtros; son los llamados centrífugos, cuyo uso es mucho más reducido que el de los de papel. Estos filtros basan su funcionamiento en el movimiento rotativo al cual se somete al aceite, al entrar en el filtro. La fuerza centrífuga a la que se ve sometida el aceite, hace que las partículas de más peso se peguen a las paredes del filtro, depositándose en ellas, y liberando al aceite de las mismas. El efecto de la fuerza centrífuga lo podemos ver aplicado en las lavadoras, las cuales, al centrifugar la ropa que se está lavando, separan el agua de la ropa. Este tipo de filtro no es muy usado, debido a que su limpieza es más dificultosa que la sustitución del filtro de aceite de papel, que es realmente el más usado.

También ejerce la función de filtrado el tamiz que se encuentra a la entrada de la bomba del aceite, el cual evita la entrada de las partículas de mayor tamaño, que provocarían obstrucciones y daños seguros en el motor.

• *Manocontacto de presión de aceite*

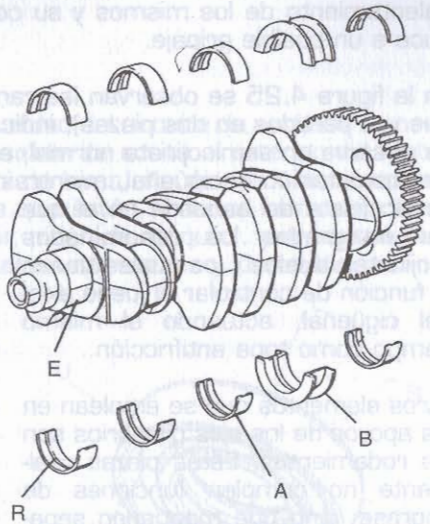
En la Fig. 4.24 se muestra un indicador de presión de aceite. Suele estar situado en la galería de distribución que reparte el aceite a los diferentes elementos a lubricar. El aceite empuja una bola B que está soportada por un muelle M, de tal manera que, cuando la presión es superior a la del resorte M, se interrumpe el circuito eléctrico E, encargado de alimentar de corriente la luz del cuadro de instrumentos I, y esta se apaga. Si esta luz se enciende cuando el motor está en marcha, es conveniente pararlo lo antes posible, pues de no ser así se pueden producir graves deterioros en el motor, e incluso el gripaje del mismo, debido a los contactos metal metal que se producen cuando la presión de aceite es inferior a la necesaria.



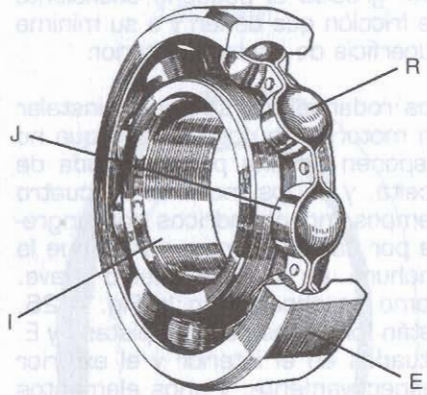
4.24. Manocontacto de presión de aceite.

• *Cojinetes*

Estos elementos se pueden considerar como una prolongación del sistema de engrase, ya que en ellos desemboca el aceite que envía el citado sistema. En ellos se produce una lubricación de tipo hidrodinámico. El aceite llega a presión desde la bomba, por el interior del cigüeñal, lubricando los cojinetes lisos gracias a unos orificios y ranuras practicadas en los mismos al efecto, coincidentes con las salidas de aceite del cigüeñal. Debido a la necesaria y calculada holgura existente entre el cojinete y el cigüeñal (tanto de bancada como de cabeza de biela), el aceite se interpone entre ambos. Crea por tanto una película cuyo grosor se ve incrementado con el giro, dado que se produce un efecto de bombeo en el aceite, al arrastrar las capas del mismo, en contacto con la pieza en movimiento, a las capas interiores. El aceite por tanto se interpone entre las superficies en movimiento con gran presión, generándose un efecto de sustentación, independientemente de su función lubricante. Dicho efecto de sustentación es equiparable a la interposición de un cojín (en este caso de aceite), de ahí la denominación de cojinete, no aplicable por ejemplo a los rodamientos, dada la ausencia de lubricación hidrodinámica en los mismos. Por otra parte, se incrementa puntualmente la presión del aceite, lo cual resulta de gran eficacia, puesto que a continuación debe lubricar los cojinetes de cabeza de biela.



4.25. Cojinetes de bancada de diversos tipos en una motocicleta BMW.



4.26. Rodamiento de bolas con jaula de chapa metálica.

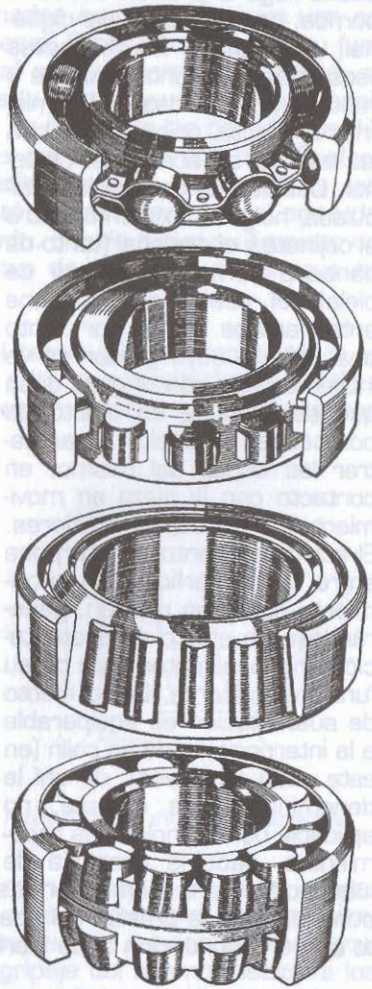
El aceite además, cumple una función refrigerante, para lo cual el cojinete necesita un caudal determinado, que durante su paso absorbe

parte del calor y, por lo tanto, hace que conserve una temperatura adecuada. La falta de lubricante en estos elementos puede provocar el calentamiento de los mismos y su consiguiente dilatación, lo cual conduce a un posible gripaje.

En la figura 4.25 se observan las ranuras de los semicojinetes (puesto que van partidos en dos piezas), indicadas con la letra R. Con la letra A se observa un semicojinete normal, en este caso de bancada, al servir de sustentación al cigüeñal, mientras que con la letra B se observa un semicojinete de bancada en el que van integrados los denominados "cojinetes axiales", los cuales tienen la función de controlar el juego axial del cigüeñal, actuando al mismo tiempo como tope antifricción.

Otros elementos que se emplean en los apoyos de los ejes giratorios son los rodamientos. Estas piezas realmente no cumplen funciones de engrase, sino que mantienen separadas las piezas en contacto y permiten su rápido desplazamiento relativo, gracias al pequeño coeficiente de fricción que tienen y a su mínima superficie de contacto interior.

Los rodamientos se suelen instalar en motores de dos tiempos que no disponen de una película sólida de aceite, y en los motores de cuatro tiempos monocilíndricos con engrase por cárter seco, o en los que la anchura es un parámetro clave. Como se observa en la Fig. 4.26, están formados por dos pistas I y E, situadas en el interior y el exterior respectivamente, y unos elementos rodantes R, encajados en su interior. El funcionamiento del rodamiento es muy sencillo; cada una de las pistas se instala solidariamente con uno de los ejes, de manera que el giro es compensado por los elementos rodantes. Éstos se encuentran separados entre sí a una distancia concreta por medio de una



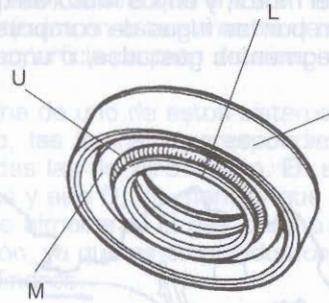
4.27. Diversos tipos de rodamientos.

jaula J que puede tener varias formas. Los elementos rodantes pueden ser bolas, rodillos, rodillos cónicos, agujas, etc..., tal y como se muestra en la Fig. 4.27.

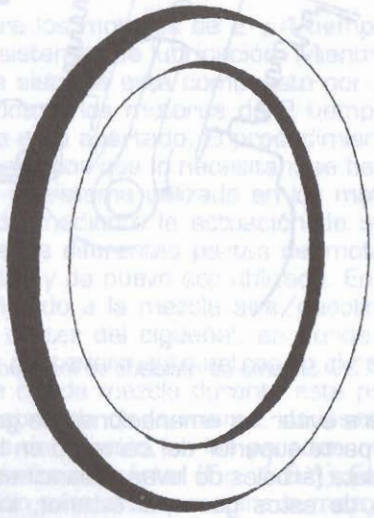
• ***Retenes y juntas tóricas***

Para conseguir una buena estanqueidad del circuito de engrase es necesario utilizar juntas que eviten la salida de aceite al exterior del motor. Las piezas como el cigüeñal, árbol de levas, eje de salida del cambio... se conectan con otros elementos que están situados fuera del cárter, como son el encendido, alternador, piñón de ataque... y necesitan para asegurar su estanqueidad la utilización de retenes y juntas tóricas.

Estas últimas son de tipo anular. En el caso de los retenes, que se muestran en la Fig. 4.28, el ajuste que realiza con el eje soporta mayor presión que las juntas tóricas de la Fig. 4.29. Esto es debido a que los retenes tienen unos refuerzos metálicos M que le ayudan a mantenerse en su alojamiento, y además cuenta con un pequeño muelle U que asegura el ajuste entre el labio L y el eje interior. Este contacto se realiza mediante una pequeña superficie que cuenta con uno o varios labios L, que forman un pequeño laberinto que impide la salida del aceite. Las juntas tóricas son unos anillos elásticos de goma que se ciñen a los ejes y se encajan en unas ranuras circulares que los sujetan. Algunos retenes, dada la disposición de sus labios. Sólo son aptos para un determinado sentido de giro, en el cual ofrecen garantías que uno convencional.



4.28. Retén.



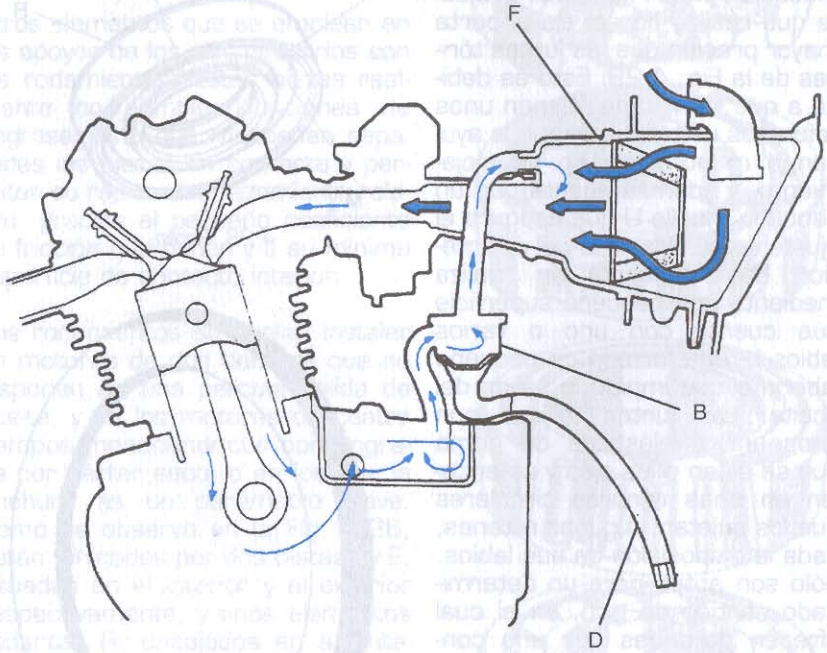
4.29. Junta tórica.

Los retenes se utilizan en elementos que son lubricados con aceite a presión, tales como el cigüeñal, árboles de levas... mientras que las juntas tóricas se montan en puntos en los que

el engrase no se realiza a presión, como por ejemplo el eje del selector del cambio.

3.6. Contaminación

La niebla que se produce en el interior del motor de cuatro tiempos favorece la lubricación de todas las piezas del motor. Estos gases que lubrican el motor también tienden a salir del mismo, debido a la presión que existe en el interior del cárter. Si no existiera una salida específica para estos gases, la presión aumentaría hasta que, forzando una junta, consiguiera salir al exterior. La vaporización del aceite es favorecida por el calor del motor, y en los motores que presentan importantes desgastes, también por las fugas de compresión que se producen por el efecto de unos segmentos gastados, o unos cilindros ovalizados.



4.30. Sistema de reciclado de los vapores de aceite originados en el cárter del motor.

Para evitar las emanaciones de gases de aceite al exterior se montan en la parte superior del cárter, o en la tapa que cubre los mecanismos de la culata (árboles de levas, balancines...), un laberinto que obstaculiza la salida de estos gases al exterior, imponiendo un tortuoso recorrido a los gases del aceite. El contacto de éstos con las paredes del laberinto hace que se enfríen, y una parte de ellos se condensan, volviendo a su estado

líquido. La fracción que vuelve a su estado inicial, escurre por las paredes del cárter, y es utilizada de nuevo con el resto del aceite. Los gases que consiguen superar este laberinto son conducidos al sistema de admisión de aire del motor a través de un conducto que se conecta a la caja del filtro del aire, o a los tubos de entrada de aire en los carburadores, mezclándose así con el aire que pasa por el sistema de alimentación, y entran en el motor para ser quemados, formando parte de la mezcla aire/combustible. De esta manera, los hidrocarburos que componen estos gases del aceite, salen al exterior del motor quemados, rebajando considerablemente de esta manera el efecto contaminante de los mismos.

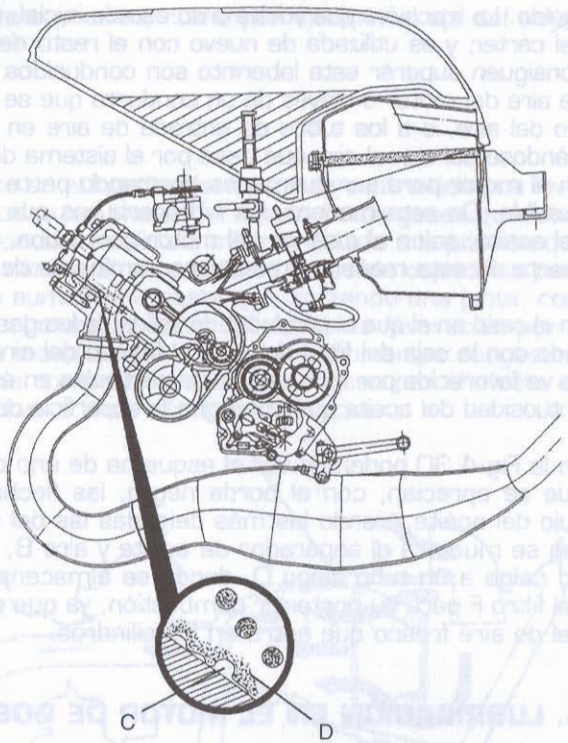
En el caso en el que el conducto de salida de los gases de aceite está conectado con la caja del filtro del aire, el filtrado del aire que entra en el motor, se ve favorecido por la retención de partículas en este elemento debido a la untuosidad del aceite que impregna la superficie de paso del aire.

En la Fig 4.30 podemos ver el esquema de uno de estos sistemas en el que se aprecian, con el borde negro, las flechas correspondientes al flujo del aceite, siendo las más delgadas las del aire fresco. En el sistema se muestra el separador de aceite y aire B, de manera que el líquido caiga a un tubo ciego D, donde se almacene. El gas pasa a la caja del filtro F para su posterior combustión, ya que es empujado por el caudal de aire fresco que entra en los cilindros.

4. LUBRICACIÓN EN EL MOTOR DE DOS TIEMPOS

Las diferencias de funcionamiento entre los motores de 2 y 4 tiempos se reflejan también en los respectivos sistemas de lubricación. Mientras que en los motores de 4 tiempos este sistema está compuesto por un gran número de mecanismos y conductos, los motores de 2 tiempos son más sencillos en lo que respecta a este apartado. El procedimiento para hacer llegar el lubricante a los elementos que lo necesitan, se basa en conceptos totalmente distintos. En el sistema utilizado en los motores de 4 tiempos, el aceite es enviado mediante la actuación de una bomba a través de varios conductos a las diferentes partes del motor, para, posteriormente, regresar al cárter y de nuevo ser utilizado. En el motor de dos tiempos el aceite es añadido a la mezcla aire/gasolina, formando una niebla que entra en el cárter del cigüeñal, en donde la mezcla sufre una precompresión, para posteriormente entrar en el cilindro. Las diferencias de velocidad de la citada mezcla durante este proceso, ayudan a que el aceite C se desprenda de la misma, depositándose en la parte inferior de las paredes del cilindro, en las paredes interiores del pistón y en los elementos móviles del cárter (Fig. 4.3 1). Este efecto se ve apoyado por una destilación parcial D que sufre la mezcla, al entrar en contacto con los elementos metálicos que va a lubricar, debido a la temperatura a la que se encuentran éstos.

Este sistema de lubricación no consigue una película de lubricante óptima, o por lo menos no tan buena como en los motores de cuatro tiempos. El engrase a presión utilizado en éstos, permite hacer llegar a cada uno de los elementos la cantidad necesaria de aceite para formar una película con un espesor suficiente y conseguir una lubricación fluida. Por esta razón los apoyos del cigüeñal se realizan a través de rodamientos en vez de cojinetes, ya que el lubricante normalmente no llega con la presión y caudal suficientes, sino que es aportado por la mezcla aire/aceite/gasolina que impregna los rodamientos, aportando una fina capa de lubricante, según los efectos descritos. La cabeza de la biela, por la misma razón que los apoyos del cigüeñal, normalmente es soportada por un rodamiento de rodillos debido a que éste ofrece una mayor superficie de contacto sobre la que repartir el empuje del pistón. En el pie de biela se recurre a una jaula de agujas (aunque algún modelo veterano las traía sueltas) o un cojinete antifricción de bronce, con orificios para que penetre el aceite. La parte alta del cilindro es lubricada por el aceite que aún no se ha separado de la mezcla, y que entra en el cilindro. No es conveniente que la cantidad de aceite que llega a esta zona sea excesiva, ya que entonces produciría un exceso de residuos sólidos, denominados "carbonilla", que perjudican notablemente el funcionamiento del motor.

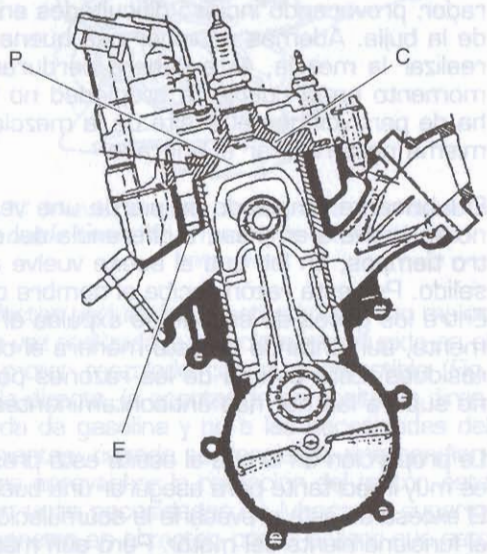


4.31. Separación del aceite y de los vapores de la gasolina al entrar en contacto la mezcla con las paredes metálicas.

Los lugares más frecuentes donde se forman estos depósitos sólidos son la culata C, la cabeza del pistón P y la lumbrera de escape E (Fig. 4.32). Otra de las consecuencias es la necesidad de un mayor juego y de un mejor acabado superficial entre los elementos móviles en contacto. El único punto en que supera este sistema de lubricación al de los cuatro tiempos es en la parte alta del cilindro donde se deposita el aceite que aún no se ha separado de la mezcla.

En los motores de cuatro tiempos, el aceite refrigera elementos de difícil acceso para el sistema de refrigeración, cosa que no ocurre en los motores de dos tiempos, en los cuales es necesaria una gran superficie de refrigeración, normalmente aletas, que en muchos casos es sustituida por un sistema de refrigeración líquido. La refrigeración interior del cárter es favorecida por el flujo de mezcla fresca que se introduce en el mismo procedente del exterior.

No es necesaria una viscosidad elevada para lubricar estos motores, ya que no utilizan cojinetes lisos, por lo que los aceites que se emplean suelen ser del tipo SAE 30, según la escala de esta Sociedad. Su estructura y composición, formada principalmente por hidrocarburos nafténicos, tiende a formar una menor cantidad de residuos. También contienen una significativa cantidad de hidrocarburos parafínicos, debido a sus cualidades antidesgaste. La formulación de estos aceites se realiza mediante el difícil compromiso entre estos dos tipos de hidrocarburos. La presencia de aditivos no es importante, ya que la estancia del lubricante en el motor es mínima, y, por tanto, el tiempo de que disponen para actuar es totalmente insuficiente. Sí es conveniente, sin embargo, la presencia de inhibidores de corrosión para proteger a las diferentes partes del motor del ataque de la misma; tanto durante su funcionamiento, como cuando el motor está parado.



4.32. Las paredes de la cámara de combustión y el escape se recruben de restos de aceite carbonizado.

También se emplean como aditivos ciertos productos derivados del poliisobutileno, que es un polímero sintético derivado del etileno. Estos aditivos tienen la propiedad de no quemarse más que parcialmente, evitando de esta manera la formación de residuos sólidos. Estos aceites, de naturaleza sintética, satisfacen las necesidades de lubricación del

motor con una proporción que es aproximadamente la mitad de la que es necesario utilizar con los de tipo mineral.

La formación de residuos sólidos en los alojamientos de los segmentos disminuye la estanqueidad de los mismos al quedarse adheridos al pistón.

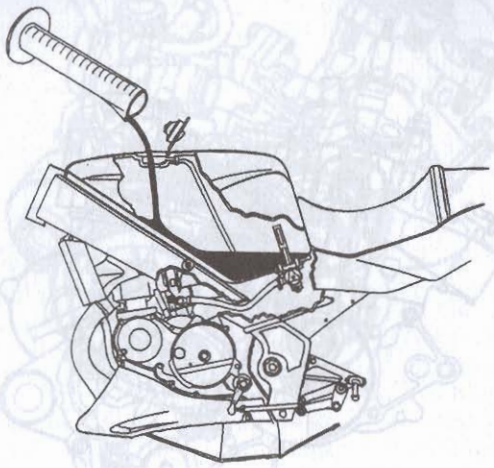
Otra de las propiedades que tienen estos lubricantes es una gran miscibilidad con la gasolina, incluso en condiciones desfavorables como son las bajas temperaturas. Gracias a esta cualidad, la consecución de una mezcla homogénea es fácil, y, por tanto, el buen funcionamiento del sistema de lubricación. De lo contrario, una mezcla heterogénea, produciría depósitos de aceite en el fondo del depósito, o en la cuba del carburador, provocando incluso dificultades en el arranque, debido al engrase de la bujía. Además de tener una buena miscibilidad en el momento de realizar la mezcla, ésta deberá perdurar hasta que entre en el cárter, momento en el cual esta propiedad no tiene que desaparecer, pero sí ha de permitir que el aceite de la mezcla aire/gasolina se separe de la misma para realizar el engrase.

El lubricante empleado se pierde una vez que ha cumplido su misión, y no se vuelve a emplear, a diferencia del engrase de los motores de cuatro tiempos, en los que el aceite vuelve al cárter o depósito del cual ha salido. Por esta razón recibe el nombre de "lubricación a fondo perdido". Entre los gases de escape se expulsa el aceite quemado parcial o totalmente, aumentando de esta manera el contenido contaminante de estos residuos. Esta es una de las razones por las que este tipo de motores no supera las normas anticontaminantes de algunos países.

La proporción en la que el aceite está presente en la mezcla aire/gasolina es muy importante para asegurar una buena lubricación de estos motores. El exceso de éste provocaría la acumulación de depósitos que perjudicarían el funcionamiento del motor. Pero aún más peligroso es que la citada mezcla no contenga la cantidad de lubricante necesaria, pues esta deficiencia puede llegar a provocar el temido gripaje, que incluso puede ser la causa de una caída, al bloquearse la rueda trasera. Este accidente se puede salvar si es accionado el embrague antes de que se bloquee la rueda, y, aunque el daño del motor ya se haya producido, la integridad física de los ocupantes de la motocicleta puede ser salvada. La aparición de esta avería suele estar precedida por una instantánea pérdida de potencia, que los usuarios de antiguas motocicletas que equipaban estos motores, solían detectar con rapidez. Esto era debido a la experiencia que habían obtenido en esta materia por la frecuencia de los mismos. Afortunadamente en la actualidad, la tecnología ha conseguido una gran fiabilidad en los sistemas de lubricación de estos motores, reduciendo considerablemente el riesgo de gripaje. Los valores en tomo a los cuales se encuentra la proporción de aceite es del 4% para los de origen mineral e incluso menos del 2% para los de contenido sintético.

4.1. Formación de la mezcla aceite/gasolina

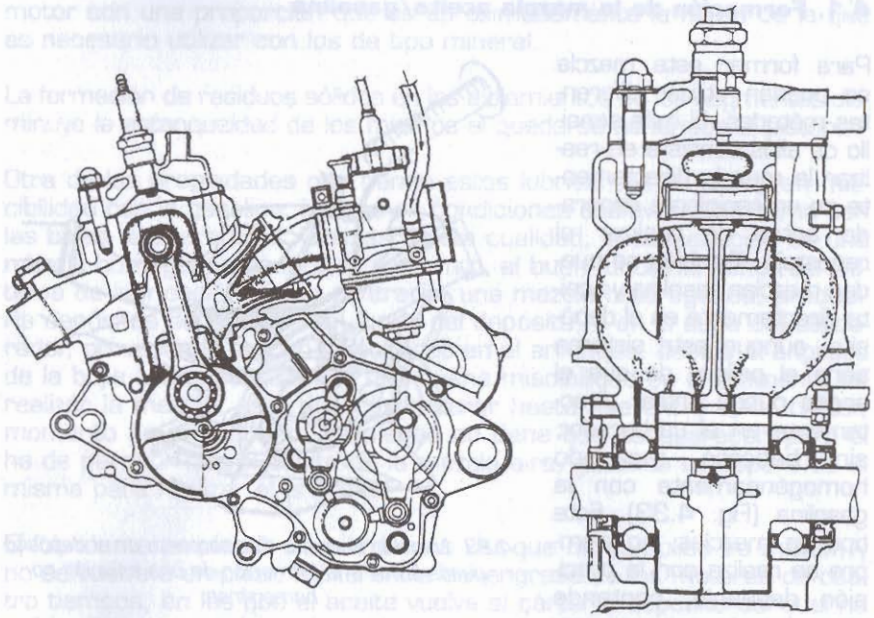
Para formar esta mezcla se pueden utilizar diferentes métodos. El más sencillo de ellos consiste en realizar la mezcla directamente en un recipiente separado antes de realizar el repostaje. También se pueden mezclar gasolina y aceite directamente en el depósito, aunque este sistema tiene el peligro de que el aceite pueda entrar directamente en el carburador, sin haberse mezclado homogéneamente con la gasolina (Fig. 4.33). Este tipo de mezclas, no siempre se realiza con la precisión deseable, contando normalmente con un exceso de aceite que, aunque tiene efectos perjudiciales, éstos no son tan malos como la escasez del mismo. Una vez realizada la mezcla e introducida en el depósito, el lubricante pasa al motor mezclado con el combustible (Fig. 4.34). En este sistema de mezcla directa, la aportación de aceite es directamente proporcional a la entrada de gasolina y no a las necesidades del motor, lo cual tiene sus inconvenientes: cuando se desciende una pendiente con el acelerador cerrado para aprovechar la retención del motor, éste gira a un régimen de vueltas con unas necesidades de lubricante superiores a la cantidad de aceite que penetra en el motor, con el peligro que esto supone. También puede ocurrir que, al circular a un régimen de vueltas bajo, la cantidad de aceite que entra en el motor sea superior a la necesaria, trabajando con un exceso de lubricante y favoreciendo la formación de depósitos sólidos del mismo.



4.33. Mezclar el aceite directamente en el depósito puede llevar a la formación de una solución no homogénea.

4.2. Engrase separado

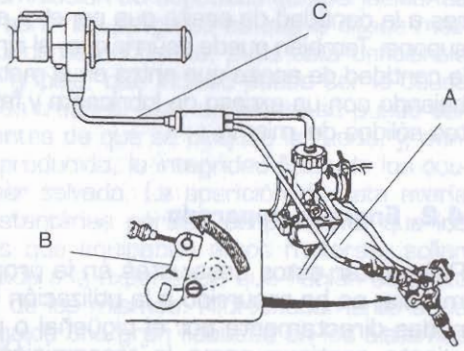
Para evitar estos desajustes en la proporción de aceite que contiene la mezcla, se ha recurrido a la utilización de unas pequeñas bombas accionadas directamente por el cigüeñal o por algún otro elemento de movimiento continuo como la transmisión primaria, que se encargan de suministrar el aceite necesario para la lubricación del motor. Estos sistemas se denominan "de engrase separado".



4.34. La mezcla de aire, combustible y aceite recubre por completo las piezas metálicas del motor.

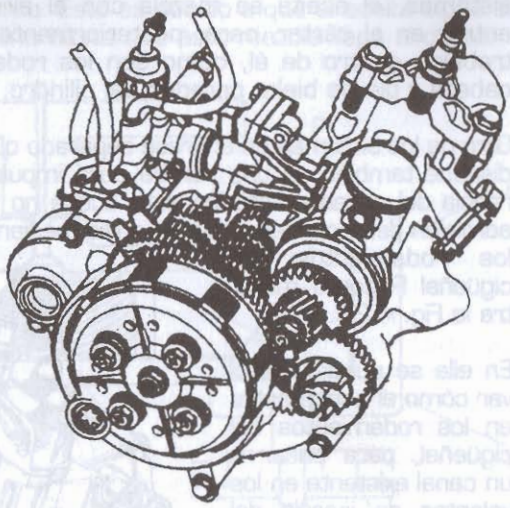
Aunque la aplicación generalizada de este sistema es relativamente reciente, ya se utilizaban en los años 30 en algunos motores.

Uno de los principales inconvenientes con el que se encuentra este sistema, es la precisión con la que debe medir las pequeñas dosis de aceite que debe inyectar por cada vuelta de cigüeñal. La exactitud que deben tener los mecanismos que componen la bomba, justifican la recomendación del fabricante, indicando que ésta no sea desmontada más que por personal cualificado para ello, aunque realmente este elemento es bastante fiable y suele tener una larga duración.

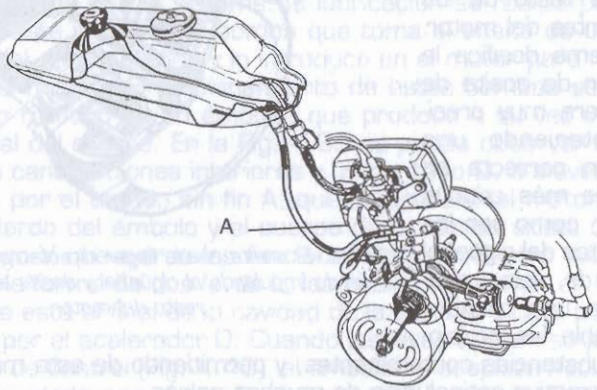


4.35. El accionamiento de la bomba tiene lugar por el motor y su regulación por medio del mando del acelerador.

Para adecuar las exigencias del motor a las prestaciones de la bomba, se introduce un elemento de regulación que consiste en una leva accionada por el acelerador. En la Fig. 4.35 se puede ver un ejemplo de este sistema, en el que la conexión entre acelerador y bomba se realiza mediante un cable A, solidario al que actúa sobre la campana o corredera del carburador, el cual acciona la leva de la bomba del aceite B. De esta manera, el caudal de aceite suministrado por esta bomba depende de las revoluciones a las que gira el motor y de la posición del acelerador. La precisión que se consigue mediante este sistema es bastante alta, debido a la posibilidad de calibrar este bombeo.



4.36. El carburador puede disponer de entradas independientes para el combustible y el aceite como en este motor Yamaha.



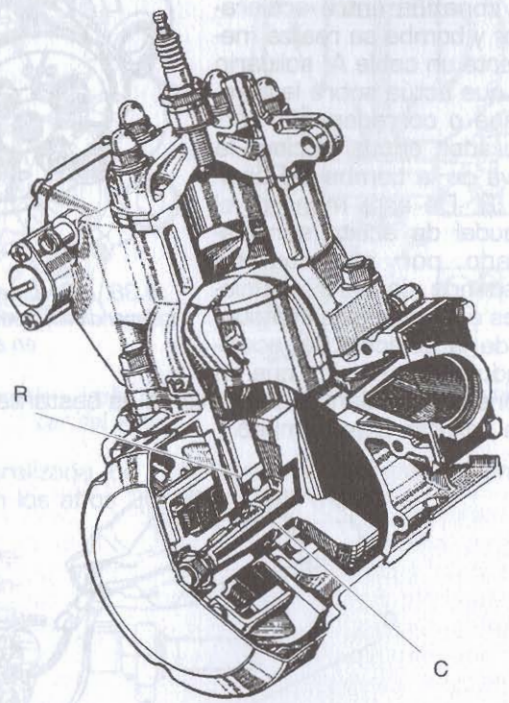
4.37. La entrada del aceite puede situarse también en la lumbrera de admisión, uniendose a la mezcla de aire y gasolina.

El aceite bombeado por este elemento se introduce en el carburador, como se puede ver en la Fig. 4.36, o en el conducto de la lumbrera de admisión A como puede verse en la Fig. 4.37. En cualquiera de los dos

sistemas, el aceite se mezcla con el aire y el combustible antes de entrar en el cárter, para, posteriormente, lubricar los elementos que trabajan dentro de él, como son los rodamientos de cigüeñal, los de cabeza y pie de biela, paredes del cilindro, pistón... .

Otro de los sistemas de engrase separado que se utilizan en estos motores dispone también de una bomba para impulsar el lubricante, pero, a diferencia del sistema anterior, este aceite no se inyecta directamente en la admisión del motor sino que se envía mediante una serie de conductos C a los rodamientos del cigüeñal R como muestra la Fig. 4.38.

En ella se puede observar cómo el aceite entra en los rodamientos del cigüeñal, para pasar a un canal existente en los volantes de inercia del mismo. La fuerza centrífuga se encarga de lanzar el aceite hacia el rodamiento de la cabeza de biela, saliendo por los laterales de la misma para impregnar el pie de biela y el resto de los componentes del motor. Este sistema dosifica la aportación de aceite de una manera muy precisa, manteniendo una lubricación correcta en los puntos más críticos del motor, como son los rodamientos del cigüeñal y cabeza de biela, reduciendo de una manera considerable las emisiones de substancias contaminantes, y permitiendo de esta manera cumplir con la normativa antipolución de muchos países.

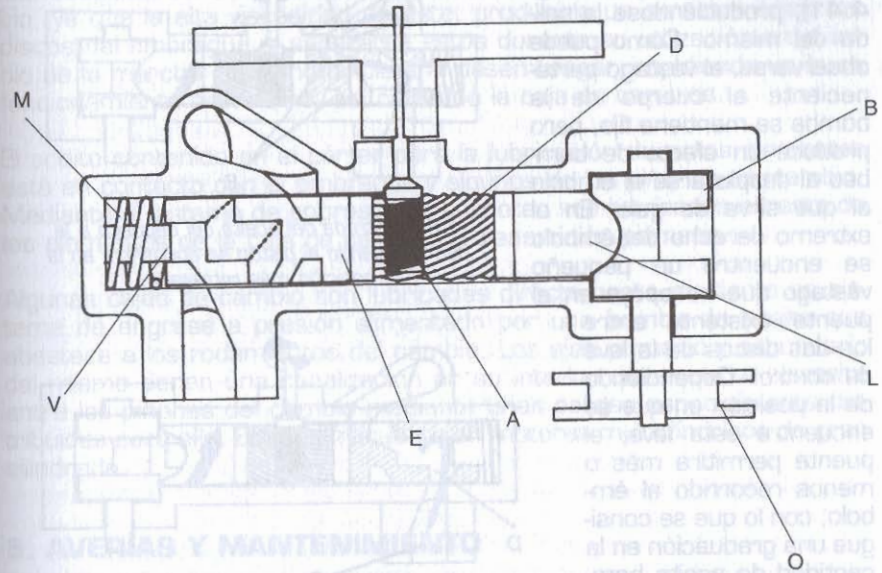


4.38. El aceite puede llegar directamente al motor siendo impulsado al cigüeñal y desde ahí lubricar el resto del motor.

4.3. Elementos del sistema de lubricación

En los motores que trabajan con el aceite mezclado directamente en el depósito de la motocicleta, este sistema no requiere ningún elemento

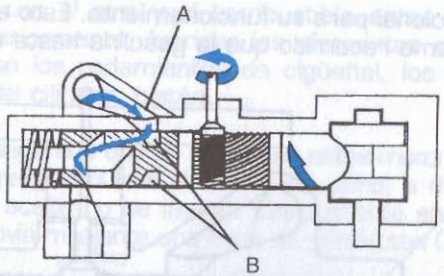
adicional para su funcionamiento. Esto es debido a que el aceite sigue el mismo recorrido que la gasolina hasta que esta mezcla llega al cárter.



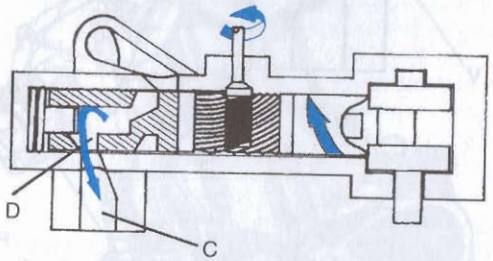
4.39. Detalle de una bomba de aceite de un motor de dos tiempos.

En los casos en los que el sistema de lubricación se realiza por engrase separado, éste incluye una bomba que toma el aceite de un depósito separado del de la gasolina y lo introduce en el motor para realizar la lubricación del mismo. El funcionamiento de estas bombas se basa en el movimiento rotativo de un émbolo, que produce a su vez un desplazamiento lineal del mismo. En la Fig. 4.39 se puede observar un émbolo E con unas canalizaciones interiores y un dentado D, a través del cual es accionado por el tornillo sin fin A, que es solidario al motor. Entre el extremo izquierdo del émbolo y el cuerpo de la bomba existe un muelle M y un vástago V que ejerce las funciones de guía. El otro extremo del émbolo tiene la forma de dos levas L, las cuales se apoyan en la leva de control B, que está al final de la cavidad de la bomba, y cuya posición es determinada por el acelerador O. Cuando las levas apoyan su parte inferior en la leva de control (Fig. 4.40), el émbolo se desplaza hacia la derecha, siendo ayudado por el muelle del extremo izquierdo. En esta posición, se enfrentan los orificios de entrada de aceite A en la bomba con los del émbolo B, permitiendo de esta manera la entrada del lubricante en estas cavidades. A medida que gira el émbolo, sus orificios de entrada pierden el enfrentamiento con los del cuerpo de la bomba. Mediante este giro y el desplazamiento a que se ve sometido al deslizar las levas sobre los discos de la leva de control, este elemento móvil se coloca en

la posición en la que se enfrentan los orificios de salida del aceite C y D (Fig. 4.41), produciéndose la salida del mismo. Como puede observarse, el vástago perteneciente al cuerpo de la bomba se mantiene fijo, pero produce un efecto de bombeo al desplazarse el émbolo al que sirve de guía. En el extremo derecho del émbolo se encuentra un pequeño vástago que se apoya en el puente existente entre los dos discos de la leva de control. Dependiendo de la posición en que se encuentre esta leva, el puente permitirá más o menos recorrido al émbolo, con lo que se consigue una graduación en la cantidad de aceite bombeado en cada embolada, que es determinada por el acelerador.



4.40. Entrada del aceite del depósito a la bomba cuando el pistón se encuentra en la posición más retrasada.



4.41. Salida del aceite de la bomba al motor cuando el pistón de encuentra en la posición más adelantada.

4.4. Lubricación de transmisión primaria, embrague y caja de cambios

Por necesidades de construcción del motor de dos tiempos en las motocicletas, el cárter del cigüeñal es un espacio independiente dentro del cárter del motor. Esto es debido a que en él se precomprime la mezcla, que luego pasa al cilindro para su combustión.

Lo más frecuente es encontrar un espacio común en el que se encuentran la transmisión primaria, el embrague y la caja de cambios. Para la lubricación de estos elementos se utiliza un aceite multigrado cuya banda de viscosidades cubre las necesidades de estos conjuntos, sin que el aceite sea totalmente específico para ninguno de ellos, pero simplificando en gran medida la construcción del motor y el mantenimiento del mismo.

Es más apropiado, sin embargo, utilizar un aceite de alta viscosidad (alrededor de un SAE 90) con aditivos de extrema presión (siglas EP)

para la lubricación del conjunto del cambio, cuando éste se encuentra separado del resto del motor. El embrague y la transmisión primaria son lubricados en este caso con un aceite de menor viscosidad que el cambio, ya que la alta viscosidad de éste, produciría un arrastre entre los discos del embrague al separarse éstos durante su utilización en el inicio de la marcha de la motocicleta al desembragar, impidiendo un buen funcionamiento del mismo, así como de la caja de cambios.

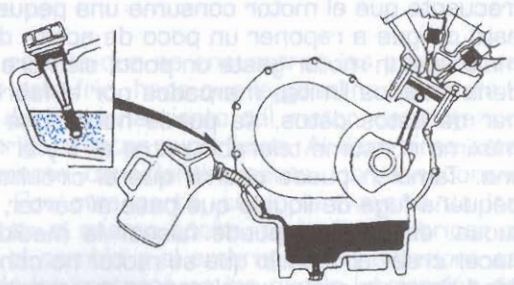
El aceite contenido en el cárter para la lubricación de estos elementos está en contacto con el embrague y algunos de los piñones del cambio. Mediante el sistema de engrase por barboteo son lubricados el resto de los elementos de la caja de cambios y transmisión primaria.

Algunas cajas de cambio son lubricadas directamente mediante un sistema de engrase a presión alimentado por una bomba de aceite que abastece a los rodamientos del cambio. Los ejes primario y secundario del mismo tienen una canalización en su interior que reparte el aceite entre los piñones del cambio mediante unas salidas especialmente distribuidas para ello. Esto es frecuente en motores multicíndricos de gran cilindrada.

5. AVERÍAS Y MANTENIMIENTO

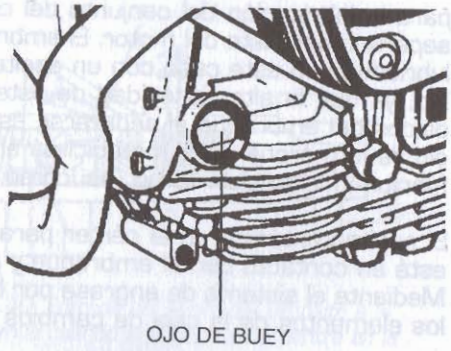
Cuando se habla de averías siempre se puede llegar a una razón que justifica la aparición de las mismas. Para evitar la aparición de éstas se debe seguir un programa de mantenimiento, que si bien no es un seguro contra ellas, sí disminuye la probabilidad de que ocurran.

La principal y más frecuente operación de mantenimiento es la comprobación del nivel del aceite. En el caso de motores de cuatro tiempos de cárter húmedo o seco, éste se suele realizar mediante la utilización de una varilla para medirlo (Fig. 4.42), de un ojo de buey (Fig. 4.43) o de un indicador de nivel en el cuadro; siendo este último poco frecuente en las motocicletas. Estos elementos de comprobación establecen unos valores mínimo y máximo, entre los cuales debe encontrarse el nivel de aceite del motor cuando se encuentra en reposo. La comprobación no debe realizarse en el mismo momento de parar el motor —especialmente si éste es de



4.42. Las varillas de nivel indican al introducirse sin roscarse el volumen de lubricante en el cárter.

cárter húmedo— ya que parte del aceite se encuentra repartido por las diferentes partes del motor y aún no ha vuelto al cárter. En motores de cárter seco, muchos fabricantes determinan que la comprobación se efectúe en caliente. Esta observación es especialmente importante si en el momento de detener el motor todavía no ha alcanzado la temperatura de funcionamiento, ya que la viscosidad del aceite es mayor cuando la temperatura es baja, y, por lo tanto, el aceite resbalará más lentamente por las paredes interiores del motor. Hay que mantener el nivel del aceite entre estos dos valores, de tal manera que nunca descienda por debajo del mínimo, ya que esto provocaría un excesivo desgaste del motor. También es necesario no sobrepasar excesivamente el nivel máximo, ya que el giro del cigüeñal u otro elemento, puede provocar la aparición de espuma en el aceite, la cual favorece la oxidación del mismo y la entrada de aire en la bomba. En los motores de dos tiempos con engrase separado, es muy importante también vigilar la cantidad de aceite contenida en el depósito. Estas motos suelen tener un testigo luminoso de reserva que indica la necesidad del repostaje.



4.43. Los ojos de buey permiten controlar el nivel de aceite sin ninguna operación accesoria.

Debe asegurarse que este depósito contenga lubricante, ya que la falta del mismo provocaría un gripaje seguro e inmediato.

El nivel del aceite en motores de cuatro tiempos no tiene porqué permanecer invariable entre cambio y cambio de aceite. Es muy normal y frecuente que el motor consuma una pequeña cantidad de aceite, y que esto obligue a reponer un poco de aceite durante este intervalo. No es malo que un motor gaste un poco, siempre y cuando esta cantidad esté dentro de los límites marcados por el fabricante. En caso de no disponer de estos datos, se puede hacer una estimación, tomando como máximo consumo tolerable entre el 1 y el 1,5 % del consumo de gasolina. También puede ocurrir que el circuito de refrigeración tenga una pequeña fuga de líquido que pase al cárter, a través de una junta defectuosa, etc.... Esto puede falsear la medida de consumo de aceite, y hacer creer al usuario que su motor no consume aceite, cuando en realidad tiene un grave problema en su interior. La presencia de depósitos pastosos en algunas partes del motor como el tapón del radiador y la tapa que cubre las válvulas y sus accionamientos (árboles de levas,

balancines, ...) es, frecuentemente, —junto con la aparición de agua en el aceite cuando se efectúa el cambio del mismo— uno de los síntomas más claros de esta avería. Estos depósitos son emulsiones de aceite y líquido refrigerante que se depositan en los puntos anteriormente citados.

Un excesivo consumo de aceite provoca la formación de depósitos sólidos de carbonilla y la emisión de contaminantes en forma de hidrocarburos sin quemar procedentes del aceite. Los motivos de este consumo pueden ser varios, pero los más frecuentes son: segmentos gastados y guías de válvulas con un excesivo juego. El primer problema, segmentos gastados, se puede intuir a priori cuando el motor echa un humo blanco azulado durante las retenciones. El segundo, se suele detectar cuando el motor, después de haber estado un rato al ralentí en caliente (por ejemplo en un semáforo) suelta al acelerar humo blanco azulado. Para asegurarle, no obstante, hay que desmontar el motor y verificar.

En los motores de cuatro tiempos, el fabricante establece unos intervalos para su cambio, los cuales están acotados por el kilometraje o por el tiempo, lo que antes suceda. Es decir, que, aunque no se hayan realizado los kilómetros indicados para el cambio del aceite, si éste ha permanecido dentro del motor un periodo de tiempo superior al establecido, el aceite deberá ser cambiado. Esto es debido, a que muchos de los recorridos que se realizan son de bajo kilometraje y velocidad media, situación que se produce con frecuencia en la circulación ciudadana, y, por ello, el aceite trabaja durante la mayor parte del tiempo por debajo de la temperatura de funcionamiento. Cuando el motor está frío, para su arranque se utiliza un circuito en el sistema de alimentación del motor, que aumenta la cantidad de gasolina en la mezcla aire/gasolina. El abuso de este dispositivo hace que el exceso de gasolina pasa al cárter, mezclándose con el aceite y degradándolo en poco tiempo. Ello se ve acentuado, ya que al estar el motor frío, las tolerancias pistón-segmentos-cilindro no son las apropiadas, existiendo un juego excesivo entre dichos componentes, por el que la gasolina pasa con facilidad hacia el cárter.

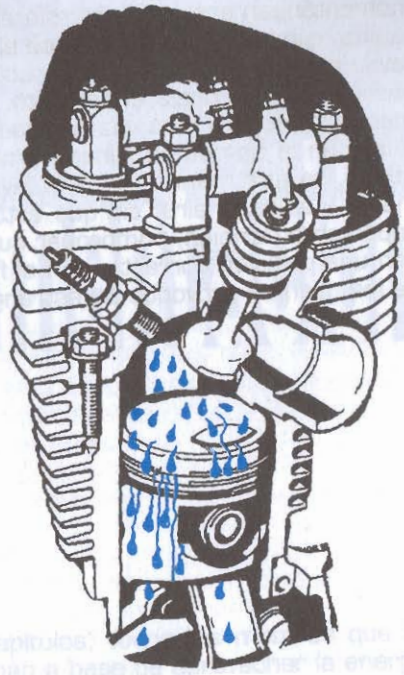
Por otra parte, la temperatura a la que se encuentran las paredes de los cilindros cuando el motor está frío, hace que la gasolina se condense en ellas durante el inicio del funcionamiento del motor, destruyendo la película de lubricante adherida a estas superficies. Al destruirse esta protección, el desgaste aumenta considerablemente, con las consecuencias que esto conlleva. Por otra parte, como la mayoría de los motores de motocicleta utilizan el mismo aceite, tanto para lubricar el motor, como para engrasar el cambio y el embrague, su deterioro es más rápido que en el caso de los motores en los que la lubricación de dichos componentes se efectúa por separado. Ello obedece a la presencia de virutas metálicas procedentes del cambio, así como a las

pequeñas partículas que se desprenden del embrague (recuérdese que basa su funcionamiento en la fricción). Ello hace que el filtro se sature antes, al tiempo que las partículas en suspensión, no retenidas por el mismo, enturbien el aceite, acelerando su descomposición y limitando sus características lubricantes. Por ello, aunque se utilice un aceite sintético de la máxima calidad, cuya duración en un motor de lubricación separada sea mucho más alta que la de un mineral o semisintético, no se han de alargar más de la cuenta los intervalos de sustitución, especialmente si la moto circula mucho por ciudad, donde el uso del cambio y el embrague es más frecuente.

Un efecto similar produce el típico acelerón que algunos usuarios practican cuando van a parar el motor. Al realizar esta maniobra se introduce en los cilindros del motor una excesiva cantidad de gasolina que no se quema, y que se deposita en las paredes de los cilindros, culata y cabeza de pistón (Fig. 4.44). Con ello, se destruye la película de lubricante existente sobre estos elementos, produciéndose en el siguiente arranque, contactos directos entre las superficies metálicas, que generan un desgaste innecesario.

Cuando se enciende la luz de la presión del aceite conviene parar el motor y averiguar cuál es la causa que ha motivado este aviso. Si la luz se ha encendido durante una frenada fuerte o en el cambio de una trayectoria brusco, este aviso puede ser motivado por la falta de aceite, es decir, que el nivel de aceite está bajo. Si esta no es la razón que ha motivado el aviso, las averías más frecuentes suelen ser un mal funcionamiento de la bomba, un excesivo juego en uno o varios de los cojinetes, o una fuga en el sistema de lubricación. Normalmente, cuando la excesiva holgura de un cojinete es debida al desgaste o a un mal apriete de los tornillos que lo sujetan, la luz se enciende solamente al ralentí, y, al subir el régimen de vueltas del motor, la presión de la bomba se encarga de paliar esta deficiencia. Unos síntomas parecidos aparecen cuando el aceite está excesivamente caliente; por ejemplo, cuando se circula por autopista a altas velocidades, al reducir la velocidad a cero para pagar un peaje, repostar gasolina, ... es posible que se encienda este testigo cuando el motor gira al ralentí. En el segundo caso, la gravedad de la avería es inferior, pero, de cualquier manera, la aparición de esta señal indica una excesiva holgura en alguno de los cojinetes, y aunque el motor siga funcionando, es muy importante efectuar una profunda revisión de todos los cojinetes del sistema de lubricación, pues seguramente, más de uno ya estará cerca de su límite de uso. En el caso de que esta luz no se apague, aunque suba el régimen de giro del motor, se debe parar éste y no arrancarlo hasta haber subsanado la avería. Evidentemente, se debe contemplar también la posibilidad de que el manocontacto que se encarga de medir la presión del lubricante se haya averiado. Por ello, es muy importante, antes de proceder a desmontar el motor, comprobar el buen funcionamiento de este elemento.

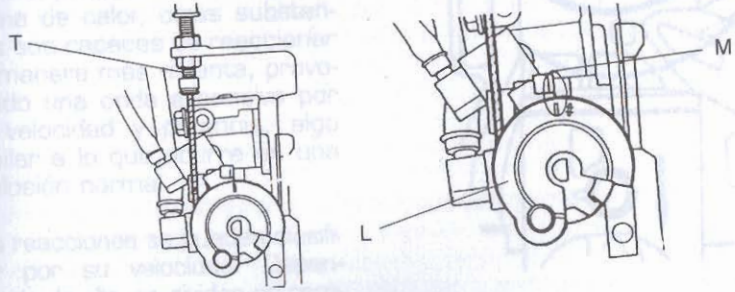
Para el buen funcionamiento de los motores de dos tiempos, es de vital importancia asegurar siempre que la cantidad de aceite que entra en el motor es la que éste necesita en cada momento. No es conveniente mezclar diferentes aceites dentro del depósito cuando se realizan distintos repostajes. Es decir, que si se va a utilizar otro lubricante distinto, hay que procurar que la cantidad que queda del anterior sea la mínima posible antes de volver a rellenar, y, si es posible, vaciarlo del todo.



4.44. Los acelerones antes de parar el motor producen una entrada masiva de gasolina en el cilindro, que acaba cayendo por las paredes del cilindro.

En los motores que cuentan con engrase separado, es de vital importancia efectuar una buena regulación de la bomba. Para ello, la leva L (Fig. 4.45) de la bomba cuenta con un marca B que ha de coincidir con la marca M del motor, cuando el acelerador no está accionado. Esta regulación se realiza normalmente mediante el tensor T, existente en la funda del cable que acciona la leva.

Cuando la bomba ha sido desconectada del depósito por cualquier razón, es conveniente realizar un purgado de la misma y de los conductos que le suministran el aceite, para evitar que una burbuja de aire deje



4.45. Regulación de la posición de la leva de control de una bomba de aceite de un motor de dos tiempos.

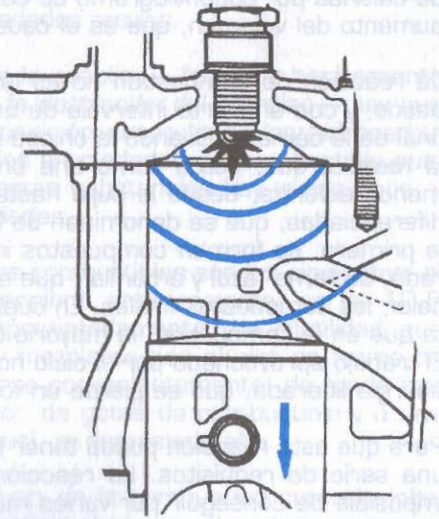
momentáneamente al motor sin el aceite necesario. Esta operación se realiza, eliminando manualmente el aire de los conductos de plástico que llevan el aceite hasta la bomba, colocándolos verticalmente para que las burbujas suban hacia el depósito, y los conductos se llenen completamente de aceite. Una vez realizada esta operación, el aire que pueda existir en la bomba se elimina arrancando el motor, y con el mismo al ralentí, se gira manualmente la leva, para que el bombeo de aceite sea mayor y salga el aire, sin que esto ponga en peligro el motor. Es muy importante también, comprobar que todos los conductos del aceite tengan una posición correcta, con el fin de evitar que una mala colocación de los mismos provoque su estrangulamiento e impida el paso del aceite.

Capítulo V

La alimentación

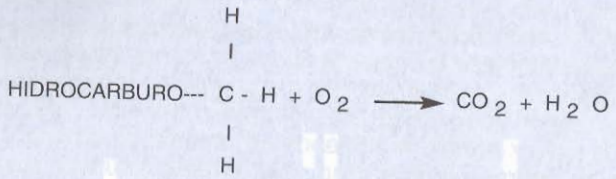
1. GENERALIDADES

Como se ha visto en anteriores capítulos, todos los motores que se emplean en las motocicletas funcionan a base de aprovechar la energía de una reacción de combustión, que tiene lugar en la cámara que se forma entre el pistón y la culata, conocida como cámara de combustión. Esta combustión no es más que una reacción química entre ciertos componentes y el oxígeno que contiene el aire. Al igual que un pedazo de madera o de papel se quema, produciendo energía en forma de calor, otras substancias son capaces de reaccionar de manera más violenta, provocando una onda expansiva por su velocidad y potencia, algo similar a lo que ocurre en una explosión normal.



5.1. Onda expansiva iniciada en la zona de la bujía que provoca el desplazamiento del pistón.

Las reacciones se pueden clasificar por su velocidad. Dependiendo de ella, se dividen en combustiones, deflagraciones y detonaciones. Las que tienen lugar



5.2. La reacción entre los hidrocarburos que forman la gasolina y el oxígeno del aire produce dióxido de carbono y agua.

en los motores de dos o de cuatro tiempos están integradas en el primer grupo, cuya velocidad límite es de unos 100 m/s, llegando en los dos grupos siguientes a los 300 m/s, y hasta 8.000 m/s en el tercer caso. La velocidad de la reacción es muy importante, ya que hay que conocer el tiempo que transcurre entre la aparición de la chispa de la bujía que inicia el proceso, y la llegada de la onda expansiva al pistón. En la Fig. 5.1 se ilustra el proceso.

La reacción que se produce entre el combustible, formado por la gasolina, y el comburente —que es el oxígeno del aire— consiste en la recombinación de los átomos de carbono e hidrógeno que forman la gasolina, en moléculas de CO2 y H2O, por la oxidación sufrida. Esta reacción química, que se puede observar en la Fig. 5.2, produce por una parte una gran liberación de calor, que se puede estimar en unos 10.5 millones de calorías por cada kilogramo de combustible, y, además, en un rápido aumento del volumen, que es el causante del movimiento del pistón.

La reacción de combustión no es inmediata, sino que se produce por pasos, y con un cierto intervalo de tiempo entre su inicio y su llegada al final de la cámara. Cuando la chispa salta, se produce la combustión de la mezcla, que, actúa como una onda, avanzando de manera más o menos esférica, desde la bujía hasta el pistón. Hay además dos fases diferenciadas, que se denominan de llama "fría" y de llama "caliente". En la primera, se forman compuestos intermedios, y en la segunda llamarada, de llama "azul y amarilla", que es la que proporciona la mayoría del calor, los compuestos finales. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que en la combustión, la mayoría de la energía se convierte en calor. El trabajo aprovechado por el ciclo no es de más del 30% del total de la energía liberada, que se pierde en forma de calor, sonido, luz, etc...

Para que esta reacción pueda tener lugar, es necesario que se cumplan una serie de requisitos. La reacción completa de la gasolina es casi imposible de conseguir por varios motivos. En primer lugar, porque hay otras substancias presentes durante la reacción, como el nitrógeno, que forma la mayor parte del aire atmosférico, o los contaminantes de la gasolina. En segundo lugar, por la velocidad de la reacción, que impide un desarrollo completo de la misma. En tercer lugar, por una posible proporción inadecuada de los componentes, y, además, por otras causas como la forma de la cámara, o un tiempo demasiado corto para que pueda completarse.

Uno de los aspectos más importantes para que la reacción química se produzca con la mayor amplitud posible, es que la proporción entre los componentes sea la correcta. Como se sabe cuáles son las substancias reaccionantes, se puede establecer una relación adecuada entre ambas, para que no falte ni sobre ninguno de ellos. La gasolina está formada por moléculas que combinan carbono e hidrógeno, y el oxígeno está presente en una proporción adecuada en el aire. Si se tiene en cuenta que la gasolina dispone de unas proporciones aproximadas de un 86% de carbono y un 14% de hidrógeno, y que en el aire hay más o menos un 23% de oxígeno, se puede hacer un cálculo que nos lleva a que la proporción que debe haber entre el comburente y el combustible es de 14.9 kg de comburente por cada kg de combustible.

1.1. Características del combustible

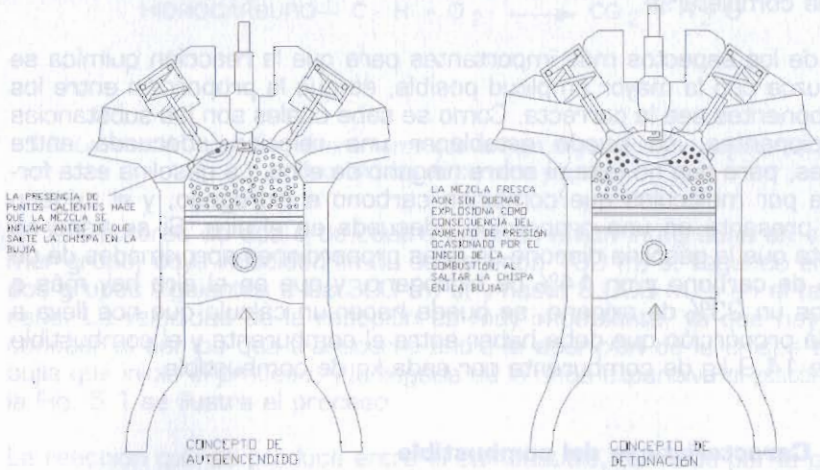
La gasolina empleada en los motores de dos y cuatro tiempos se mezcla con el aire mediante diferentes sistemas, normalmente carburadores o sistemas de inyección de combustible que se verán más adelante. Sin embargo, estos sistemas no intervienen sobre las características de la gasolina, únicamente pueden variar su proporción con el aire, por lo que el combustible debe poseer unas ciertas propiedades previas.

Una vez conocida la composición de la gasolina —formada básicamente por hidrocarburos provenientes de la destilación del petróleo— hay que decir que, dependiendo de la composición concreta de los hidrocarburos que la componen, algunas de las propiedades del combustible pueden sufrir variaciones. Dentro de estas substancias hay varios tipos, y cada una acusa unas ciertas cualidades.

Las principales características de los combustibles son las siguientes: el poder calorífico, que, como se mencionó anteriormente, es de 10.5 millones de calorías por kilogramo aproximadamente, y la volatilidad, que es la capacidad para vaporizarse y mezclarse con el aire en forma de vapor. Esta propiedad debe calibrarse convenientemente, de modo que ni sea muy baja (lleva a la formación de gotas de combustible y a una difícil mezcla de ambos componentes), ni demasiado alta.

Hay otras características que influyen en la combustión como la inflamabilidad, dentro de la que se encuentra el número de octano, una cualidad muy importante en los combustibles. Hay que tener en cuenta, que los motores comprimen la mezcla de aire y combustible, como paso pre-

vio a su inflamación. Esto obliga a contar con una mezcla que soporte la presión sin comenzar a reaccionar, lo que normalmente se denomina "detonación".



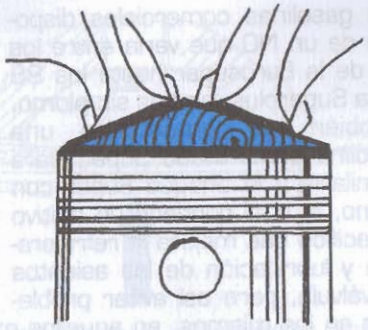
5.3. Concepto de autoencendido. Concepto de detonación.

La detonación es un problema grave en un motor, ya que, si la mezcla explota antes de tiempo, el pistón recibe la onda expansiva antes de haber llegado al P.M.S., recibiendo una enorme presión, tanto él como la biela y el cigüeñal, ya que la reacción tiende a invertir el movimiento, como se puede apreciar en la Fig. 5.3.

Normalmente, el proceso de la detonación tiene dos formas diferentes, dependiendo de que la chispa haya saltado ya o no en la cámara de combustión. La primera manera, que es habitual con la utilización de combustibles de mala calidad que no soportan adecuadamente las presiones, suele tener lugar antes de que la chispa haya saltado en la bujía. En este caso, la mezcla se autoenciende simplemente por la presión, teniendo lugar el proceso en un lugar variable de la cámara, con bastante antelación. No es una situación habitual hoy en día, ya que los combustibles tienen características que lo evitan, pero en casos concretos en los que haya puntos calientes, o en los que la mezcla no sea la adecuada, puede llegar a producirse. Este tipo de detonación se muestra en la Fig 5.4, y es conocida como "autoencendido".

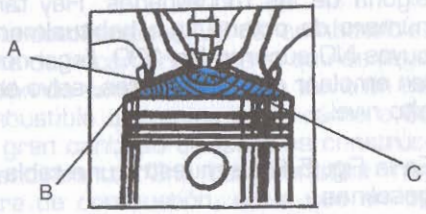
La segunda forma, que es la más normal, se encuentra en la Fig 5.5., y tiene lugar por la compresión de la mezcla debida a la propia onda expansiva. Cuando la chispa C salta, la compresión sobre la mezcla que aún no se ha quemado A aumenta de manera notable, ya que la presión de la combustión reduce aún más el espacio en el que queda reducida

la última fracción. Si la gasolina no soporta esta situación, se produce un nuevo foco de combustión B, que provoca los problemas anteriormente comentados. La velocidad de la reacción detonante es mucho mayor que la de la combustión provocada por las bujías y, además, no tiene frente de llama, lo que provoca vibraciones que se aprecian claramente. Esta situación se suele denominar "picado" y es muy poco aconsejable por las solicitaciones que somete a pistón, biela y órganos de la culata.



5.4. El autoencendido puede producirse por la presencia de un punto caliente que inicie la reacción de la mezcla gaseosa antes de tiempo.

Para evitar este problema, la gasolina debe ser capaz de soportar altas presiones. Esto se mide mediante el número de octano. El número de octano es una característica propia del combustible, que mide la capacidad para soportar presión sin autoinflamarse. Hay dos métodos para medirla, denominados RON y MON, siendo el primero más exigente que el segundo. Los valores dependen enormemente de la ramificación de los componentes de la gasolina. Los más ramificados soportan mucho mejor la compresión.



5.5. La detonación más común se produce cuando la mezcla situada en las zonas periféricas se comprime en zonas calientes por efecto de la combustión.

Para analizar el número de octano de una gasolina, lo que se hace es comparar su punto de comienzo de detonación con los de una mezcla de dos componentes, el n-heptano, que es muy detonante y tiene un NO de 0, y el iso-octano, con un NO de 100. Si es igual al de una mezcla del 85% de iso-octano y el 15 % de n-heptano, su NO será 85.

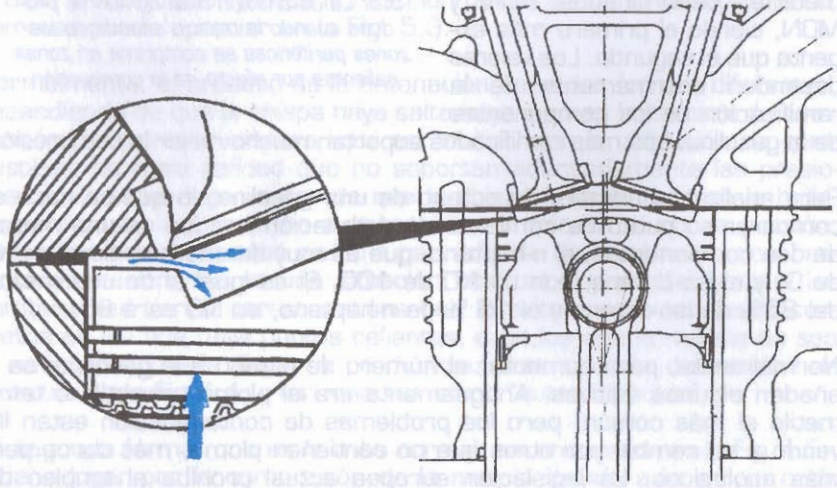
Normalmente, para aumentar el número de octano a la gasolina, se le añaden algunos aditivos. Antiguamente era el plomo tetraetilo o tetrametilo el más común, pero los problemas de contaminación están llevando a su cambio por otros que no contienen plomo, más caros pero más ecológicos. La legislación europea actual prohíbe el empleo del plomo en las gasolinas, no sólo por el impacto de este metal en el ambiente, sino también por el empleo de catalizadores, incompatibles con el plomo.

Las gasolinas comerciales disponen de un NO que varía entre los 95 de la Eurosúper hasta los 98 de la Superplus, ambas sin plomo. También se comercializa una gasolina denominada Súper, para asimilarla a la antigua Súper con plomo, la cual contiene un aditivo específico que mejora la refrigeración y lubricación de los asientos de válvula, para así evitar problemas en los mismos, en aquellos motores veteranos no preparados para el empleo de gasolina sin plomo. Para que un motor admita dicho combustible, sus asientos de válvula han de poseer unas cualidades mecánicas excelentes, conseguidas con el empleo de aceros especiales, así como con diferentes procesos de endurecimiento. Hay otras gasolinas provenientes de refinerías de otros países con un NO algo más alto en alguna de las modalidades. Hay también gasolinas especiales con alto número de octano, que habitualmente son empleadas por la aviación, y cuyos NO superan los 100, llegando a más de 120, pero que no se suelen emplear en motocicletas, salvo en competiciones muy específicas y de alto nivel.

DENOMINACIÓN	NUMERO DE OCTANO
SIN PLOMO	95
SUPER	97
SUPER PLUS SIN PLOMO	98

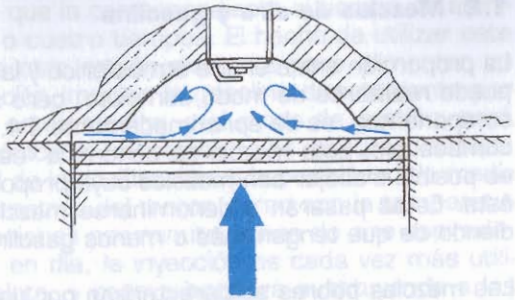
5.6. Gasolinas que actualmente se distribuyen en nuestro país.

En la Fig. 5.6 se muestra una tabla con los octanajes de las principales gasolinas.



5.7. Las zonas de squish en los motores de cuatro tiempos son normalmente planas y se sitúan en los laterales que no ocupan las válvulas.

La detonación en las motocicletas no suele tener lugar, salvo que se usen gasolinas de mala calidad, que en este momento no existen. En otros tiempos, el octanaje podía suponer un problema y los surtidores disponían de gasolinas con NO bajos, por debajo incluso de los 60, algo imposible hoy en día. Los modelos actuales suelen indicar además el octanaje necesario como mínimo en el motor, que siempre es inferior al de los valores de las gasolinas "Sin plomo" y "Super".



5.8. Las zonas de squish en los motores de dos tiempos son de forma de cono truncado situadas en toda la periferia.

En cualquier caso, no sólo influye en la detonación el NO del combustible. Este fenómeno depende en gran parte de la compresión a la que se llega y ésta es función no sólo de la relación de compresión, sino también de la cantidad de mezcla de aire y combustible que entra en la cámara de combustión, por lo que influyen una gran cantidad de factores constructivos del motor, así como de su rendimiento. Una característica muy importante es la forma de la cámara de combustión, en la que en los motores actuales se intenta disminuir al máximo el volumen de las zonas laterales, de modo que la refrigeración aumente y haya menor cantidad de mezcla, y la detonación sea más improbable, incluso con altas relaciones de compresión. Estas zonas se denominan normalmente áreas de "Squish". En las Fig. 5.7 y 5.8 se muestran estas zonas en su forma más habitual en los motores de cuatro tiempos y dos tiempos. También influyen factores tales como el grado térmico de la bujía (capacidad de la misma para evacuar el calor), la temperatura ambiente y, sobre todo, la del propio motor. Para evitar las limitaciones referentes a la disposición del valor del ángulo de avance al encendido, los motores cuya alimentación y encendido están gestionados electrónicamente, disponen en muchos casos de sensores de detonación, conocidos también como detectores de picado, los cuales informan a la centralita de gestión del motor cuando se produce detonación. Están formados por un material piezoeléctrico, generalmente cuarzo, que cuando es sometido a presión, genera una diferencia de potencial, que es interpretada adecuadamente por la centralita. Por tanto, se ajusta el avance al encendido hasta el límite de detonación, consiguiéndose un mayor rendimiento, al adaptarse el mismo a las condiciones de presión soportable de la cámara de combustión, y por tanto al octanaje del combustible. Con este dispositivo, el rendimiento del motor aumenta al ser alimentado con gasolina de superior octanaje, ya que permite avanzar más el encendido.

1.2. Mezclas de aire y gasolina

La proporción entre el aire atmosférico y la gasolina para que la reacción pueda realizarse de modo completo, pero sin que sobre ninguno de sus componentes, es de aproximadamente 14.9 Kg de aire por cada uno de combustible. Esta mezcla se denomina "estequiométrica". Sin embargo, es posible trabajar con mezclas cuya proporción sea mayor o menor que ésta. Estas pasarán a denominarse mezclas "ricas" o "pobres", dependiendo de que tengan más o menos gasolina de la necesaria.

Las mezclas pobres se caracterizan por una menor proporción de gasolina en la mezcla, es decir, por cada kilogramo de combustible hay más de 15 kilos de aire atmosférico. Las mezclas pobres tienen sus ventajas, pero también importantes inconvenientes. Una mezcla pobre contamina menos, ya que, al haber menos gasolina y ser la proporción de aire mayor, hay más oxígeno para recombinarse, y la gasolina reacciona casi por completo. Sin embargo, se produce una mayor temperatura, que aumenta la del motor, y puede llegar a facilitar la detonación, al incrementarse la temperatura de la mezcla y consecuentemente su presión.

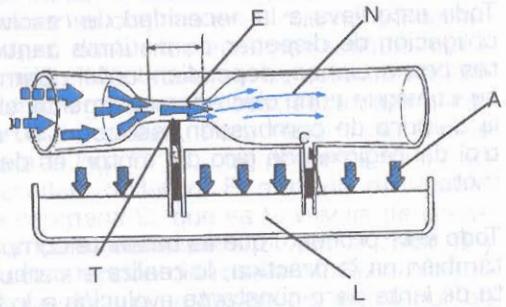
Por su parte, la mezcla rica supone un despilfarro de gasolina, aumenta la contaminación, al reaccionar sólo parcialmente el combustible por la falta de oxígeno, y se crea CO, que es un producto derivado de una combustión parcial del hidrocarburo. La ventaja de las mezclas ricas es que disminuyen la temperatura del motor. Sin embargo, su mayor contaminación, y el mayor consumo que traen como consecuencia, las hacen poco aceptables.

2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CARBURADOR

El carburador es el mecanismo que permite alimentar al motor con la mezcla de aire y gasolina que necesita para funcionar. Para conseguir esta alimentación, dosifica la gasolina, y la pulveriza en el aire que el motor aspira. Cada régimen exige una dosificación exacta para que el motor funcione de manera óptima, y la mezcla que aspire sea la adecuada, ni rica ni pobre. Se puede observar que el cometido confiado al carburador no resulta nada fácil. La sencillez del sistema, así como la de su fabricación, fue uno de los motivos de su empleo generalizado, pero esto ya no es tan cierto en el caso de los carburadores modernos. La búsqueda de perfección en la dosificación para cada régimen de giro del motor, y la paralela búsqueda de potencia, son los causantes de una continua complicación en su construcción y en su regulación.

Una característica típica de la carburación, es que utiliza la aspiración del motor para funcionar. Se vale de ella, tanto para incorporar la gasolina a la corriente de aire aspirado, como para pulverizarla o atomizarla. Esta aspiración no es otra que la correspondiente al tiempo de admisión, ya sea el motor de dos o cuatro tiempos. El hecho de utilizar esta aspiración la diferencia de la otra opción existente para alimentar un motor de explosión. La inyección impulsa la gasolina directamente por medios propios. Según sean estos medios, y el modo de gestión, será denominada inyección "electrónica" o "mecánica". Las mayores ventajas que presenta son la exactitud de la dosificación, y la posibilidad de medir y tener en cuenta otros parámetros del motor, como son la temperatura de éste, número de revoluciones por minuto, masa de aire aspirado, densidad de éste, etc... Hoy en día, la inyección es cada vez más utilizada en motores de motocicleta, y poco a poco irá sustituyendo a los sistemas de carburadores.

Para explicar el funcionamiento de un carburador, se expone inicialmente un principio, el de Venturi. Éste afirma que, si una corriente de fluido pasa por un estrechamiento, se produce un aumento de su velocidad y una disminución de la presión que ejerce sobre las paredes del estrechamiento. En otras palabras, si una masa de aire se traslada por un conducto con una velocidad dada y se encuentra con un lugar en el que el paso se restringe, para que, una vez sobrepasado este estrechamiento, la velocidad y el caudal sean los mismos que originalmente, la velocidad habrá tenido que aumentar en la zona donde la sección era, necesariamente, menor. La Fig. 5.9 lo representa gráficamente. Se puede ver que ha sido añadido, un tubo vertical T que desemboca en el estrechamiento, y que, en su parte inferior, está sumergido en un recipiente con líquido L y sometido a la presión atmosférica A. También se observan tres tipos de flechas para representar distintos tipos de flujos. Las flechas blancas representan el aire aspirado que, al pasar por el estrechamiento E, se acelerará y causará una caída de presión. Las flechas rayadas son la presión atmosférica A, que actúa sobre el líquido que hay en el recipiente. Las negras N representan la gasolina aspirada que, subiendo por el tubo, se incorpora a la corriente de admisión. Este dibujo, que serviría para explicar el funcionamiento de un atomizador de perfume, o el de un aerógrafo para pintar, es también un buen ejemplo de carburador elemental. A lo largo del capítulo se estudiarán los distintos sistemas que hay en un carburador moderno, que tienen su base teórica en este fenómeno ahora expuesto. No deja de ser



5.9. El efecto de Venturi se produce cuando en un tubo cerrado hay un estrechamiento, que disminuye la presión permitiendo la ascensión del fluido.

curioso cómo, aprovechando algo ya existente (el flujo de aire aspirado), se consigue añadir gasolina al aire que se introduce en el motor, y que, además, ésta se encuentra pulverizada de una manera homogénea. El motor necesita que la mezcla de aire y gasolina que entra en la cámara de combustión, lo haga de un modo especial. Es fácil de entender, que la cantidad de gasolina que entra en cada ciclo, se podría quemar en un recipiente abierto, y no explotaría. Esta es, precisamente, la cualidad que ha de tener la mezcla, ser explosiva. Para ello, lo que se ha de cumplir es una cierta dosificación, acompañada de la mayor homogeneidad posible. Se llama "dosificación" a la relación existente entre el peso de gasolina y el peso de aire consumidos. Hace referencia por tanto a la riqueza de la mezcla. Es importante hacer notar que se habla de pesos, no de volúmenes. Como se ha citado anteriormente, la proporción ideal es de 14,9 a 1, denominandose a la misma "estequiométrica".

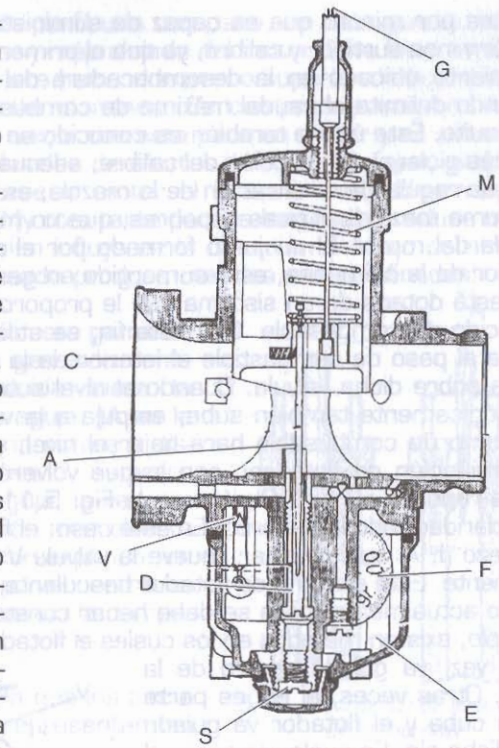
Conviene observar, que la dosificación ha de cambiar según sean las condiciones de trabajo del motor. Así, no será idónea la misma proporción de los componentes en la mezcla para arrancar el motor en frío, que para extraer de él toda la potencia, o en el momento de cortar gases para frenar. También se presenta una dificultad añadida en los casos de solicitaciones repentinas al motor, como puede ser una aceleración súbita, y es que los dos elementos que forman la mezcla se ven sometidos a inercias, y además, por ser de distinta naturaleza, estas inercias son mayores para la gasolina que para el aire. Dicho de otra forma, la diferencia en las inercias a las que se ven sometidos aire y combustible, pueden hacer que, en solicitaciones demasiado bruscas, lo que llegue a la cámara de combustión sea aire casi puro, empobreciendo esto la mezcla justo en el momento en que debería ser más rica.

El que la mezcla sea homogénea es importante para asegurar que el frente de llama se desplace con velocidad, lo que es tanto como decir que la explosión se realiza convenientemente.

Todo esto lleva a la necesidad de resolver el problema que plantea la obligación de disponer de distintas cantidades de mezcla y en diferentes proporciones, dependiendo del régimen y del tipo de solicitación. Si se consigue controlar adecuadamente el caudal de mezcla que llega a la cámara de combustión, así como su dosificación, se tendrá el control del régimen de giro del motor, es decir, la entrega de potencia del motor.

Todo este proceso, que es bastante complicado, no sólo en la teoría sino también en la práctica, lo realiza el carburador, que ha sido un elemento de lenta pero constante evolución a lo largo del tiempo. Los pioneros eran muy sencillos y funcionaban sin Venturi, únicamente con evaporación, formando una capa fina de combustible, pero rápidamente se pasó a los de Venturi, muchísimo más eficaces.

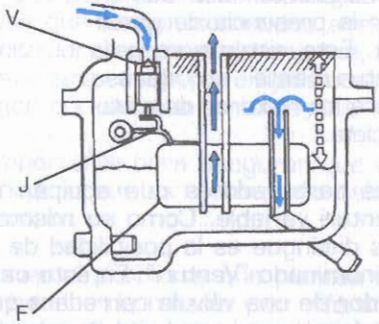
En algunos casos muy puntuales en el campo de la motocicleta —y más, habitualmente en el de los automóviles— se han usado carburadores de Venturi fijo. En ellos, la tobera de entrada al carburador desemboca en un conducto de diámetro constante en el que el paso del flujo aspirado se regula con una válvula giratoria llamada "mariposa". Al dejar pasar un cierto caudal, se produce una depresión que hace que la gasolina se incorpore al flujo de admisión por el o los surtidores dispuestos al efecto. Cuanto más paso se abre, más caudal circula por el cuerpo del carburador, y la mayor depresión consiguiente hace aumentar la presencia de gasolina. Este sistema se halla actualmente en desuso para los motores de motocicleta.



5.10. Corte de un carburador Dell'Orto de accionamiento directo.

Los carburadores que equipan las motocicletas actuales son los de Venturi variable. Como su mismo nombre indica, la característica que los distingue es la posibilidad de variar el diámetro del estrechamiento denominado "Venturi". En este caso, se dispone en el cuerpo del carburador de una válvula corredera que, deslizando de arriba a abajo, obtura deja libre el conducto de admisión. Más adelante, se estudiará la clasificación de los carburadores en dos grandes grupos, según sea el sistema que se utiliza para mover dicha válvula. Para hacer más fácil la descripción, se hace referencia a la Fig. 5.10, que presenta todas las partes principales de un carburador moderno. El sistema de Venturi variable está compuesto por la campana C, que es la válvula de corredera. Ésta es mandada desde el puño del acelerador por el cable G y vuelve a su posición de reposo por la acción del muelle M. Solidaria con la campana C, sube y baja la aguja A, que se desliza por el interior de la chimenea D. Ésta tiene roscado en su extremo inferior el calibre de alta S, calibrado en centésimas de milímetro. Algunos carburadores ingleses determinan el calibrado en función del caudal en centímetros

cúbicos por minuto que es capaz de suministrar. No hay que confundir los términos surtidor y calibre, ya que el primero hace referencia al estrechamiento ubicado en la desembocadura del circuito, mientras que el segundo delimita el caudal máximo de combustible que va a circular por el circuito. Este último también es conocido en el argot como "chiclé" (del francés gicleur). La elección del calibre, adecuado, por ser una de las formas de regular la dosificación de la mezcla, es vital para que el motor no consuma mezclas ni ricas ni pobres, que no mejoran ni el rendimiento ni la vida del motor. El conjunto formado por el surtidor de alta y la parte inferior de la chimenea, está sumergido en gasolina dentro de la cuba E, que está dotada de un sistema que le proporciona un cierto nivel preestablecido de combustible. Con este fin, se utiliza la válvula V, que abre y cierra el paso de combustible al interior de la cuba, y un flotador F, que actúa sobre dicha válvula. Cuando el nivel sube lo suficiente, el flotador, que lógicamente también sube, empuja a la válvula y la hace cerrar. El consumo de combustible hará bajar el nivel, y con él, a la "boya" (otra denominación de flotador), con lo que volverá a entrar gasolina por V hasta reponer el nivel. Obsérvese la Fig. 5.11, donde puede apreciarse con claridad todo lo descrito. En este caso, el flotador F se articula sobre el brazo J. Al subir y bajar, mueve la válvula V que cierra y abre respectivamente. Este sistema de flotador basculante es, con diferencia, el más usado actualmente, pero se debe hacer constar que no es el único. Por ejemplo, existen métodos en los cuales el flotador incorpora un eje y éste, a su vez, va guiado dentro de la cuba. Otras veces, el eje es parte de la cuba y el flotador va guiado por dicho eje. En cualquier caso, el fundamento físico es el mismo y, más aun el resultado. Para hacer llegar la gasolina a la entrada de la cuba son normales dos métodos. Cuando el depósito de gasolina se halla ubicado por encima del carburador, la Ley de la Gravedad proporciona suficiente presión de gasolina. Cuando el depósito está más bajo, se usa una bomba, que habitualmente es eléctrica.

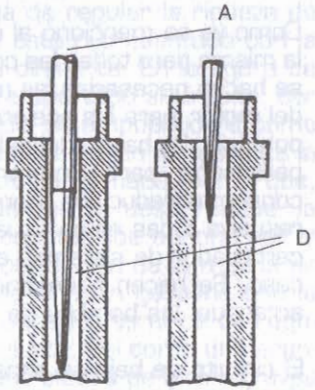


5.11. Cuba de un carburador con su sistema de regulación.

El sistema de funcionamiento de la campana que varía el Venturi, da nombre a estos carburadores. Si se parte de la posición de abierto, el conducto de admisión es, en sí mismo, un estrechamiento que hace que el flujo de aire aspirado se acelere y provoque una caída de presión. Si baja la campana para cortar gases, el paso de flujo disminuye, y eso hace que el motor baje de régimen. A la vez, se produce una compensación, que consiste en que parte de la depresión perdida por la disminución de flujo, se gana por el mayor estrechamiento producido por la

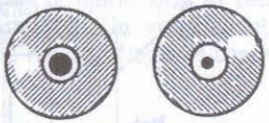
campana. Si se observa de perfil una campana, se distingue fácilmente un bisel en su parte inferior y más alejada del motor. Este bisel se encarga de orientar el paso del aire hacia el extremo superior de la chimenea, así como de acelerarlo más o menos. Se comprende que una cierta inclinación del bisel puede ser la correcta para un motor y no para otro. Llega a darse el caso de biseles de efectos tan distintos que, intercambiándolos, llegaría a pararse el motor al ir acelerando. Una mayor o menor inclinación del bisel (y otro tanto para la longitud), produce mayor o menor velocidad y también influye en la dirección del flujo de aire. En consecuencia, uno inadecuado produce mezclas mal dosificadas.

No sería lógico que en toda esta gama de posiciones del mando de gases la cantidad de gasolina consumida fuera la misma. Aquí interviene la aguja, (A en la Fig. 5.12), que tiene forma cónica y discurre dentro de la chimenea D. Es precisamente la forma de la aguja, la responsable de que a una posición muy abierta del mando de gases, corresponda un gran paso de gasolina, y, por el contrario, pase poco combustible cuando la campana está más baja.



5.12. Movimiento de la aguja de un carburador.

Véase la figura 5.13, en la que los círculos de la parte superior representan las secciones de la aguja (punto negro central) y de la chimenea (corona rayada alrededor del punto), y, debajo de cada uno, la posición de la aguja a que corresponde. Se comprueba así que una posición baja de la aguja corresponde con un paso muy limitado de gasolina, y una posición alta implica un mayor paso. Obviamente, esto se debe a la diferencia de secciones que estaría representada por el espacio en blanco que queda entre las dos partes mencionadas de los círculos superiores, y que es de la que dispone la gasolina para pasar al conducto de admisión.


5.13. Aumento de la sección de paso con el ascenso de la aguja.

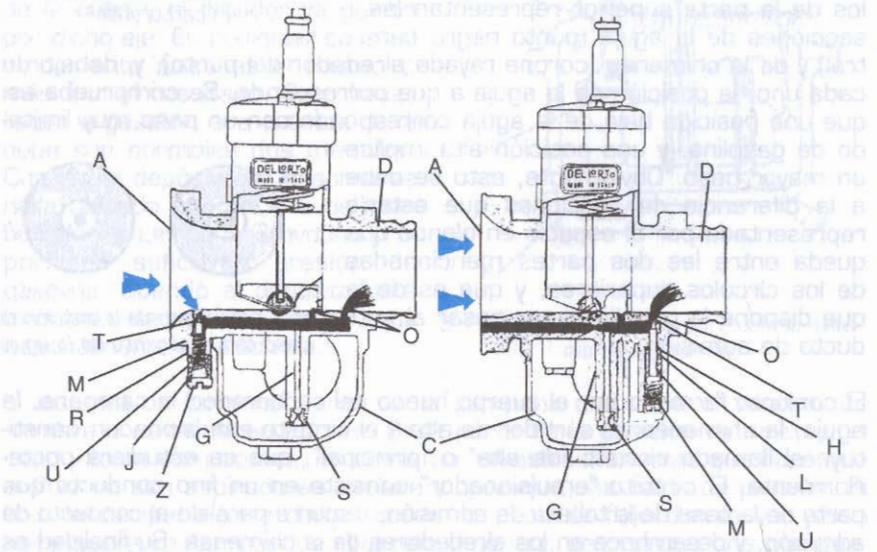
El conjunto formado por el cuerpo hueco del carburador, la campana, la aguja, la chimenea, el surtidor de alta y el circuito emulsionador, constituye el llamado circuito "de alta" o "principal", que se estudiará posteriormente. El circuito "emulsionador" consiste en un fino conducto que parte de la base de la tobera de admisión, discurre paralelo al conducto de admisión, y desemboca en los alrededores de la chimenea. Su finalidad es añadir aire a la columna de gasolina que asciende por la chimenea y, de este modo, ir ya pulverizándola, con la facilidad que esto supone para con-

seguir una mezcla homogénea. A criterio del fabricante, se incorpora un surtidor de aire al principio de este conducto para calibrar más exactamente la cantidad de aire que pasa por él. Actualmente, el tubo emulsionador se intercala entre la chimenea y el calibre de alta, concéntrico con ambos. Con esto se completa la explicación del circuito de alta del carburador, que es el encargado de alimentar al motor cuando éste gira a medio y pleno régimen.

2.1. Circuitos del carburador

Como ya se mencionó al estudiar la dosificación de la mezcla, ésta no es la misma para todas las condiciones de trabajo del motor. Concretamente, se hacen necesarias las mezclas ricas para los casos de arranque en frío del motor, para las aceleraciones y en la búsqueda de la entrega de plena potencia. Se hacen deseables las mezclas pobres cuando se reduce el gas para frenar, para la marcha a velocidad de crucero y en la consecución de consumos reducidos. Como no es posible construir un único sistema que resuelva todas estas situaciones particulares, lo que se hace es dotar al carburador de sistemas auxiliares, específicamente diseñados para cada caso. Se hacen necesarios por tanto, el circuito de baja, el circuito de arranque, las bombas de aceleración y los Power Jet.

El circuito de baja se encarga de proporcionar la mezcla al motor cuando el mando de gases está cerrado, y lo hace de manera independiente al circuito de alta. Por contraposición a la denominación de circuito "principal", el de baja es a veces denominado circuito "auxiliar". En la Fig. 5.14 hay dos ejemplos de circuito de baja. En ambos hay un conducto C, que parte de la tobera de admisión A, discurre en la misma dirección que el conducto de admisión D, pasa por encima de una chimenea G, que tiene roscado en su parte inferior el surtidor de baja S, y desemboca por uno o más orificios O en el conducto de admisión D. El último elemento de dicho circuito es el que establece las diferencias entre los dos ejemplos representados. Se trata de un tornillo T con la punta afilada y un muelle M que le mantiene en el lugar deseado. Este tomillo es llamado "de regulación de baja", y, se encarga de regular la riqueza de la mezcla en dicho circuito. En ambas figuras está representado con la letra "T", si bien realizan su función de forma diferente. En la figura de la izquierda, el tornillo regula la cantidad de aire aportado al circuito, por lo que, a medida que se desenrosque, la mezcla se empobrecerá como consecuencia del incremento de aire. Por el contrario, en la figura de la derecha, el tornillo regula la cantidad de mezcla ya formada, por lo que, al contrario que en el caso anterior, a medida que se desenrosque, la mezcla a ralentí se enriquecerá. Téngase en cuenta, que aunque por el surtidor sale gasolina mezclada con aire, la dosificación de la misma es muy rica, pues se ha de unir a la corriente de aire sin gasolina que la campana deja pasar. Señalar asimismo que todos los tornillos de regulación disponen de un muelle que evita su desajuste, así como una arandela tórica, para evitar posibles entradas incontroladas de aire a través de la rosca.



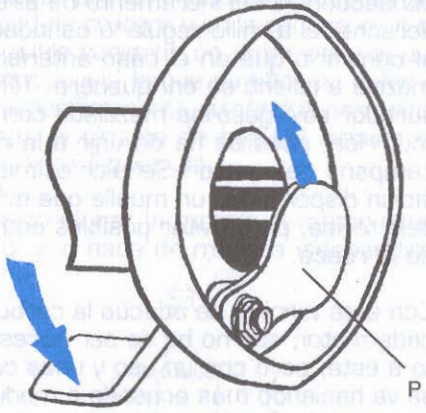
5.14. Circuitos de baja en dos carburadores Dell'Orto de accionamiento directo.

Con este tornillo, se adecúa la carburación en baja a las necesidades de cada motor, que no ha de ser necesariamente igual que el de otro exacto a éste, pero con un uso y unas condiciones de trabajo distintas. Esto se va haciendo más acusado a medida que el motor se va desgastando. El punto de partida para su regulación debe ser el fijado por el fabricante, que lo expresará en las especificaciones de la motocicleta, haciendo referencia al número de vueltas que se ha de aflojar el tornillo de baja desde su posición de cerrado.

El otro orificio F de entrada al conducto principal que se observa en los circuitos de baja se llama habitualmente "by-pass" u orificio de progresión, y contribuye notablemente a hacer más suave la transición entre el funcionamiento del circuito de baja y el de alta. Se ubica en la proyección del borde de la campana más próximo al motor, y, mientras ésta permanece cerrada, no sólo no sale por él la gasolina, sino que entra aire que ayuda al funcionamiento del sistema de baja. Cuando la campana empieza a elevarse, deja fluir por él la gasolina, enriqueciendo la mezcla en un momento en que esto es deseable, y consiguiendo así mayor suavidad. Al igual que en el circuito emulsionador, el interés por calibrar mejor el paso de aire hace que, en ocasiones, el fabricante instale surtidores de aire en el principio del circuito.

Punteado en la figura se encuentra el tornillo de regulación del régimen de ralentí o, más comúnmente llamado, "tornillo de ralentí". Tiene una forma que recuerda al tornillo de regulación de baja, pero su función es bien distinta. Éste no interrumpe el paso de una corriente de flujo, sino que regula la mínima altura a la que baja la campana. Su punta es cónica, aunque menos que la del tornillo de baja con el que se le compara, y se dispone en una dirección perpendicular al recorrido de la campana. Como la punta es cónica, conforme va avanzando el tornillo por efecto de la rosca, el punto en que se tocan está más alto, que es lo que se pretende, ya que cumple realmente una función de mero tope. Una buena conjunción entre la posición del tornillo de ralentí y la del tornillo de baja, consigue que el motor gire redondo a régimen mínimo. Más adelante se tratará la regulación de ambos tornillos, su importancia, y los síntomas de estar mal ajustados.

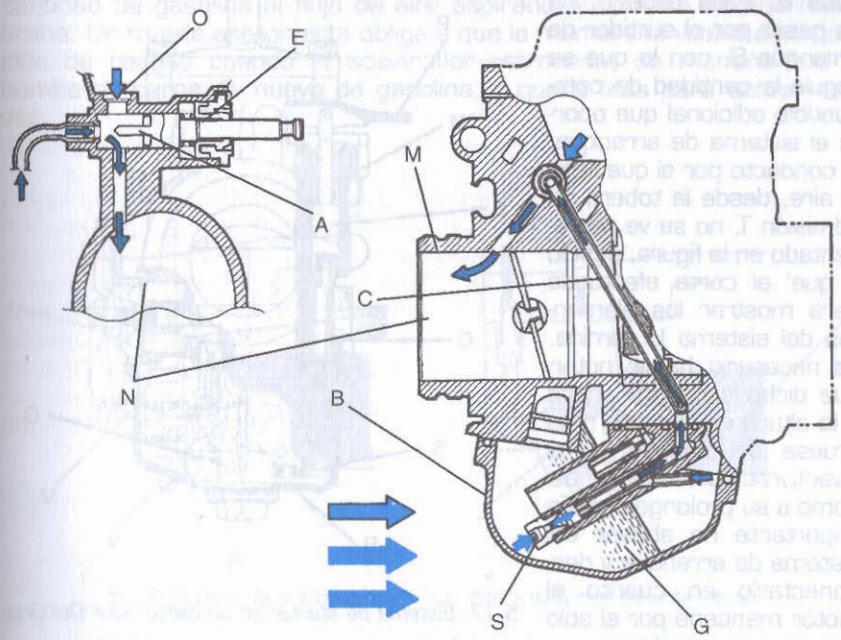
El siguiente sistema de carburador que se estudiará es el "de arranque" o "starter". Este sistema se justifica, en la mdedida en que en frío, la gasolina se condensa en las paredes de los conductos, empobreciéndose la mezcla que llega al motor. Por lo tanto, ha de disponerse mayor riqueza. Dos métodos muy usados en carburadores sencillos, y más en otras épocas que ahora, son los primeros que se explicarán. Uno bastante común, y no del todo en desuso, consiste —como se observa en la Fig. 5.15— en una portezuela P que obtura la tobera de admisión del carburador o su conexión con el filtro de aire. En los casos más elaborados, además de enriquecer así la mezcla, el mismo mando que cierra el paso al aire se encarga de acelerar levemente el régimen de ralentí. Este es el sistema más utilizado en los carburadores destinados a los motores de ciclomotores y motos económicas, y también se emplea frecuentemente en el sector del automóvil, aunque con otro sistema de obturación. Al restringir el paso de aire, la succión del pistón absorbe más gasolina, enriqueciendo la mezcla.



5.15. Sistema de arranque por estrangulamiento de la corriente de aire.

Otro sistema —también muy usado hasta hace relativamente poco tiempo— era el consistente en un pulsador que actúa sobre el flotador y que, al ser presionado lo sumerge, haciendo que se inunde por completo la cuba del carburador, de manera que la gasolina rebosa

por el conducto, aumentando momentáneamente su proporción con respecto al aire.

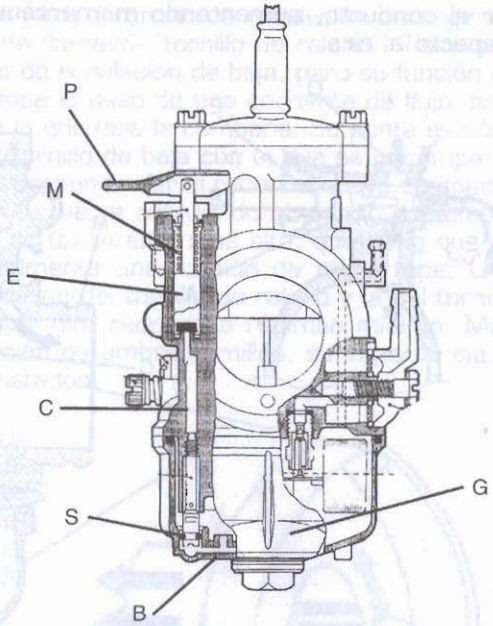


5.16. Sistema de starter en un carburador Mikuni.

El sistema más comúnmente utilizado en la actualidad se representa en la Fig. 5.16.

Se puede ver otro ejemplo en la Fig. 5.17. Obsérvese el carburador de la figura, que no es otro que el de la Fig. 5. 10, habiéndolo girado noventa grados respecto al eje imaginario de la campana. El corte efectuado en el lado izquierdo de esta figura permite observar casi todos los elementos del sistema de arranque. La pieza E de la figura corresponde al émbolo de accionamiento, que en este caso se puede encontrar en dos posiciones. En la figura, el sistema no está en funcionamiento, y por ello la palanca de mando P se encuentra perpendicular. El muelle M, que también aparece cortado, se encarga de asegurar que el émbolo E permanece en la posición de reposo. Al disponerse a arrancar el motor estando éste frío, basta girar noventa grados la palanca de mando para que el sistema funcione, pues la forma de ésta mantendrá el émbolo levantado. En otros casos, se puede accionar el sistema desde el manillar u otros sitios de la motocicleta (carenado, chasis, tablero portarrelojes, etc), normalmente mediante un cable que permite graduar la apertura del émbolo. La parte del émbolo más afilada se encarga de obstruir

la chimenea C por la que sube la gasolina G desde la cuba B. Para hacerlo, ha de pasar por el surtidor de arranque S, con lo que se regula la cantidad de combustible adicional que aporta el sistema de arranque. El conducto por el que llega el aire, desde la tobera de admisión T, no se ve representado en la figura, debido a que' el corte efectuado para mostrar los elementos del sistema lo elimina. Es necesario hacer notar, que dicho conducto acaba a la altura de la parte más gruesa del émbolo, y, al levantarse, lo descubre, así como a su prolongación. Es importante no abusar del sistema de arranque y desconectarlo en cuanto el motor mantiene por sí solo una marcha regular.

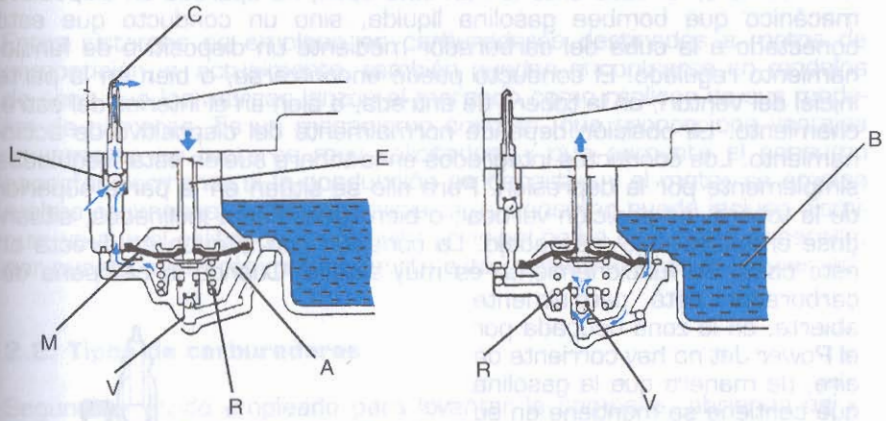


5.17. Sistema de starter en un carburador Dell'Orto.

En algunos modelos, se monta un dispositivo automático para el accionamiento del starter, consistente en una lámina bimetálica, muy sensible a los cambios de temperatura, la cual a motor frío está contraída, accionando por tanto el starter. A medida que el motor se calienta, la lámina también lo hace, desconectándose por tanto el dispositivo de arranque en frío.

Otro sistema auxiliar es la bomba de aceleración. Suele incorporarse en motores de cuatro tiempos de gran cilindrada unitaria, mono o bicilíndricos. Su misión es aumentar la riqueza de la mezcla en los momentos en que se solicita del motor una aceleración que, de no ser por este enriquecimiento adicional, no sería posible. Si no se añadiera mayor cantidad de gasolina de la habitual, la mayor inercia del combustible respecto al aire, causada por su mayor peso, provocaría que llegara aire a la cámara de explosión sin la suficiente concentración de combustible, lo que resulta contraproducente, en un momento en el que se necesita que la combustión alcance todo su rendimiento. Este sistema se distingue por el modo de funcionamiento. En este caso, no hay una toma previa de aire, ni un surtidor que calibre el paso desde la cuba, ni una depresión que haga salir la gasolina, sino un simple mecanismo que

impulsa la gasolina como lo haría una jeringuilla. Mediante un sistema que actúa al girar el puño del acelerador, la bomba envía una pequeña cantidad de gasolina al flujo de aire aspirado por medio de una membrana. Un muelle antagonista obliga a que la membrana vuelva a su posición de reposo cuando el acelerador retrocede, de manera que la bomba se carga de nuevo de gasolina, y queda lista para actuar otra vez.

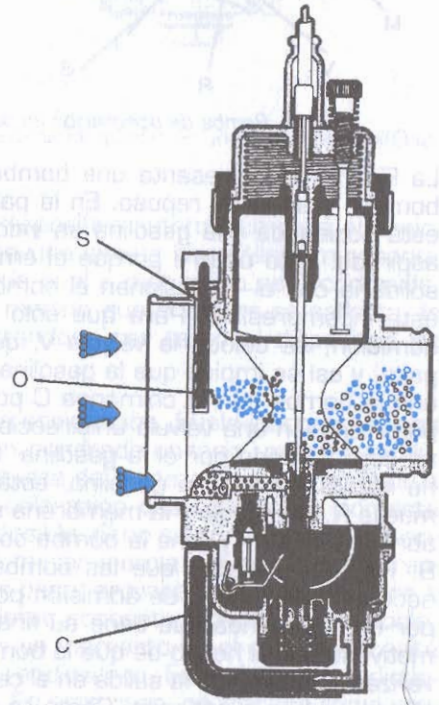


5.18. Bomba de aceleración en sus dos posiciones características.

La Fig. 5.18 representa una bomba de aceleración en la posición de bombeo y en la de reposo. En la parte superior de la figura, la bomba está accionada y la gasolina se incorpora por C a la corriente de aire aspirado. Esto ocurre porque el émbolo E y la membrana M —que es solidaria con él— presionan el combustible, obligándolo a salir por ser éste incompresible. Para que sólo tenga salida hacia el conducto de admisión, se coloca la válvula V, que permite una única dirección de paso, y así se impide que la gasolina retorne a la cuba. En el tramo que une la bomba con la chimenea C por la que fluye la gasolina, se incorpora también una válvula unidireccional L, que cierra el circuito cuando no está fluyendo por él la gasolina. En el momento en el que la bomba ha impulsado toda la gasolina, esta válvula se cierra y, por efecto del muelle R, el émbolo y la membrana suben, provocando una succión que abre la válvula V y llena la bomba con la gasolina procedente de la cuba B. Hay que resaltar que las bombas de aceleración normalmente no acceden al conducto de admisión por un orificio lateral como éste, sino por una chimenea que tiene su final centrado en el conducto. Esto es motivado por el hecho de que la bomba añade gasolina sin aire y sin pulverizar, y, colocando la salida en el centro de la corriente de aire, se solucionan ambas cuestiones. Como se puede deducir fácilmente del dibujo, las bombas de aceleración calibran la cantidad de gasolina añadida por la diferencia existente en el volumen de la cámara en las dos posiciones

extremas. Asimismo, en función del recorrido impreso al acelerador, al ser éste solidario a la membrana, se dosifica la gasolina inyectada.

Un sistema auxiliar que se encuentra en los carburadores modernos, y en muy contadas ocasiones, es el Power Jet. Este sistema realiza un aporte extra de combustible, pero únicamente en la parte más alta de la escala del cuentavueltas, si bien de forma contínua y no sólo al acelerar como en el caso anterior. En este caso, no aparece un dispositivo mecánico que bombee gasolina líquida, sino un conducto que está conectado a la cuba del carburador mediante un dispositivo de funcionamiento regulado. El conducto puede encontrarse, o bien en la parte inicial del Venturi, en la tobera de entrada, o bien en el interior del estrechamiento. La posición depende normalmente del dispositivo de accionamiento. Los conductos integrados en la tobera suelen estar regulados simplemente por la depresión. Para ello se sitúan en la parte superior de la tobera, en posición vertical, o bien ligeramente inclinados, situándose entonces algo más abajo. La conexión con la cuba es directa en este caso. Su funcionamiento es muy simple. Cuando la campana del carburador está parcialmente abierta, en la zona ocupada por el Power Jet no hay corriente de aire, de manera que la gasolina que contiene se mantiene en su interior. Cuando la campana se abre, la corriente de admisión comienza a arrastrar el combustible, de manera que se aumenta la proporción de gasolina, independientemente de los reglajes internos del carburador. La razón viene dada por la búsqueda de la máxima potencia a pleno régimen y con el acelerador completamente abierto, que exige una cantidad de gasolina que el circuito principal no puede suministrar si se desea un funcionamiento homogéneo en regímenes y cargas parciales. En la Fig. 5.19 se muestra un sistema de este tipo, en el que destacan el surtidor S, situado en la parte superior y dotado de los orificios O convenientemente calibrados a cada altura y la canalización a la cuba C.



5.19. Sistema Power Jet en un carburador de competición.

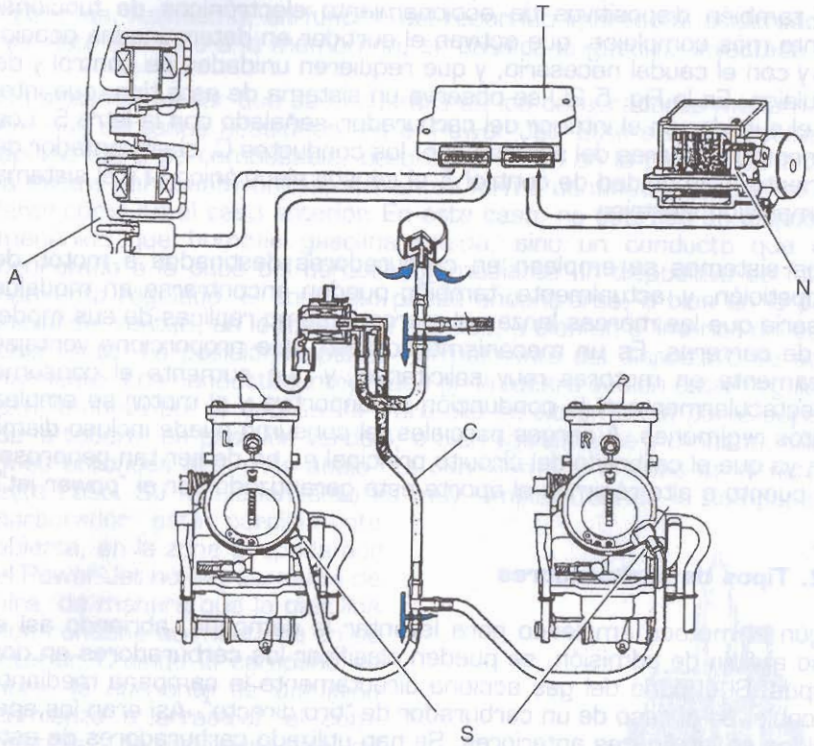
Hay también dispositivos de accionamiento electrónicos de funcionamiento más complejos, que activan el surtidor en determinadas ocasiones y con el caudal necesario, y que requieren unidades de control y de impulsión. En la Fig. 5.20 se observa un sistema de este tipo, que integra el surtidor en el interior del carburador, señalado con la letra S. Los elementos auxiliares del sistema son: los conductos C, el alimentador de corriente A, la unidad de control T, el sensor electrónico N y el sistema de impulsión eléctrico.

Estos sistemas se emplean en carburadores destinados a motos de competición, y, actualmente, también pueden encontrarse en modelos de serie que las marcas lanzan al mercado como réplicas de sus modelos de carreras. Es un mecanismo costoso, que proporciona ventajas únicamente en motores muy solicitados, y que aumenta el consumo espectacularmente si la conducción es deportiva y el motor se emplea a altos regímenes. A cargas parciales, el consumo puede incluso disminuir, ya que el calibrado del circuito principal no ha de ser tan generoso, por cuanto a alto régimen el aporte está garantizado por el "power jet".

2.2. Tipos de carburadores

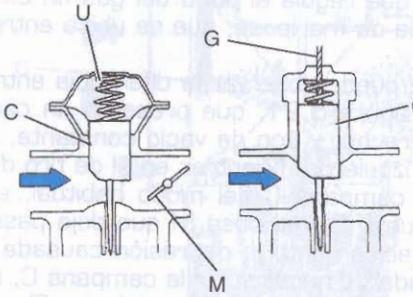
Según el método empleado para levantar la campana, abriendo así el paso al flujo de admisión, se pueden clasificar los carburadores en dos grupos. Si el puño del gas acciona directamente la campana mediante un cable, es el caso de un carburador de "tiro directo". Así eran los aparecidos en las figuras anteriores. Se han utilizado carburadores de este tipo para explicar los sistemas auxiliares, por ser más sencillos y anteriores en el tiempo a los de "vacío constante". Los así denominados, utilizan la depresión causada por la admisión para levantar la campana, y lo que regula el puño del gas en este caso, es la apertura de una válvula de mariposa, que se ubica entre la campana y el motor.

Se puede observar la diferencia entre ambos tipos de carburadores en la figura 5.21, que presenta un carburador de tiro directo en el lado derecho, y uno de vacío constante, también llamado "de depresión" en el izquierdo. Mientras en el de tiro directo, el mando de gases G mueve la campana C del modo habitual, en el de vacío constante el mando mueve la mariposa M que deja pasar o no el flujo de la aspiración. Es precisamente la depresión causada por el paso de este flujo la encargada de hacer subir la campana C, con las ventajas que esto comporta y que se detallan más adelante. El muelle U que aparece en la figura del carburador a depresión, se encarga de devolver a su posición más baja a la campana C, y lo hace en el momento en el que la depresión causada por la admisión disminuye y vence la fuerza que ejerce el resorte. Para que vuelva a la posición de ralentí, el puño del gas se vale de un resorte de tipo circular que se instala en el eje de la mariposa. Hay que



5.20. Sistema Power Jet con gestión y accionamiento electrónico en una Suzuki RGV 250 c.c.

aclarar que, mientras en un carburador de tiro directo, el cambio de muelle sólo influye en la dureza del mando del acelerador, en uno a depresión, esta dureza la regula el resorte de la mariposa. Cambiar el muelle de la campana en un carburador a depresión, trastocará la carburación negativamente, ya que la campana no subirá en su momento y cantidad adecuadas, con lo que se pierde, justamente, lo que se busca con un dispositivo de vacío constante. Si se cambia el muelle por uno más débil, una depresión cualquiera hará subir en exceso la campana, con el ahogo que esto supondrá para el motor. Si por el



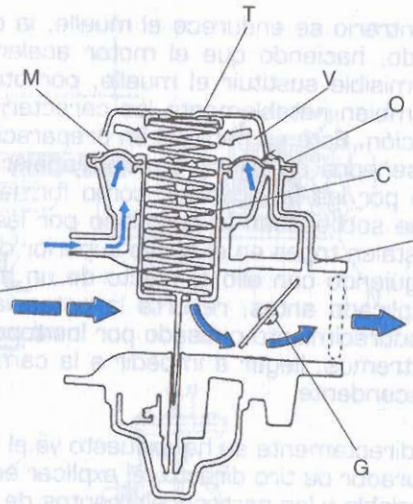
5.21. Carburador de accionamiento directo y de depresión.

contrario se endurece el muelle, la campana subirá menos de lo esperado, haciendo que el motor acelere menos de lo solicitado. Sólo es admisible sustituir el muelle, por otro de diferentes características, si cambian notablemente las características del motor en cuanto a aspiración. Esto es habitual en preparaciones para competición de motores diseñados en principio para trabajar más tranquilos. También es utilizado por los fabricantes, como forma de limitar la potencia en motores que sobrepasan lo permitido por las legislaciones más restrictivas. Se instalan topes en el apoyo superior del muelle para precomprimirlo, consiguiendo con ello el efecto de un muelle más duro. Esto, como se ha explicado antes, recorta la potencia, tanto más cuanto mayor sea el endurecimiento causado por los topes. Éstos pueden, en los casos más extremos, llegar a impedir a la campana casi la mitad de su recorrido ascendente.

Indirectamente se ha expuesto ya el modo de funcionar que tiene un carburador de tiro directo, al explicar en qué consiste el sistema de Venturi variable y las partes y elementos de cada sistema. Su utilización es muy anterior en el tiempo, y los de vacío constante surgieron para automatizar el movimiento de la campana, que, cuando es mandada directamente por el conductor, rara vez se encuentra en la posición más adecuada a las exigencias del motor. Esto explica que, en motos muy deportivas, se sigan instalando los de tiro directo, confiando en que un fino tacto de conducción por parte del piloto, será capaz de enmendar la falta del automatismo de la depresión, teniendo más rapidez de respuesta a las solicitaciones de potencia repentinas. Así, se puede encontrar en el catálogo de algunas marcas, dos modelos iguales en casi todo y que incorporan uno u otro sistema, según sea el modelo puramente de carreras o la réplica comercial.

El modo de actuación de un carburador de vacío constante se puede ver en la Fig. 5.22. La campana C lleva adherida por su parte superior una membrana M fabricada en látex que, siendo pisada por la tapa T del carburador, es estanca al paso de los gases. Entre la tapa y el fondo de la campana se instala el muelle R, que necesita tener un tarado muy preciso. Entre la membrana y la tapa se forma una cámara V, denominada "de vacío", y que comunica por un pequeño orificio F con el conducto de admisión, en el tramo comprendido entre la mariposa G y el motor. Por este pequeño conducto llega la depresión de la admisión a la cámara de vacío V. Se dispone por debajo de la membrana de otra cámara que comunica con el exterior y está, debido a ello, sometida a la presión atmosférica. Se pueden distinguir dos tipos de flechas, siendo negras las que representan la presión atmosférica, y blancas las de la corriente de admisión. En la base de la campana, y por su parte delantera, hay un pequeño orificio O que devuelve la corriente de admisión que ha entrado en la cámara de vacío a la corriente principal.

Con este sistema se consigue automatizar el método de elevación de la campana, sometiéndolo perfectamente a las necesidades del motor. Aunque el conductor abra completamente el puño del acelerador, la campana no subirá más que en la medida que la fuerza de la depresión causada por el régimen del motor, sea capaz de vencer la resistencia ejercida por el muelle.



5.22. Carburador Keihin de depresión con su cámara de vacío.

2.3. Ventajas e inconvenientes de ambos tipos de carburadores

El mayor problema que presentan los carburadores de tiro directo está causado por las inercias a las que se ven sometidas las masas de aire y de gasolina. Cuando se produce una solicitación de potencia excesivamente brusca, la velocidad de la masa de gasolina no puede aumentar todo lo rápido que sería necesario, y esto se ve traducido en importantes vacíos de carburación. Cuando se va abriendo la válvula de gases (en este caso la campana) de modo progresivo, el paso de un mayor caudal de flujo aspirado debería producir una mayor depresión. Por otro lado, al estar levantando la campana, disminuye el estrechamiento, lo que tiene un efecto contrario sobre la depresión que compensa el anterior. De este modo, la depresión se mantiene prácticamente constante, siendo la aguja la encargada de regular el paso de gasolina, no la mayor o menor caída de presión. Si en vez de hacerlo progresivamente, se acciona el acelerador de manera repentina, el caudal de aire aspirado tarda unos instantes en aumentar, pero como en cambio el estrechamiento sí ha disminuido, la depresión baja notablemente. Esto hace salir menos gasolina en el momento en que debería ocurrir justo lo contrario, pues ya se comentó, al tratar las dosificaciones, que uno de los momentos que precisan de mezclas ricas es el de la aceleración. En esta exposición del problema se ha tenido solamente en cuenta la inercia de la masa de aire, pero hay que señalar que la inercia de la gasolina no hace sino agravar el problema. A ningún conductor le resultará desconocida la situación en la cual el motor no responde a las solicitaciones que se le exigen, y, paradójicamente, al cortar gas gradualmente, la respuesta mejora. Este problema de dosificación en las aceleraciones, es el responsable de que se instalen bombas de aceleración como las explicadas en los sistemas auxiliares del carburador.

Con ellas se enriquece artificialmente la mezcla, consiguiendo paliar en parte los problemas ocasionados por las inercias. Es también muy habitual que el fabricante disponga el carburador, de modo que se quede una pequeña cantidad de gasolina en el espacio comprendido entre el surtidor de alta y el conjunto chimenea aguja. Esta gasolina ya ha pasado por el surtidor de alta y apenas encuentra dificultades para incorporarse a la corriente de aspiración.

El carburador de vacío constante nace como solución al ahogo que produce en el motor una solicitación excesivamente brusca. Ya se ha reseñado que lo conseguido con este sistema es automatizar la elevación de la campana. Por medio de la depresión, el motor elige la sección de difusor que precisa para funcionar sin baches ni vacíos. En este tipo de carburador, el giro repentino del puño del gas no produce el ahogo comentado en el de tiro directo, pues lo que se abre es la mariposa, y no la campana. En caso de abrirse bruscamente, no cae la depresión, pues la velocidad del aire aspirado permanece constante y sólo irá aumentando la altura de la campana conforme vaya también aumentando el régimen del motor. Se entiende fácilmente que el nombre de "vacío constante", responde justamente a esta característica de no permitir que varíe la depresión existente en el cuerpo del carburador.

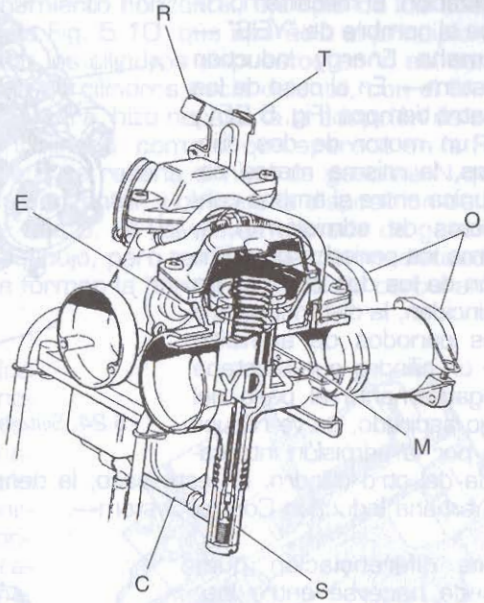
Este método de regulación automática de la altura de la corredera, que podría parecer la solución perfecta, presenta otros inconvenientes que llegan a desaconsejar su utilización en determinados casos. Por un lado, pasa un cierto tiempo desde que varía la solicitación de flujo aspirado, hasta que el carburador de vacío constante responde, elevando o bajando la campana según corresponda. Además del lógico retraso en la respuesta del motor, esto impide su utilización en motores de dos tiempos. Es característico de los motores de dos tiempos, tener unos periodos de admisión relativamente cortos, que son los responsables del uso exclusivo de carburadores de tiro directo. En los motores de cuatro tiempos, los periodos de admisión son considerablemente más largos, lo que suaviza el problema. El porqué de la influencia del diagrama de distribución, se debe a que periodos muy cortos de admisión en un caso, y en monocilíndricos de gran cilindrada girando a bajas vueltas, no establecen en el cuerpo del carburador la depresión necesaria para mantener la campana abierta. El problema prácticamente desaparece cuando el motor es pluricilíndrico, y se conectan entre sí las tomas de distintos cilindros. La segunda causa que desaconseja en ocasiones su utilización es que, obviamente, existe un desfase entre el momento en el que el conductor de la motocicleta varía la posición del puño del gas y en el que motor responde a la solicitación. No debe olvidarse que dicha inercia en la campana existe en ambas direcciones, aunque es claramente más importante al acelerar que al retener. Pensando brevemente el porqué de esta diferencia, se observará que, en el caso de las retenciones, la campana se ve menos sometida a la inercia, debido a la

ayuda del muelle recuperador, que sin embargo supone una dificultad al acelerar. Este es el motivo de que actualmente se instalen carburadores de tiro directo en motocicletas de carácter radicalmente deportivo, a pesar de que montan motores que son comunes a otros modelos más turísticos, en los que se han instalado con buen resultado carburadores de vacío constante.

2.4. Sistemas especiales

Un caso en el que se ha optado generalmente por una solución intermedia, se refiere a los grandes monocilíndricos de cuatro tiempos, que actualmente impulsan a los modelos de campo destinados a un uso polivalente. La cilindrada de estos monocilíndricos varía según modelos, siendo la más habitual los seiscientos centímetros cúbicos y el máximo los ochocientos. Se aprovecha en estos motores el hecho de poseer culatas multiválvulas, y se construyen con dos conductos de admisión paralelos, que desembocan en cada una de las dos válvulas de admisión, con una pequeña cámara anterior común a ambas. Hay dos tendencias, o bien instalar dos carburadores independientes —de manera que los conductos de admisión sean más pequeños— o bien instalar en uno de los conductos un carburador de tiro directo, y en el otro uno de vacío constante. Se intenta, de este modo, aprovechar las ventajas de ambos sistemas, y, de paso, evitar un conducto único que sería demasiado grande, con los problemas de inercias que esto ocasionaría. Con este sistema, que la firma Yamaha denomina "YDIS" —abreviatura de Yamaha Duo Intake System— se busca que sea el carburador de tiro directo el encargado del régimen de ralentí y de la marcha correcta del motor a bajas vueltas, momento en el que se ha visto cómo el carburador de vacío constante tiene problemas con las pulsaciones de la admisión, si únicamente existe un conducto. El muelle recuperador que se instala en el carburador de vacío constante ha de estar tarado para que sólo entre en funcionamiento a partir de cierto número de revoluciones, en el cual la corriente de admisión es prácticamente constante, por lo que será más duro que uno normal. Con este ingenioso sistema, se consiguen, por tanto, dos finalidades altamente beneficiosas. Se dispone de un conducto de admisión pequeño cuando el motor gira despacio, con el fin de prevenir ahogos. Este pequeño conducto aumenta cuando las exigencias de la admisión lo hacen, y se dispone así de un conducto lo suficientemente grande como para garantizar en altos la buena respiración del motor. A esta ventaja evidente, se suma una segunda, que es la de aprovechar las características de cada uno de los tipos de carburadores. Del mismo modo que, como se ha explicado, el carburador de tiro directo suple las deficiencias del de vacío constante a bajas vueltas, éste se muestra superior en la transición de regímenes medios a regímenes altos. Aquí se hace más necesaria que nunca la automatización de la apertura del paso de gases que proporcionan los carburadores a depresión, por la especial tendencia de estos motores a ahogarse, ante solicitaciones demasiado bruscas por parte del conductor.

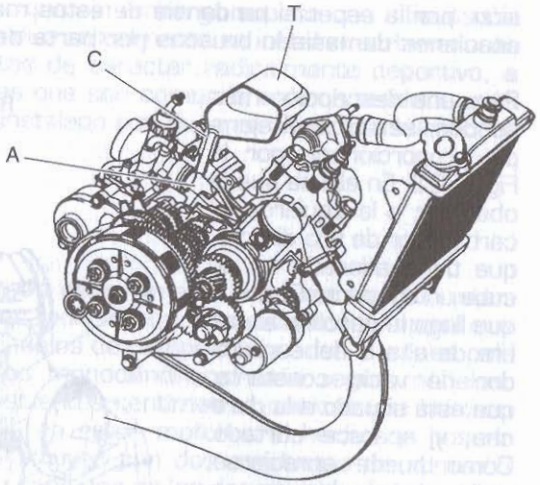
Para una descripción más sencilla, se utiliza el ejemplo proporcionado por la Fig. 5.23. En ella se puede observar, a la izquierda, el carburador de tiro directo, que tiene adosado en su cuba un conducto C, por el que llega la gasolina al calibre de alta S del carburador de vacío constante, que está situado a la derecha, y aparece cortado. Como puede apreciarse, cada carburador se encuentra fijado a una toma O de admisión distinta, lo que recuerda la culata de un bicilíndrico paralelo. En realidad se trata de un monocilíndrico de cuatro válvulas, y cada conducto desemboca en una de las válvulas de admisión. Señalada con una M se encuentra la mariposa de mando de gases del carburador de vacío constante, que se halla fijada en el lado izquierdo de su eje al mando de gases del carburador de la izquierda. Aunque es inapreciable en el dibujo, es de señalar que el carburador de tiro directo lleva incorporado un sistema que transforma el movimiento circular del eje de mando E, en el movimiento lineal de la campana. A los anclajes T y R llegan dos cables procedentes del puño del acelerador, llamados "de tiro y retorno", que aseguran el correcto deslizamiento en las dos direcciones del mando de gases del sistema.



5.23. Sistema YDIS de una Yamaha XT 600 c.c.

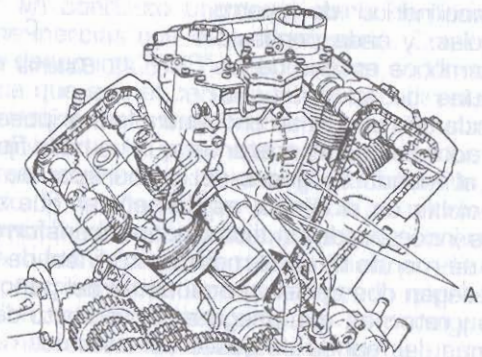
Para evitar las pulsaciones de la admisión a bajas vueltas y paliar sus efectos negativos, se instalan en ocasiones dispositivos especiales. Se pueden citar un par de ejemplos, ambos de la marca japonesa Yamaha, y destinados a motores de dos y cuatro tiempos. En el caso de los dos tiempos, como se aprecia en la Fig. 5.24, se practica una abertura en el conducto de admisión A, y se le conecta un segundo conducto más pequeño C, que termina en una cámara de tranquilización T. Con este simple sistema, convenientemente calculado en todos sus parámetros, se consigue anular parte de los problemas causados por las pulsaciones de la admisión, y lo hace debido a fenómenos de resonancia en las

frecuencias de las distintas ondas creadas por la admisión y por la caja de tranquilización. El mecanismo recibe el nombre de "YEIS" —Yamaha Energy Induction System—. En el caso de los cuatro tiempos (Fig. 5.25) y en un motor de dos cilindros, la misma marca comunica entre sí ambos conductos de admisión A, y, como los periodos de admisión de los dos cilindros no coinciden, la distancia entre dos periodos de admisión de un cilindro que afectaba negativamente al paso del flujo aspirado, se ve reducida por la admisión intercalada del otro cilindro. En este caso, la denominación comercial es "YICS" —Yamaha Induction Control System—.



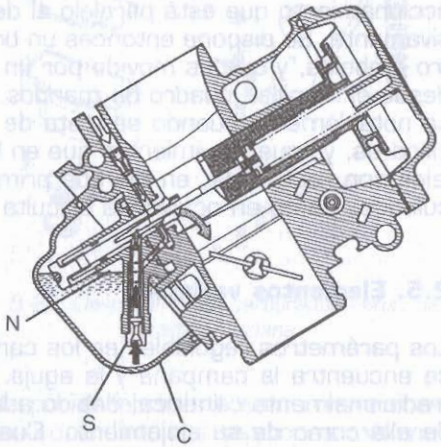
5.24. Sistema YEIS en una Yamaha TZR 80 c.c.

Otra diferenciación que puede hacerse entre los distintos carburadores es su posición de funcionamiento. Así, se encuentran carburadores de funcionamiento vertical, inclinado y horizontal, llamados así según la posición que adopte el cuerpo del carburador. En realidad, lo único que ha de cambiar para que un carburador valga para posiciones distintas es la posición de la cuba. Como es lógico, se ve afectada la parte del carburador que ha de estar sumergida en gasolina y, obviamente, la posición de la boya o flotador. En los carburadores primitivos, era frecuente que la cuba estuviera separada del cuerpo del carburador, y pudiera cambiar su posición relativa respecto a éste, con el fin de hacer posible su instalación en modelos bien distintos. Ahora se tiende a diseñar el carburador de manera específica para cada modelo, y, claro está, se tiene en cuenta la posición en que va a trabajar. Ésta depende de la disposición de los cilindros entre sí, y del ángulo que forman, una vez montado el motor en la motocicleta, los conductos de admisión con la horizontal. Así, pueden verse motores con los conductos de admisión paralelos a la horizontal, y, en este caso, se necesitan unos carburadores de funcionamiento horizontal, ejemplo de los cuales puede ser el representado en la Fig. 5.10, que apareció al principio del capítulo. El uso de motores con los cilindros dispuestos en V, así como la tendencia a inclinar el bloque de cilindros hacia delante, con el fin de cargar peso sobre la rueda delantera, hizo necesaria la adopción de carburadores de funcionamiento inclinado, como el que aparece en la Fig. 5.26. En el interior de la cuba C se reseña el nivel de gasolina N que, como todo líquido, conserva la horizontal, y obliga a la disposición de los surtidores que presenta el de alta S. La válvula de entrada de gasolina y el flotador no aparecen en el dibujo, pero también se ven mediatizados en su forma por el ángulo que forman la horizontal (nivel de carburante) y el cuerpo del carburador.



5.25. Sistema YICS en una Yamaha XV 550 c.c.

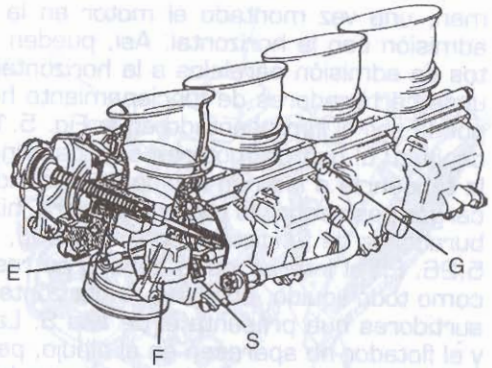
La siguiente tendencia de los constructores, tanto en los motores en V, como en los paralelos —que son los más habituales— ha sido sumar el ángulo de cuarenta y cinco grados formado por los cilindros y la horizontal, con los otros tantos grados del formado por el eje imaginario de los cilindros y los conductos de admisión. De este modo, los carburadores pasan a estar verticales, y esto condiciona nuevamente su forma en lo referente a los elementos antes mencionados. Este no es sino un caso extremo de carburadores inclinados, y sirve como ejemplo la Fig. 5.27 en la que pueden apreciarse las posiciones del flotador F y del surtidor de alta S. Con la comentada tendencia a disponer verticalmente los conductos de admisión, se ha multiplicado el uso de estos carburadores de funcionamiento vertical, que antes se usaban en algunos motores boxer y en algunos scooters y raros casos de cilindros horizontales.



5.26. Carburador Mikuni con posicionamiento inclinado.

La misma Fig. 5.27 sirve para mostrar en qué consiste una batería de carburadores. Como puede apreciarse, se trata de un número variable de carburadores dispuestos correlativamente y formando un solo bloque, que comparten el sistema de accionamiento del mando de gases, el conducto por el que llega la gasolina, y el mando de accionamiento del

sistema de arranque. En la figura que sirve de ejemplo, se marca con la letra E el eje de las mariposas de los cuatro carburadores, que es común entre ellos. Por la toma G llega la gasolina a la batería de carburadores que, en esta ocasión, tienen sus cubas comunicadas.



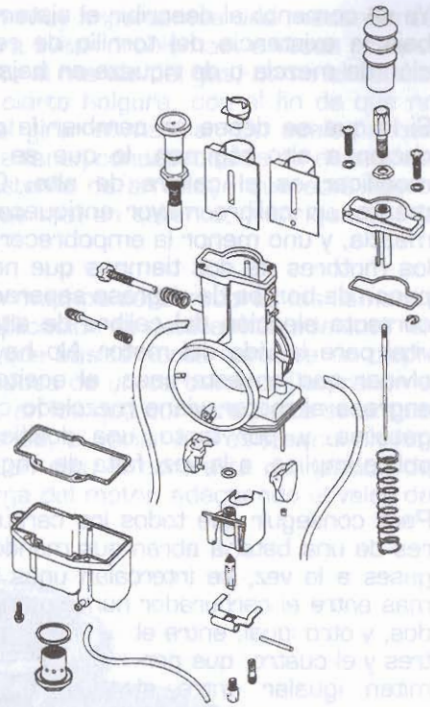
5.27. Batería de carburadores de una Yamaha FZ 750 c.c.

El accionamiento del sistema de arranque no aparece en la figura, pero es de fácil descripción. Cada carburador presenta su émbolo de accionamiento que está paralelo al del carburador contiguo, y así sucesivamente. Se dispone entonces un brazo común articulado con los cuatro émbolos, y que es movido por un simple sistema de cable y camisa desde el manillar, cuadro de mandos, carenado, etc. El caso se complica notablemente cuando se trata de disposiciones en V y boxer de los cilindros, ya que movimientos que en las baterías de carburadores paralelos son rectilíneos, en los dos primeros casos se convierten en articulados, y esto en ocasiones dificulta su manejo y regulación.

2.5. Elementos variables

Los parámetros regulables en los carburadores son varios y entre ellos se encuentra la campana y la aguja. La forma de la campana ha sido tradicionalmente cilíndrica, debido a la facilidad de su fabricación, tanto de ella como de su alojamiento. Cuando los avances de fabricación lo han permitido, se han incorporado nuevas formas más efectivas, aunque más caras y complicadas de realizar. Es fácil de entender que mecanizar un alojamiento para la campana con forma de prisma rectangular o cuadrangular (para campanas de sección rectangular o cuadrada), presenta múltiples complicaciones. Se han resuelto en parte utilizando para la fabricación del alojamiento por el que discurre la campana, materiales plásticos y aleaciones muy ligeras de aluminio que se funden con facilidad y precisión. Este método de fabricación ha permitido el uso de campanas mixtas en su forma como por ejemplo cilíndrica en el centro y plana en los extremos, como se aprecia en el despiece de la Fig. 5.28. En general, se puede afirmar que las campanas van siendo "aplanadas", en busca de una respuesta más rápida, sin llegar al extremo de una corredera de guillotina absolutamente plana, que, debido a la succión, se hace difícil que discurra con suavidad por su alojamiento. El porqué de una más rápida respuesta del motor cuando la campana es más estrecha, está también en las inercias

de las masas de aire y de gasolina emulsionada. Cuanto más corta es la campana en la zona de control del difusor, menos tiempo pasa, desde que se solicita una subida de régimen, hasta que el motor responde. Conviene mencionar aquí que, por la misma razón, existen los llamados carburadores "cortos", de muy pequeña distancia entre la entrada del Venturi y su salida, como se aprecia en la Fig. 5.29. Se usan casi exclusivamente en competición, y su razón de ser es precisamente la búsqueda de una respuesta instantánea, imprescindible en un motor destinado a la velocidad.



5.28. Despiece de un carburador Mikuni de campana plana.

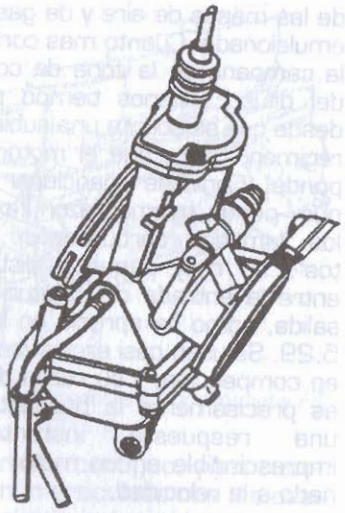
También elige el constructor la dimensión y el ángulo del chaflán existente en la base de la campana, parámetros que influyen en el mantenimiento correcto del régimen de ralentí, y, más aún, en la progresión y en la perfecta emulsión de la gasolina, dentro de la corriente de aire aspirado a bajos regímenes.

La otra parte del carburador elegida por el fabricante antes mencionado es la aguja. Según su longitud, su conicidad, sus secciones máxima y mínima, y la forma de la chimenea, la cantidad de gasolina incorporada a la aspiración será mayor o menor. Es normal que dicha aguja presente en su parte superior distintas muescas que permitan anclarla más o menos arriba respecto a la campana, y ésta es la primera regulación que permite el carburador. Cambiando la postura de la aguja, cambia la riqueza de la mezcla a medio régimen. Este cambio en la postura de la aguja es la primera modificación que se puede efectuar en las condiciones de partida del carburador.

El siguiente dispositivo que se localiza es el tornillo de régimen de ralentí, también denominado "de marcha lenta". Con este tornillo se fija la posición mínima de apertura del mando de gases, haciendo que, al no accionar el puño del gas, el motor no se pare y gire redondo. La correcta regulación del régimen de ralentí es importante.

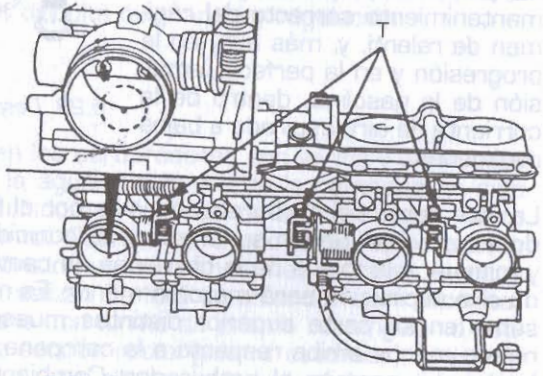
Ya se comentó al describir el sistema de baja la existencia del tornillo de regulación de mezcla o de riqueza en baja.

Si lo que se desea es cambiar la dosificación a alto régimen, lo que se debe modificar es el calibre de alta. Obviamente, un cálibre mayor enriquecerá la mezcla, y uno menor la empobrecerá. En los motores de dos tiempos que no disponen de bomba de engrase separada, la correcta elección del calibre de alta, es vital para la vida del motor. No hay que olvidar que en este caso, el aceite que engrasa al motor, viene mezclado con la gasolina, y, por tanto, una dosificación pobre implica, a la vez, falta de engrase.



5.29. Carburador de tipo "Corto" de una Suzuki RGV 250 c.c.

Para conseguir que todos los carburadores de una batería abran sus mandos de gases a la vez, se intercalan unos sistemas entre el carburador número uno y el dos, y otro igual, entre el tres y el cuatro, que permiten igualar entre sí estas dos parejas citadas. También se puede observar un tercero que une entre sí las dos parejas, permitiendo regular el que abran ambas a la vez. De los tres tornillos señalados por las flechas en la Fig. 5.30, el de la derecha regula los carburadores uno y dos. El de la izquierda regula a los carburadores tres y cuatro, y el del medio, permite igualar la pareja de la derecha con la de la izquierda.

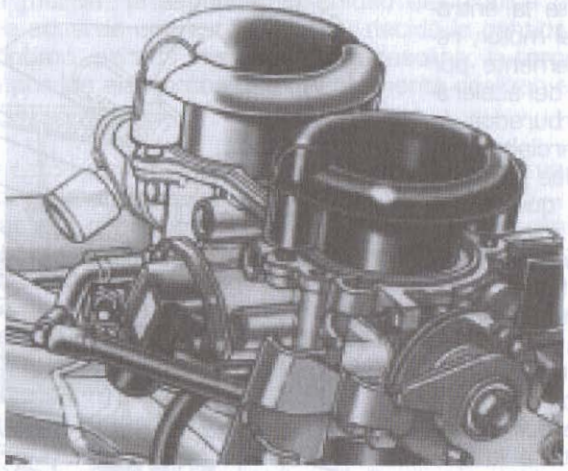


5.30. Tornillos de regulación en una batería de carburadores Keihin de una motocicleta Honda.

También hay posibilidad de regular la altura de cierre del flotador, que es la manera de establecer el nivel de gasolina que habrá en la cuba. Ya se hizo notar en su momento, que dicho nivel influye de manera decisiva en la cantidad de depresión necesaria para que la gasolina suba por la chimenea.

Aunque externos al carburador, son muy importantes dos mecanismos que han de estar bien regulados para evitar problemas, a veces graves. Se ha de tener cuidado, de que tanto el mando del gas, como el del sistema de arranque, presenten una cierta holgura, con el fin de que no sean accionados indeseadamente al girar el manillar. Un acelerón que coincide con el manillar girado, suele tener consecuencias no deseadas. Del mismo modo, un mando del sistema de arranque que está ligeramente accionado, hará que arranque mal en caliente, y enriquecerá la mezcla sin desearlo.

Actualmente se han incorporado en muchos carburadores los llamados sensores de posición. Aunque su explicación se detalle más adelante, en el capitulo de electricidad, señalar que básicamente consiste en disponer un reostato en el eje de la mariposa de un carburador (lateral en el caso de las baterías de los mismos, en los que por otra parte se emplean), el cual elabora una señal eléctrica, al variar su resistencia en función de la posición de la misma. Con ello, la centralita de gestión del encendido, conoce el estado de carga del motor, adecuando el valor del avance al encendido al mismo.



5.30 Bis. Carburadores con sensor de posición.

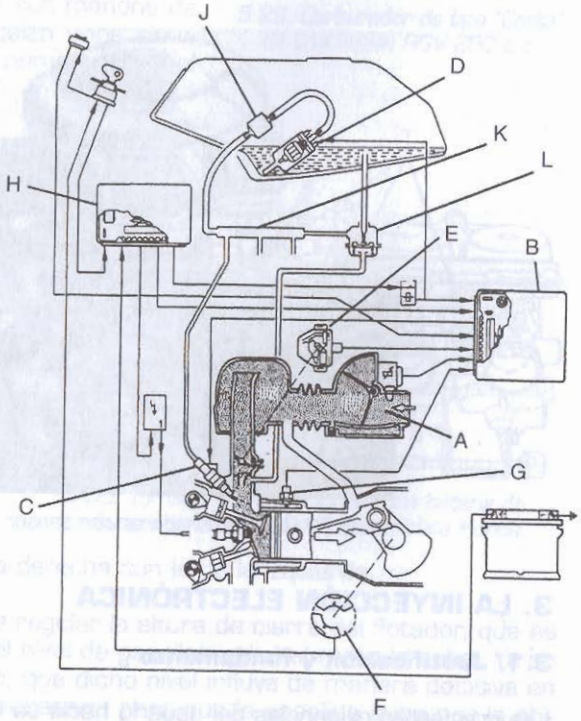
3. LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA

3.1. Justificación y fundamento

Las crecientes exigencias del usuario hacia su vehículo, en lo que se refiere a prestaciones y economía, han llevado a los fabricantes a agotar las posibilidades de los sistemas tradicionales de alimentación. En esencia, las

ventajas fundamentales del carburador, residen en su teórica mayor simplicidad, y en un menor coste de fabricación. Aparte de esto, su aplicación conlleva diversos inconvenientes, como son la disminución del llenado real del motor respecto del que se podría considerar como ideal, por el obligado uso del Venturi, y lo inadecuado de dosificación que proporciona en las variadas circunstancias de funcionamiento que se pueden presentar. A lo largo de los años, y con afán de mejorarlo, se le ha ido dotando de los perfeccionamientos descritos en el apartado anterior, que si bien lo han acercado al funcionamiento deseable, han ido despojándolo de estas mismas ventajas que se acaban de citar. Si a esto se añaden las leyes excesivamente severas, que gradualmente se están imponiendo en materia de contaminación —cuyas especificaciones mínimas no alcanza a cumplir el más perfeccionado de los carburadores— y el progresivo abaratamiento del coste de fabricación de los sistemas de inyección, se puede asegurar que el futuro es de los sistemas de inyección electrónica. En cuanto al carburador, su uso es previsible que quede reducido a los motores de pequeña cilindrada, tanto en sus variantes de dos tiempos como de cuatro.

Un sistema de inyección de gasolina permite libremente la entrada de aire al motor, regulada únicamente por la mariposa del acelerador. El carburador la restringe parcialmente, ya que emplea parte de la energía que dicho aire posee para emulsionar el carburante en el Venturi. Éste ha de conseguir acelerar la gasolina que estaba parada dentro del carburador, y lo consigue a base de perder velocidad respecto a la que podría tener, si no se viera obligado a pasar por el difusor. El resultado final es que el llenado es mayor en el primer sistema, con lo cual la potencia aumenta claramente. Además, en el segundo sistema se producen otro tipo



5.31. Sistema de inyección electrónica de una BMW 1000 c.c.

de efectos indeseados, como es la aparición de una película de combustible de espesor variable, que se condensa en las paredes de los conductos de admisión, y cuyas modificaciones influyen negativamente en la dosificación de la mezcla. En un motor dotado de inyección, esto se obvia por estar los inyectores colocados inmediatamente antes de las válvulas de admisión, al final de los colectores de admisión. Aparte de todo esto, la ventaja fundamental de un sistema electrónico de inyección, se basa en que se adecúa estrictamente a las órdenes que se le hayan grabado previamente en la memoria de la unidad computerizada central, auténtico cerebro de todo el conjunto. En resumen, un motor actual dotado de este refinamiento, consigue mayor potencia, acompañada de una significativa reducción en el consumo, motivada por el mejor aprovechamiento de la gasolina.

El fundamento de un sistema de inyección electrónica de gasolina —aunque bajo tal nombre se agrupan infinidad de soluciones, no siempre similares—, reside en aplicar la elevada velocidad de un sistema digital, a la preparación de una mezcla adecuada para el motor. Todo conjunto constará de tres partes fundamentales: la primera, un grupo de sensores para conocer los valores de todos los parámetros que influyen en la proporción de la mezcla; la segunda, la unidad electrónica de control o U.E.C., que de acuerdo con estos valores, decide la cantidad, e incluso el momento óptimo, para la inyección de la gasolina; la tercera y última está formada por los elementos que directamente realizan el aporte del carburante.

La ventaja de estos sistemas electrónicos —frente a los mecánicos que se utilizaron previamente a ellos en motores de automóvil— consiste en que, al realizar sus operaciones internas de modo muy rápido, pueden analizar las nuevas circunstancias de funcionamiento del motor en periodos de algunas milésimas de segundo, con lo cual la respuesta adecuada se produce de manera instantánea, dando una composición a la mezcla prácticamente ideal en todo momento y circunstancia.

3.2. Introducción al sistema

En la Fig. 5.31 se pueden apreciar los elementos constitutivos de uno de los conjuntos más extendidos, de la marca Bosch en su variante L-Jetronic. Aunque algo anticuado, su principio de mantenimiento se mantiene vigente, al ser el mismo en todos los sistemas de inyeciión electrónica. Se trata de un equipo de tipo medio que sirve para analizar la función de los elementos principales de que consta todo sistema actual. En una primera aproximación, se destaca el medidor del caudal de aire que entra al motor A, que manda la información principal de la cantidad de éste a la unidad de mando de la inyección B, la cual recibe diversos datos y elabora una respuesta adecuada para enviar en forma de señal

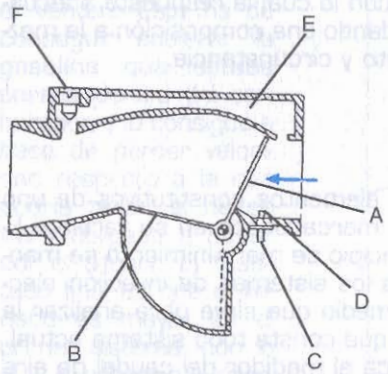
eléctrica al inyector C, al cual la bomba eléctrica D le suministra gasolina de forma regular. A continuación se analizan los elementos que lo componen agrupándolos en tres subconjuntos: el de recogida de datos, el de proceso de datos y el de suministro de combustible. El primero está constituido por diversos elementos, cuya función consiste en recoger la información sobre el estado de funcionamiento del motor; el segundo, la analiza y "decide" la cantidad de gasolina a inyectar, y el momento más adecuado para hacerlo; el tercero ejecuta efectivamente las órdenes recibidas del anterior.

3.3. Subconjunto para la recogida de datos

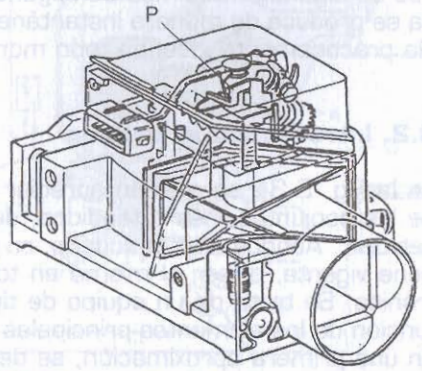
Es el apartado donde más diferencias existen entre equipos, incluso de la misma marca. A medida que se van perfeccionando, se incrementa el número de elementos destinados a tal fin, y, a la vez, se mejora cada uno de ellos. Básicamente, todos envían señales eléctricas a la unidad electrónica de control. Este subconjunto consta de cuatro partes: una que mide el volumen de aire que ingresa en cada momento al motor, que en este ejemplo es el "caudalímetro" A, y cuya información es de máxima importancia, pues determina la cantidad de aire que entra al motor; otra que señala el grado de apertura del acelerador, así como algún que otro valor y que se denomina "caja de la mariposa" o "caja de contactos" E, una tercera encargada de detectar el régimen del motor F y una cuarta que mide la temperatura del líquido refrigerante del motor G.

• *Medidor de aire*

Es el elemento de medida fundamental en todo equipo, ya que proporciona el dato de la cantidad de aire que admite el motor en cada momento. Por él se distingue la evolución sufrida a lo largo del tiempo. En los primeros sistemas D-Jetronic consistía en un captador de presión del aire de admisión en el colector, que se reveló como poco satisfactorio, ya que funcionaba deficientemente en las fases de aceleración y deceleración, también llamadas "regímenes transitorios". Más tarde apareció la que se ha tomado como ejemplo por su extensa difusión y excelentes resultados. Se trata de la L-Jetronic que, en cualquiera de sus versiones, utiliza un medidor del caudal o volumen de aire por medio de una compuerta que mueve un reostato o resistencia variable articulada en su eje. Ésta a su vez envía una señal eléctrica a la U.E.C. Está señalado en la figura con la letra A. Por último, se introdujo en el mercado la variante LH-Jetronic, cuya virtud fundamental reside en que mide el caudal másico o masa del aire de admisión, es decir, tiene en cuenta simultáneamente volumen y temperatura del mismo, que son las dos variables que lo determinan exactamente. Lo consigue con un sistema de "hilo caliente" que consiste en un filamento de platino incandescente a través del cual se hace pasar todo, o una pequeña parte de los gases; (según la versión) en función de ellos se enfría más o menos y varía su resistencia eléctrica, lo que modifica la caída de tensión de la corriente que lo atraviesa. Este dato informa a la U.E.C. de la masa de aire que entra en el motor. Este sistema es el más utilizado hoy en día.



5.32. Caudalímetro de un sistema de inyección Bosch.

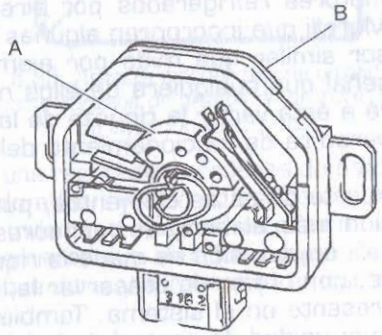


5.33. Caudalímetro de un sistema de inyección Bosch.

En las Figs. 5.32 y 5.33 se aprecia un esquema general y una radiografía respectivamente del medidor de aire de este equipo. Pueden observarse en la primera la mariposas-sonda A, que se mueve bajo el empuje de los gases de admisión, la mariposa de compensación B, el potenciómetro C en esquema, la sonda D para la medición de la temperatura del aire y el canal de by-pass para el ralentí E con su tornillo de reglaje F. En la segunda figura, se destaca el aspecto real del potenciómetro P, situado en la parte superior del conjunto.

• *Caja de contactos*

Montada en el eje de la mariposa y en el extremo opuesto al accionamiento por cable de ésta, se sitúa la caja de contactos. Su misión es detectar las posiciones extremas de la misma, correspondientes a las posiciones llamadas de ralentí y de plena carga. Para ello, suele disponer de al menos tres contactos, determinando el contacto del central con cada uno de los extremos, el paso de la corriente por una de las dos líneas, que servirá de señal a la



5.34. Caja de contactos de una motocicleta BMW.

unidad electrónica de control. En la Fig. 5-34 se puede observar la disposición constructiva de una caja de contactos del equipo que se estudia. Obsérvense las orejetas acanaladas A con que cuenta la caja exterior B con objeto de permitir un adecuado ajuste en el momento oportuno. Su uso permite la adopción de refinamientos como el corte de inyección en retenciones, que la U.E.C. detecta por medio de la caja y del registro del régimen del motor. En otros casos, el conjunto se sustituye por un reostato, el cual informa a la centralita de la posición exacta de la mariposa.

• ***Captador inductivo del cigüeñal o emisor hall***

Se trata de un dispositivo que se monta generalmente en una punta del cigüeñal o en uno de los contrapesos. Éste va dotado de una placa de forma especial, cuyo perfil es "apreciado" magnéticamente por un captador situado en el cárter que funciona bajo un principio conocido como "efecto Hall". Esto permite determinar el régimen de giro del motor y sus fases de aceleración y desaceleración, así como sincronizar el resto de funciones del motor en tiempo real. Suele valer además de señal para el funcionamiento del cuentarrevoluciones, del que no carece hoy día casi ninguna motocicleta. En muchos casos también se utiliza como sensor de posición del motor (también llamado sensor de punto muerto superior PMS), para así determinar en punto exacto en el que se debe inyectar.

• ***Sensor de temperatura del refrigerante***

Como último elemento de recogida de información del equipo, es de destacar el sensor de temperatura del líquido de refrigeración del motor. Consiste en una sencilla resistencia de valor variable, según dicho factor, que suele tener forma de bulbo, alojada en la pared del bloque motor. En ejemplos recientes de inyecciones adaptadas a motores refrigerados por aire —como es el caso de las Weber—Marelli que incorporan algunas Ducati puede sustituirse por otro sensor similar que mida por ejemplo, la temperatura de la culata. La señal que cualquiera de ellos manda a la unidad de control, permitirá a ésta variar la riqueza de la mezcla, para así adaptarse a la temperatura de funcionamiento del motor.

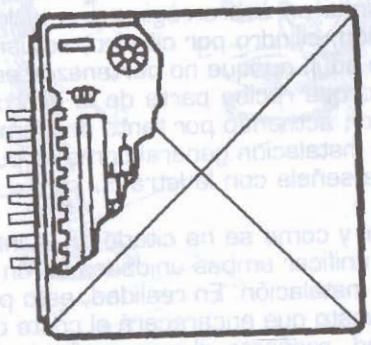
Aparte de estos elementos, pueden aparecer en conjuntos de inyección más elaborados, sensores como la denominada "sonda lambda", cuya misión es medir la riqueza en oxígeno de los gases de escape, con objeto de preservar la integridad del catalizador de oxidación presente en el sistema. También en algún modelo de reciente factura la unidad de control de la inyección toma datos de los captadores del A.B.S. para hacer funcionar un sistema anti-patinaje en aceleraciones, que funciona disminuyendo el par motor, atrasando el encendido (cuando la citada unidad se encarga también del control del encendido) o bien reduciendo la aportación de gasolina. Conforme se perfeccionen los sistemas, es probable que el número de elementos de este subconjunto se incremente de manera notable, como de hecho ya sucede en muchos automóviles.

3.4. Subconjunto de proceso de datos

Este subconjunto es el formado por los elementos que verdaderamente permiten la existencia de los excelentes conjuntos de los que se disfruta hoy en día. Basados en la moderna tecnología de miniaturización de circuitos integrados, que permiten reunir una extraordinaria cantidad de ellos en pequeños dispositivos llamados "chips", las unidades electrónicas de control de la inyección y el encendido pueden estar separadas o reunirse en una sola pieza en los equipos más modernos, tales como el Motronic de la casa Bosch. Su verdadera utilidad se basa en ser capaces de procesar información a velocidades muy elevadas.

• ***Unidad de mando de la inyección***

Es el cerebro de todo el equipo. Tiene un aspecto exterior muy sencillo, formando una caja que se distingue por ir unida al resto de los elementos por un ancho conector, y que irá generalmente sujeta en algún tipo de anclaje contra las vibraciones. En su interior, tal como se puede apreciar en la Fig. 5.35, se distribuye un abigarrado conjunto de pequeños dispositivos. En esencia se trata de una pieza que recoge la información de los sensores o parámetros de entrada, lee en su mapa de memoria qué tiempo y momento de inyección es el más adecuado, de acuerdo con las instrucciones que se han grabado en él, y genera una respuesta u órdenes de salida en forma de señal eléctrica, que, llegando a los inyectores, los mantendrá abiertos el tiempo estipulado. Por tanto, toda la complejidad del sistema se resuelve finalmente en establecer una corriente que abre los inyectores, y cuyos únicos parámetros son el tiempo que dura, y el momento en que se produce.



5.35. Aspecto exterior de una unidad computerizada de gestión de un sistema de inyección electrónica.

Es aquí donde se debe señalar que existen diversos tipos de inyección, en función de la organización en la respuesta que da la unidad de mando

a los inyectores. Una inyección "multipunto" (con al menos un inyector por cilindro) puede ser simultánea, en cuyo caso todos los inyectores funcionan a la vez, y en cada cilindro ésta llega en un momento distinto del ciclo. Esto, que en teoría puede parecer una aberración, no sólo no lo es, sino que además era frecuente hasta hace poco. Viene luego la "semi-secuencial", en la que se produce simultáneamente en dos cilindros si el motor es de cuatro, y en los otros dos a la siguiente vuelta del cigüeñal. La secuencial propiamente dicha, tiene un tiempo concreto para cada inyector, que actúa en el mismo momento de la fase de admisión para cada cilindro, con lo cual se consigue una absoluta igualdad de funcionamiento en todos ellos. Y existe finalmente la "secuencial programada", que se diferencia de la anterior, perfeccionándola, en que la inyección se desplaza respecto a la fase de admisión en función del régimen y de la carga, de tal manera que se produce no sólo por igual en cada cilindro, sino además en el momento óptimo en todos ellos.

• ***Unidad de mando del encendido***

Es de aspecto similar, aunque de constitución externa más sencilla que la anterior, y su misión es gobernar el momento en que ha de producirse el salto de la chispa en cada cilindro. Según el grado de perfección, puede incorporar un dispositivo que corta el encendido si el motor funciona en sobrerrégimen, e incluso puede detectar el picado o detonación, cilindro por cilindro, actuando en consecuencia. El hecho de citarla aquí, aunque no pertenezca estrictamente al sistema de inyección, es porque recibe parte de la información necesaria también para el anterior, actuando por tanto de elemento intermediario y formando parte de la instalación general como se puede apreciar en la Fig. 5.3 1, en la que se señala con la letra H.

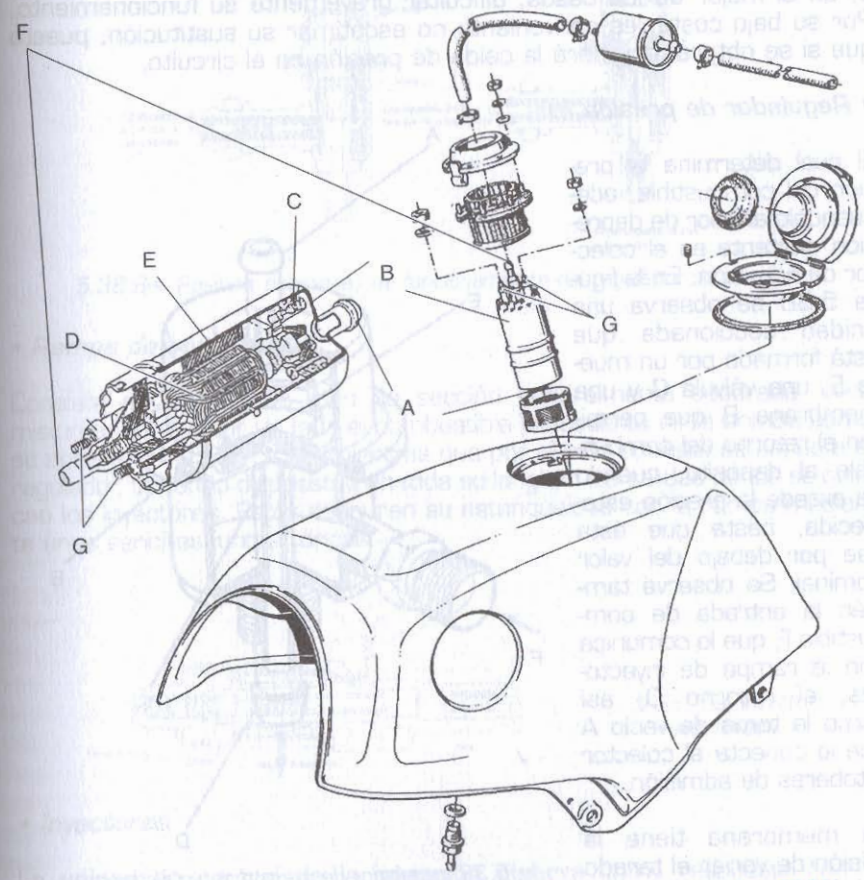
Tal y como se ha citado en la introducción de este apartado, se tiende a unificar ambas unidades en un solo bloque, puesto que esto simplifica la instalación. En realidad, esto perjudica únicamente en caso de avería, puesto que encarecerá el coste de reposición, en caso de fallo de la unidad, respecto al que se produciría de averiarse uno solo de ellos. Es más, se puede asegurar que todas las motocicletas incluirán en un futuro un auténtico procesador central que, junto con lo anterior, gobernará también A.B.S., suspensiones, etc.

3.5. Subconjunto de suministro de combustible

Se compone de los elementos destinados a la entrega efectiva de gasolina al motor, y, por ser donde se reúnen la mayoría de los de naturaleza mecánica. Se puede decir que es también la fuente más común de averías por idéntica razón. Refiriéndose a la Fig. 5.31, se observa que en el interior del depósito de la motocicleta se sitúan la bomba eléctrica de gasolina D, el filtro renovable J, y, a través de la rampa de distribución K, llega a los inyectores C, a la presión adecuada que gobierna el regulador L.

• ***Bomba de gasolina***

Se trata de un bloque que suele ir situado dentro del depósito, fluyendo el carburante a través de ella, particularidad para la cual está diseñada. Debe ser capaz de alimentar todos los conductos del mismo a una presión muy superior a la de máximo consumo de la instalación. En la Fig. 5.36 se ve cómo por A entra la gasolina. En B está la bomba propiamente dicha, cuya disposición interna se aprecia en la Fig. 5.37. También la válvula de sobrepresión C actúa en caso necesario, retornando el líquido en sentido contrario al de la circulación normal. El motor



5.36. Situación y detalle de una bomba de gasolina en una motocicleta BMW.

eléctrico tiene un rotor D y un estator E. Finalmente, F es la salida hacia el filtro. Por G le llega la corriente de manera continua, siempre que esté conectado el encendido y por tanto el relé de mando.

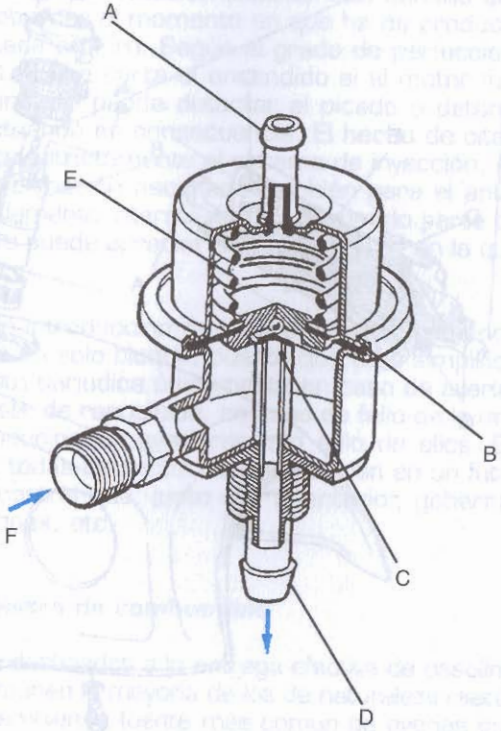
5.37. Funcionamiento de una bomba eléctrica de gasolina de un sistema de inyección.

• ***Filtro de gasolina***

Este sencillo componente es de tipo renovable, e interiormente está constituído por una lámina continua de papel plegado en forma de fuelle, al igual que en filtros de otro tipo. Su misión es evitar que las impurezas contenidas en el combustible puedan alcanzar los inyectores, lo cual podría arruinarlos, o, en el mejor de los casos, dificultar gravemente su funcionamiento. Por su bajo coste, es conveniente no escatimar su sustitución, puesto que si se obtura, originará la caída de presión en el circuito.

• ***Regulador de presión***

El cual determina la presión del combustible, adecuándolo al valor de depresión existente en el colector de admisión. En la figura 5.38 se observa una unidad seccionada que está formada por un muelle E, una válvula C y una membrana B que permiten el retorno del combustible al depósito, cuando se excede la presión establecida, hasta que ésta cae por debajo del valor nominal. Se observa también la entrada de combustible F, que lo comunica con la rampa de inyectores, el retorno D, así como la toma de vacío A que lo conecta al colector o toberas de admisión.

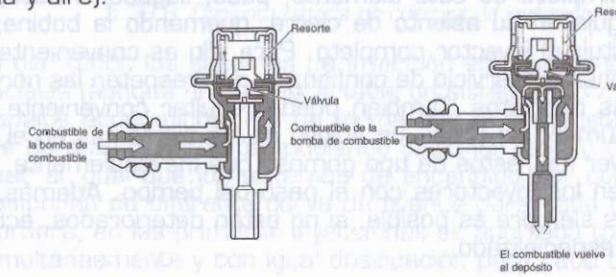


5.38. regulador de presión de un sistema Bosch de inyección.

La membrana tiene la misión de variar el tarado del muelle, y por tanto la

presión máxima del combustible, en función de la depresión existente en el colector de admisión, adecuándola a la misma, para que así, la diferencia de presión entre el combustible, y la corriente de aire en que se inyecta, sea siempre constante. Para ello, la citada membrana está comunicada con el colector de admisión tal y como se ha citado. Cuando la presión supera el valor establecido (entre 2 y 3 bares), la membrana se desplaza hacia A, abriéndose la válvula C, retornando por tanto el combustible hacia el depósito, hasta que la presión disminuye por debajo de su valor nominal. Es un ciclo que se repite constantemente.

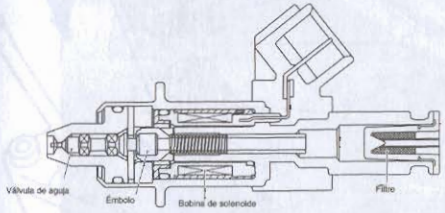
Así, aunque la presión del combustible en la rampa varía, se puede considerar como constante a efectos de dosificación de mezcla, ya que lo que no varía es la necesaria diferencia de presión entre los dos fluidos (gasolina y aire).



5.38 Bis. Posibles posiciones de funcionamiento del regulador de presión.

• ***Rampa de inyectores***

Consiste en un sencillo tubo de sección generalmente cuadrada, cuya misión es recibir por un lado el combustible procedente de la bomba como se aprecia en la Fig. 5.31, mientras que por el lado opuesto se conecta al regulador, teniendo dispuestas en toda su longitud las salidas donde se colocan los inyectores. Estos aseguran su estanqueidad con la rampa mediante unas sencillas juntas tóricas.



5.38 Tris. Inyector seccionado.

• ***Inyectores***

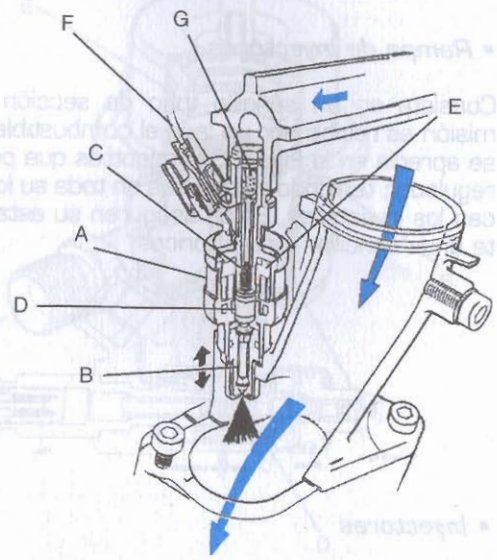
La unidad de control de la inyección elabora como respuesta final u orden de salida una señal eléctrica que mantiene abierto el inyector mien-

tras ésta dura. Por tanto, la cantidad de combustible que el cilindro recibe, es estrictamente proporcional a la duración del citado impulso. Un inyector no es más que una válvula eléctrica de reducida inercia, que permite abrir y cerrar con precisión el paso de la gasolina muchas veces por segundo. En la Fig. 5.39 se aprecia el cuerpo del inyector A y en su interior la aguja pulverizadora B, por medio de la cual se cierra el paso a la salida de combustible por la tobera de salida. La gasolina entra a través del filtro G a llenar el interior del cuerpo, dentro del cual también está el muelle de cierre C, que asegura a la aguja contra su asiento. Cuando la U.E.C. lo decide, una corriente eléctrica entra por la conexión F y recorre la bobina fija E, que a su vez atrae al núcleo magnético D de la aguja, permitiendo el paso de gasolina entre ésta y el cuerpo del inyector, alimentándose al cilindro en el momento adecuado. Es importante cuidar de la limpieza de este elemento, pues, llegado el caso, puede pegarse la aguja en su asiento de cierre, quemando la bobina, y obligando a sustituir el inyector completo. Para ello es conveniente repostar en estaciones de servicio de confianza y que respeten las normas de llenado de sus depósitos. También puede resultar conveniente utilizar, cada cierto número de Kms., un aditivo de los existentes en el mercado para disolver los restos de tipo gomoso que inevitablemente, se irán depositando en los inyectores con el paso del tiempo. Además, la limpieza de éstos siempre es posible, si no están deteriorados, acudiendo a un servicio especializado.

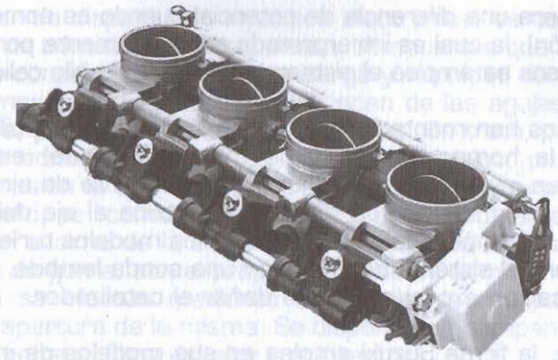
3.6. Sistemas de inyección actuales

En la actualidad, el empleo de la alimentación por inyección ha experimentado un gran auge en los modelos de gran cilindrada, pudiendo afirmarse, que a corto plazo, los carburadores sólo se emplearán en modelos de los segmentos medios e inferiores.

De los primitivos sistemas de inyección electrónica, se conserva su sistema general de funcionamiento, basado, como es sabido, en el control de los tiempos de apertura de los inyectores, para así determinar la dosificación de la mezcla introducida en los cilindros.



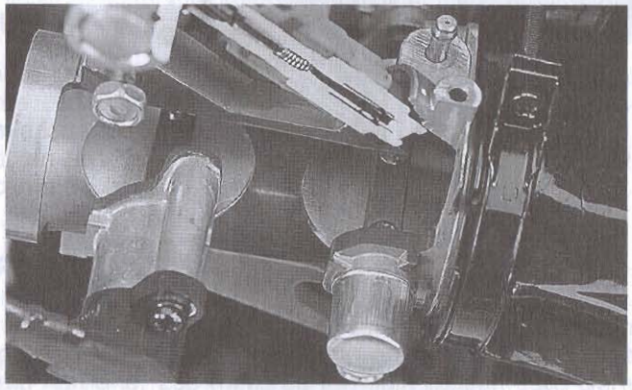
5.39. Inyector de un sistema de una Yamaha GTS 1000 c.c.



5.39 B. Conjunto batería de cuerpos de inyección.

Hoy en día, todos los sistemas de inyección empleados son multipunto secuenciales (aunque no es descartable un sistema monopunto en futuros modelos económicos), de tal forma que el combustible se inyecta siempre durante la admisión, pudiendo disponer incluso de dosificación individual, al igual que los sistemas de encendido por conjunto bobina-bujía, disponen de diferente curva de avance para cada cilindro. Como se recordará, en las primeras inyecciones se aportaba todo el combustible simultáneamente y con igual dosificación para cada cilindro.

Renuncian también al sistema de medición de la carga por caudalímetro, elaborándose dicho parámetro con la información recibida del reostato de posición del acelerador, así como la del medidor de temperatura del aire y del refrigerante. En muchos casos, también se dispone de un medidor de presión absoluta, el cual mide la depresión existente en el colector de admisión, mediante un captador piezoeléctrico. Este captador, elaborado a base

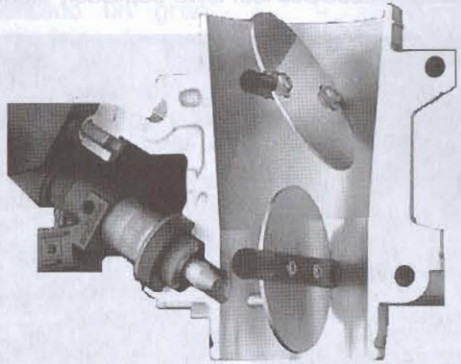


5. 39 C. Esquema de un sistema de inyección moderno perteneciente a la Suzuki GSXR 1000.

de cuarzo, genera una diferencia de potencial cuando es sometido a presión (o depresión), la cual es intrerpretada adecuadamente por la centralita. En otros casos se emplea el sistema, ya citado, de hilo caliente.

Algunos modelos han montado incluso dos inyectores por cilindro, para así favorecer la homogeneidad de la mezcla formada, empleándose incluso unos que inyectan en el centro de la corriente de aire, en paralelo con el eje de la misma, de forma concéntrica al eje del conducto. Por otra parte, el empleo del catalizador en los modelos turísticos, hace que se incorpore al sistema de inyección una sonda lambda, para evitar que una dosificación excesiva pudiera dañar el catalizador.

Por otra parte, la firma Suzuki emplea en sus modelos de inyección un sistema de doble mariposa, que optimiza el rendimiento del motor a bajo y medio régimen. Dicho sistema es denominado SDTV, cuyas siglas significan Suzuki Dual Throttle Valve. La mariposa convencional, accionada directamente por el acelerador, está situada entra la culata y la segunda mariposa, la cual es accionada por un servomotor eléctrico, gobernado por la centralita de gestión del sistema de inyección. Dicha mariposa secundaria, controla la sección del conducto de admisión, cerrándolo a bajo régimen, para así aumentar la velocidad del aire por el mismo. También amortigua las variaciones súbitas de sección que se producen al abrir el acelerador, las cuales son proporcionalmente más grandes en los primeros grados de giro del mismo. Con ello se evitan tirones, y en general se consigue un funcionamiento mucho más suave del motor a bajo y medio régimen, así como durante las aceleraciones, ya que adapta la sección del conducto, y por tanto la velocidad del aire, a la apertura de la mariposa del acelerador. Recientemente, este sistema ha comenzado también a ser utilizado por Kawasaki y Triumph.



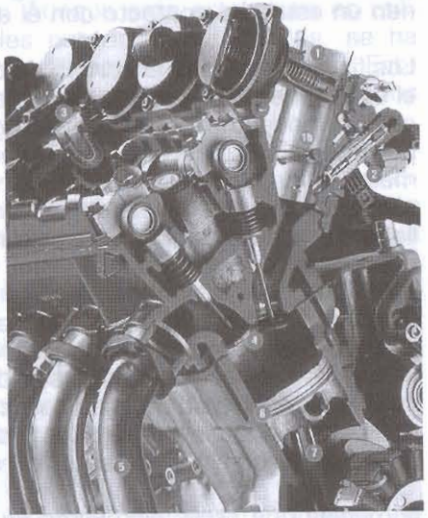
5.39 D. Sistema SDTV de doble mariposa.

En Yamaha, se ha optado por una solución que aprovecha las ventajas de los carburadores de venturi variable, conocidos como de depresión.

Así, a pesar de disponer de inyección electrónica, se conservan en los conductos de admisión las campanas o compuertas que adaptan la sección de los conductos, al grado de carga y velocidad de giro del motor. Dichas campanas, obviamente, prescinden de las agujas de control de combustible, presentes en los carburadores. Se trata, por tanto, de un sistema de admisión variable de control neumático, puesto que es la propia depresión la que determina el grado de apertura de las campanas. Para ello, se comunican, mediante un orificio, la cámara de vacío ubicada por encima de la compuerta, y separada de la misma por una membrana de goma, con el propio conducto de admisión. El cierre de la compuerta se efectúa mediante un muelle de recuperación que se opone a la apertura de la misma. Se dispone una campana por conducto y se ubica entre el filtro del aire y el inyector.

Así, a bajo y medio régimen, se adecúa la sección de paso de los conductos, favoreciendo la velocidad del aire por los mismos, que de otra forma sería excesivamente baja, dado el gran diámetro que poseen, necesario para permitir un caudal suficiente a alto régimen.

En Honda se dispone una compuerta, accionada eléctricamente, en la caja del filtro de aire, de tal forma que se varía el recorrido del aire, alargándolo a bajo régimen y acortándolo a alto régimen. Su apertura se determina por el sensor de régimen.



5.39 E. Motor Yamaha con sistema neumático de admisión variable.

Asimismo, la centralita de gestión del sistema, controla también el funcionamiento del circuito de encendido, en beneficio de ambos y por tanto del motor, conociéndose como sistema de gestión integral del motor.

4.- FILTROS Y CAJAS

Aunque a simple vista pueda parecer que el aire que normalmente respira una persona está limpio, contiene en realidad partículas invisibles para la vista humana. Los motores también utilizan este elemento para su funcionamiento, pero las cantidades de este fluido que necesitan, hacen necesaria la utilización de un filtro para impedir la entrada de

estas partículas en su interior. Por ejemplo, una moto de cilindrada media (500 c.c. de 4 tiempos), circulando en carretera a 100 km/h consume más de 1.000 litros de aire en un minuto. Estos son unos valores aproximados, pero dan una idea de la cantidad que pasa por los cilindros de un motor durante su funcionamiento. Si bien normalmente el contenido de partículas de polvo es bastante bajo, como el volumen de aire aspirado es muy alto, la cantidad total de materiales perjudiciales que tiene que detener el filtro es alta.

La entrada de estas partículas en el motor produce desgastes en el mismo. Estas impurezas se adhieren a las superficies que cuentan con una película de lubricante, de tal manera que producen un efecto de esmeril muy perjudicial para la pieza. Por ello, los elementos más afectados son cilindros, pistones, segmentos y rodamientos, ya que mantienen un estrecho contacto con el aceite.

Los filtros de aire se encargan de detener estas partículas antes de que el aire entre en el sistema de alimentación del motor. El material de que está compuesto el filtro tiene un gran número de finos conductos que permiten el paso del aire, pero impiden la entrada de partículas cuyo diámetro es superior al de estos estrechos conductos. La eficacia de este elemento depende de las dimensiones de estas finísimas canalizaciones, llegando a detener, los filtros de mayor calidad, hasta un 99% de las impurezas que contiene.

Otra importante cualidad de estos elementos es la de no ofrecer una elevada resistencia al paso del aire. Un filtro fabricado en un material muy denso, ofrecerá unos pasos de aire muy estrechos, lo cual favorecerá la detención de muchas partículas, pero también ofrecerá una gran resistencia al paso del aire, perjudicando de manera notable el llenado de los cilindros y, por lo tanto, el rendimiento del motor.

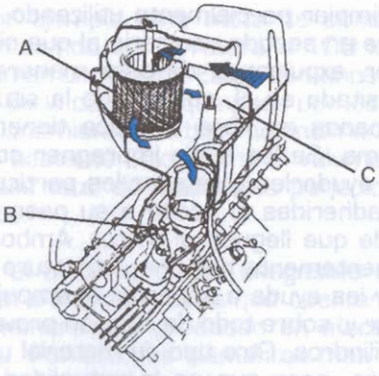
A medida que estos elementos se van ensuciando, ofrecen una mayor resistencia al paso del aire y empeoran así la "respiración" del motor, lo cual trae consigo una disminución del rendimiento del mismo. La rapidez con la que se obstruye el filtro depende del entorno en el que se utiliza la motocicleta: un camino polvoriento disminuye la vida útil de este elemento, mientras que una superficie asfaltada permite un mayor intervalo de utilización del mismo.

El material utilizado para su fabricación suele ser normalmente de dos tipos: de papel fibroso o de fibra sintética. Los filtros de papel fibroso tienen la ventaja de ser más baratos de fabricar, mientras que los de fibra sintética, aunque son más caros, se pueden lavar, aumentando así su vida útil. Los de papel, normalmente son fabricados con forma de acordeón, con el fin de ofrecer una mayor superficie de paso de aire y, por lo tanto, una menor resistencia a la entrada del mismo. Se pueden limpiar parcialmente utilizando aire comprimido, haciendo circular el aire en sentido contrario al que circula durante el funcionamiento del motor, expulsando de esta manera parte de la suciedad que se ha depositado en él, sobre todo la situada en la zona exterior. Los filtros fabricados en fibra sintética tienen un aspecto parecido a la goma espuma. Se les suele impregnar con una pequeña cantidad de aceite para ayudarles a retener las partículas de polvo, ya que éstas se quedan adheridas al aceite a su paso por el filtro y, de esta manera, se impide que lleguen al motor. Ambos tipos de material van reforzados frecuentemente por una estructura plástica o metálica que les da rigidez y les ayuda a soportar el empuje que ejerce el aire al entrar en el motor y, sobre todo, la succión provocada por la depresión causada por los cilindros. Otro tipo de material utilizado en otros tiempos para esta función, pero que en la actualidad ha caído en desuso, debido a su menor eficacia, es la malla metálica. Aunque esta estructura es utilizada como soporte de los materiales anteriormente citados, se ha empleado alguna vez como elemento filtrante individualmente. Este material es de fácil limpieza, pero su eficacia es muy inferior a la de los anteriores.

Actualmente, la forma que adoptan los filtros del aire depende principalmente de la forma de la caja que los contiene. Así, es frecuente ver filtros cilíndricos, planos, ovalados. persiguiendo formas regulares que ofrezcan la mayor superficie posible para el paso del aire, dentro del espacio disponible. La caja que contiene este elemento tiene que amoldarse a su vez al espacio disponible para ella, ya que estos elementos se pueden colocar en diferentes sitios, dependiendo del diseño de la motocicleta. Los factores que más influyen en la colocación y el diseño de este elemento son: el volumen, la toma de aire fresco y la posición de los carburadores, ya que es importante que la distancia entre el filtro y el motor sea reducida.

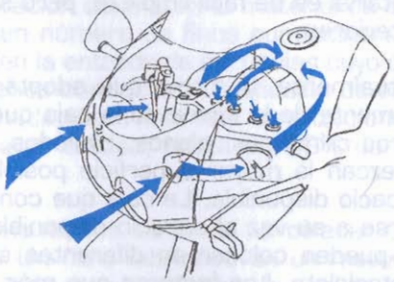
Es conveniente dotar a la caja del filtro del aire del mayor volumen posible, por dos razones principalmente: la primera es crear una cámara de tranquilización para disminuir la turbulencia del aire, y la segunda es permitir el montaje de un filtro que ofrezca la mayor superficie de paso del aire posible. Cuando la motocicleta está en movimiento, el aire entra en la caja de una manera turbulenta, debido a la diferencia de velocidades que existe entre el aire y la motocicleta. Esta turbulencia provoca la formación de una mezcla heterogénea en el sistema de alimentación, lo cual hace que el rendimiento del motor sea menor. Las dimensiones del filtro del aire están supeditadas a las de la caja en la que está montado. Por lo tanto, cuanto mayor sea el volumen de la caja, mayor podrá ser el correspondiente filtro y, por lo tanto, el aire encontrará una superficie de paso más grande, lo cual favorecerá la respiración del motor. Además, se alargará la vida útil del filtro.

En la Fig. 5.40 se puede ver un sistema de caja y filtro de aire. Las flechas negras representan el aire del exterior que entra en la caja del filtro. Una vez que ha pasado por el filtro, las impurezas que contiene se quedan en este elemento, y el aire limpio, representado por las flechas blancas, pasa hacia los carburadores. Entre el filtro A y los carburadores B, el aire pasa por la cámara de tranquilización C, la cual se encarga de disminuir la turbulencia del mismo, para que la masa de aire que entra en los carburadores no esté compuesta por muchas corrientes de aire con diferentes velocidades, que producen un llenado heterogéneo y parcial.



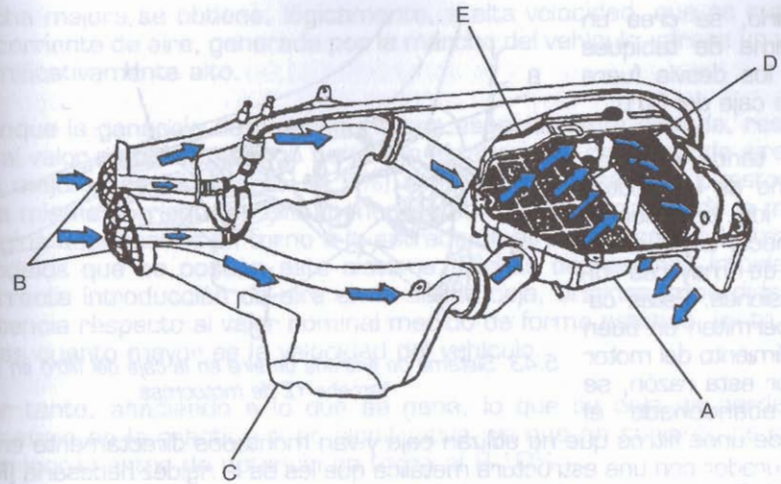
5.40. Sistema de caja y filtro de aire de una Yamaha FZR 1.000 c.c.

Otro factor a tener en cuenta es la zona en la cual se toma el aire que alimenta el motor, ya que éste se calienta al atravesar los elementos del motor destinados a la refrigeración del mismo. El calor provoca una disminución de la densidad, es decir, que la masa de aire contenida por unidad de volumen es menor. Por lo tanto, cuando el aire que toma la caja del filtro ha sido utilizado anteriormente por el sistema de refrigeración del motor, éste se encuentra caliente. Por ello, la masa del mismo es menor, y el rendimiento del motor también disminuye.

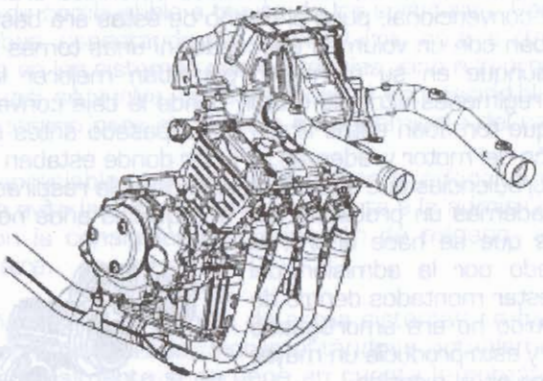


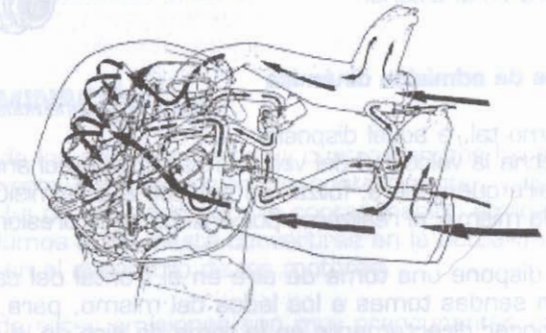
5.41. Sistema FAIS de entrada de aire de una Yamaha 600 c.c.

Dependiendo del uso a que está destinada la motocicleta, el diseño de la caja del filtro adopta diferentes formas, encaminadas a evitar la entrada en este elemento de agua, barro, polvo y otras sustancias perjudiciales para el motor. En las motos de todoterreno se utilizan cajas de filtro, en las que la entrada de aire se realiza en uno de los puntos más altos y recogidos, para evitar la entrada de agua cuando se atraviesa un río, o la entrada de barro y polvo cuando se circula por el campo. Un ejemplo de este tipo de diseño se puede observar en la Fig. 5.43, en la que el aire se toma a través de unas aberturas laterales que tiene la caja, que están protegidas por las placas laterales. Existe además un hueco entre el asiento y el guardabarros a través del cual también entra el aire; pero a la vez también puede introducirse agua y barro, y, para



5.42. Sistema de entrada de aire Ram Air en una kawasaki ZZR 1100.

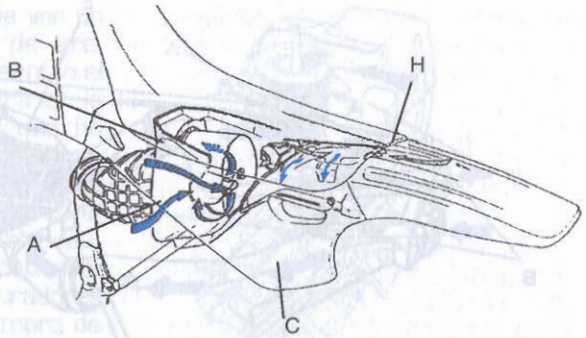




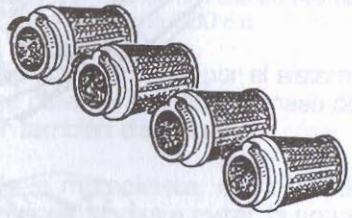
5.42 Bis. Sistemas de admisión dinámica.

evitarlo, se crea un sistema de tabiques que los desvía fuera de la caja del filtro.

Las tendencias de diseño de las motos han ido evolucionando hacia cajas de filtro de mayores dimensiones. Estas cajas permiten un buen rendimiento del motor y, por esta razón, se ha abandonado el uso de unos filtros que no utilizan caja y van montados directamente en el carburador con una estructura metálica que les da la rigidez necesaria (Fig. 5.44). En este tipo de filtros, el aire entra por las superficies laterales del mismo, y suele estar cerrado por la cara opuesta a la que se conecta al carburador. Con estos filtros, los resultados obtenidos eran superiores a los de su caja convencional, pues el diseño de éstas era bastante malo, ya que no contaban con un volumen adecuado, ni unas tomas de aire fresco apropiadas, aunque en su momento permitían mejorar la respiración, sobre todo a regímenes altos de motor, donde la caja convencional la limitaba. El aire que tomaban estos filtros había pasado antes por el sistema de refrigeración del motor y, además, el lugar donde estaban colocados era una zona de turbulencias que tampoco beneficiaba la respiración del motor. Presentaban además un problema que en aquellos años no se perseguía con el interés que se hace ahora: el ruido provocado por la admisión del motor. Al no estar montados dentro de una caja, el ruido no era amortiguado por la misma, y esto producía un mayor volumen sonoro en el exterior.



5.43. Sistema de entrada de aire en la caja del filtro en una Yamaha YZ de motocross.


5.44. Filtros individuales de aire.

4.1. Sistemas de admisión dinámica

Se conoce como tal, a aquel dispositivo que aprovecha la velocidad del vehículo para, aprovechando a su vez la corriente de aire que genera, forzar su entrada a la admisión, mejorando la eficacia de la misma, al realizarse por encima de la presión atmosférica.

Para ello, se dispone una toma de aire en el frontal del carenado, bajo el faro, o bien sendas tomas a los lados del mismo, para, en cualquier caso, desembocar directamente en la toma de aire de la caja de admisión (o caja del filtro de aire).

Dicha mejora se obtiene, lógicamente, a alta velocidad, que es cuando la corriente de aire, generada por la marcha del vehículo, ofrece un valor significativamente alto.

Aunque la ganancia de potencia no sea especialmente elevada, respecto al valor medido en banco de forma estática, sin corriente de aire (en los mejores casos alcanza un 5%), sí lo es en la práctica, puesto que esa misma corriente de aire, generada por la alta velocidad de la moto, origina depresiones en torno a la entrada de aire de la caja del filtro, en modelos que no poseen este sistema. Dichas depresiones impiden la correcta introducción de aire en la citada caja, originando pérdidas de potencia respecto al valor nominal medido de forma estática, tanto más altas cuanto mayor es la velocidad del vehículo.

Por tanto, añadiendo a lo que se gana, lo que se deja de perder, la ganancia en la práctica sí es significativa, ya que en conjunto se obtienen incrementos de potencia en torno al 8-10%.

Estos sistemas, no obstante, precisan de modificaciones en la carburación, ya que el incremento de presión en el conducto del carburador, dificulta la salida de combustible a través de los surtidores. Para ello se presurizan las cubas, conectando sus respiraderos, no a la atmósfera directamente como en los sistemas convencionales, sino a la propia caja del filtro, para que así se vuelva a restablecer el imprescindible equilibrio de presiones, necesario para el correcto funcionamiento del carburador.

Otra mejora apreciable que se consigue con la adopción de este sistema, es que se evita la entrada de aire caliente a la admisión, procedente del motor, con la consiguiente disminución de oxígeno, al disminuir la densidad del aire.

Por último añadir, que el empleo de estos sistemas se ha generalizado en motos de gran cilindrada, incrementándose notablemente la velocidad punta, especialmente si se tiene en cuenta la potencia nominal de la que se parte.

5.- CONTAMINACIÓN

La evolución de los motores de dos y cuatro tiempos ha estado marcada principalmente por la emisión de contaminantes y el consumo de combustible. La preocupación por la contaminación atmosférica ha crecido en los últimos años, hasta convertirse en la actualidad en un asunto prioritario en el desarrollo de los motores.

Los efectos de estas emisiones son muy preocupantes en las grandes aglomeraciones donde se concentran muchos vehículos. El crecimiento

que ha experimentado el parque de vehículos de los países desarrollados en los últimos años ha provocado en las ciudades una acumulación de emisiones, agravada por la disminución de las lluvias. Del total de las emisiones contaminantes atmosféricas de un país, se puede responsabilizar a los automóviles en un 10-15%, mientras que en las ciudades este porcentaje sube hasta el 50% .

Las emisiones de contaminantes en una motocicleta se producen a través del depósito, los carburadores, el cárter y el escape.

El combustible evaporado en el depósito y los carburadores supone aproximadamente el 20% de las emisiones de hidrocarburos sin quemar. El movimiento de la gasolina dentro del mismo produce gases que, ayudados por la volatilidad de este combustible, salen al exterior sin quemar durante la operación de repostaje, constituyendo una fuente de emisión de hidrocarburos sin quemar. Lo mismo ocurre en los carburadores, pero en ellos la comunicación con el exterior es constante mediante los respiraderos.

Los gases que se generan en el interior del cárter del motor están sometidos a una presión ligeramente superior a la atmosférica. Debido a esto, tienen una tendencia natural a escapar de él. Para disminuir esta presión y evitar al máximo la emisión de contaminantes, se monta una válvula para la salida de estos gases al exterior. Esta válvula va a parar a un laberinto en el que se condensan parte de los gases que van a salir, y vuelven de nuevo al cárter. La fracción que aún permanece en estado gaseoso sale a través de un conducto que comunica el laberinto con el filtro del aire o con las tomas de aire de los carburadores. Una vez mezclados con el aire que va a entrar en el motor, se queman en el proceso de la combustión, eliminándose de esta manera casi totalmente la emisión al exterior de los mismos.

Los gases que salen del motor por el tubo de escape, constituyen la mayor fuente de emisiones contaminantes de una motocicleta, y para reducirlos, se dedican gran parte de los esfuerzos que se realizan en investigación. Las otras dos fuentes de emisión de contaminantes son menos importantes, ya que la cantidad emitida a través de ellas es mucho menor. Estos gases contienen emisiones contaminantes compuestas principalmente por hidrocarburos sin quemar, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, etc... Dichas emisiones suponen alrededor de un 1 % de los gases que salen por el tubo de escape.

Un último modelo de contaminación es la sonora, que también llega a ser preocupante en las ciudades, y que cada vez se regula con mayor severidad.

5.1. Contaminantes

- ***Hidrocarburos***

El contenido de las emisiones contaminantes en estos compuestos proviene del combustible que ha pasado por la cámara de combustión sin quemarse y del evaporado previamente. En los motores de dos tiempos, el porcentaje de estos compuestos en las emisiones es más alto que en los de cuatro tiempos. Ello es debido al barrido que en el dos tiempos se realiza con los gases frescos de admisión. Parte de ellos salen por el escape sin haber sufrido el proceso de combustión y esto se ve agravado por la combustión parcial del aceite mezclado con la gasolina. En los motores de cuatro tiempos también se producen emisiones de hidrocarburos sin quemar, pero en una proporción más pequeña, ya que el tiempo que permanecen abiertos simultáneamente los conductos de admisión y escape es mucho menor. Este tipo de emisiones disminuyen cuando la mezcla se empobrece, es decir, cuando la dosificación de la mezcla aire/gasolina es menor.

- ***Monóxido de carbono***

Este compuesto también es conocido por las letras "CO", que corresponden a la fórmula utilizada en química orgánica para designar este compuesto. La cantidad de esta substancia que produce el motor está relacionada con la proporción de aire contenida en la mezcla aire/gasolina. Cuanto mayor sea esta cantidad, menor es la emisión de este contaminante. Pero la dosificación no se puede establecer únicamente buscando una menor emisión de contaminantes, sino que tiene que ser fruto de un compromiso entre el rendimiento del motor y la emisión del resto de substancias contaminantes, las cuales se ven afectadas de diferente manera por la dosificación.

Las situaciones en las que los gases de escape de un motor contienen una mayor proporción de monóxido de carbono, se producen cuando el motor está frío o cuando deja de actuar como propulsor para convertirse en freno, es decir, en las retenciones. Si se quiere arrancar el motor cuando está frío, hace falta enriquecer la mezcla para que llegue a la cámara de combustión la suficiente cantidad de gasolina pulverizada como para que la mezcla se inflame. Por lo tanto, durante la utilización del circuito de arranque, el enriquecimiento de la mezcla implica una escasez de oxígeno que favorece la formación de "CO". Cuando el motor está funcionando a un régimen determinado y se cierra el acelerador, la gasolina acumulada en las paredes de la admisión se evapora, produciéndose una mezcla muy rica en gasolina y pobre en oxígeno, lo cual favorece las emisiones de este monóxido.

La acumulación de estos gases en un recinto cerrado, como por ejemplo un garaje pequeño, puede provocar sueño, falta de coordinación, parálisis e incluso la muerte, dependiendo de la concentración de los mismos. Por esta razón, se debe tener cuidado, facilitando la ventilación necesaria del local en el que se trabaja en la moto, sobre todo si ésta permanece mucho tiempo arrancada.

- ***Óxidos de Nitrógeno***

Estos óxidos, también están presentes en los gases de escape de los motores. Dentro de ellos, el que se presenta en mayor cantidad es el monóxido de nitrógeno, cuya fórmula química es "NO", aunque también aparecen otros óxidos, por lo que es bastante habitual designarlos como "NOx", de modo que no se particulariza con ninguno. La formación de estas emisiones está favorecida por las altas temperaturas durante la combustión, momento en el cual el oxígeno y el nitrógeno se combinan para formar óxido nítrico. Instantes después a la combustión, en la carrera de expansión, este óxido se descompone otra vez en oxígeno y nitrógeno; pero esta reacción es más lenta que la de formación del óxido y, cuando la carrera de expansión ha finalizado, la mayor parte del óxido nítrico no se ha descompuesto. De esta manera sale a la atmósfera, donde vuelve a reaccionar con el oxígeno, formando dióxido de nitrógeno. Algunos de estos óxidos son tóxicos, pero no suponen un peligro para las personas, pues se encuentran en concentraciones bajas. Sin embargo, en la atmósfera son peligrosos, pues dan lugar junto a otros compuestos a las llamadas "lluvias ácidas".

La disminución de la temperatura de combustión favorece la reducción en las emisiones de óxidos de nitrógeno, pero empeora el rendimiento del motor.

También se pueden reducir las emisiones mediante un sistema de recirculación de los gases de escape, que los enfría y los introduce de nuevo en el motor, para bajar la temperatura de la combustión; pero estos sistemas disminuyen el rendimiento del motor y aumentan el consumo de combustible, y, por estas razones, no es utilizado en motores de motocicletas, aunque sí en automóviles.

- ***Plomo***

Las emisiones de este elemento se deben a su incorporación en la gasolina en forma de tetraetilo y tetrametilo. Estos compuestos son aditivos que elevan el índice de octanos de la misma. La combustión de gasolina que contiene estos aditivos produce partículas de plomo que salen por el escape a la atmósfera. Este elemento es un metal pesado muy venenoso.

5.2. Sistemas de reducción de contaminantes

Para reducir las emisiones de todas estas sustancias se utilizan diversos sistemas, siendo los más usados los catalizadores y los sistemas de inyección de aire en el escape.

- ***Catalizadores***

Reciben este nombre porque provocan unas reacciones catalíticas que eliminan las emisiones nocivas contenidas en los gases de escape.

Los motores equipados con estos sistemas utilizan gasolina sin plomo, para evitar que este elemento envenene los metales nobles que utiliza el catalizador, a la vez que evitan las emisiones de este metal pesado. Este tipo de gasolina no contiene aditivos con plomo, y en su defecto utilizan otras substancias para elevar el octanaje tales como el benceno, el cual, por cierto, es altamente cancerígeno.

Dependiendo del tipo de emisiones que se pretendan eliminar, se puede utilizar catalizadores de oxidación, de reducción o de tres vías.

Catalizadores de oxidación.

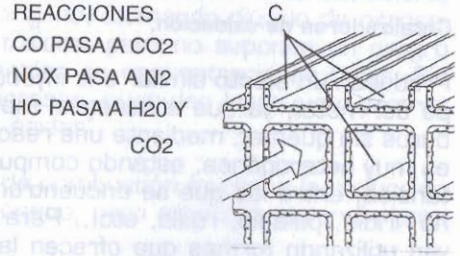
Producen un efecto similar a la inyección de aire en el sistema de escape del motor, ya que eliminan el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar, mediante una reacción de oxidación. Su composición es muy heterogénea, estando compuestos por mezclas de varias substancias, entre las que se encuentran metales nobles tales como platino, iridio, paladio, rodio, etc... Para aumentar su eficacia se construyen utilizando formas que ofrecen la mayor superficie posible de contacto con los gases de escape. No son muy usados en motocicletas, aunque algunas firmas como Aprilia los emplean en sus modelos de dos tiempos.

Catalizadores de reducción.

Se encargan de eliminar las emisiones de óxidos de nitrógeno. Para su buen funcionamiento, se ha de utilizar una mezcla rica, ya que el contenido de oxígeno de los gases de escape es menor en este caso. Esto permite reducir la emisión de óxidos de nitrógeno, pero provoca la aparición de monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar, y por ello se suele intercalar un catalizador de oxidación entre el motor y el de reducción. En su construcción se utiliza el rodio o el rutenio como metales nobles encargados de producir la reacción de reducción. No se emplean de forma aislada.

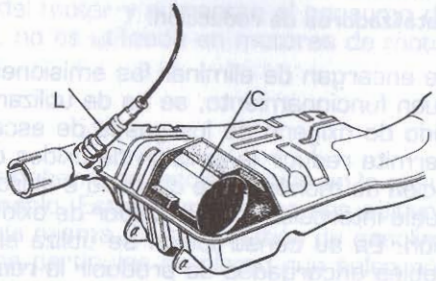
Catalizadores de tres vías.

Reciben este nombre porque eliminan las tres emisiones contaminantes. En su funcionamiento intervienen simultáneamente catalizadores que actúan sobre los tres tipos de emisiones, de tal manera que el oxígeno procedente de la reducción de los óxidos de nitrógeno, favorece la oxidación del monóxido de carbono y de los hidrocarburos sin quemar. Su forma es similar a la de los otros dos tipos de catalizadores, siendo frecuente la disposición de la Fig. 5.45. En ella se puede observar una red de celdillas cuya finalidad es aumentar la superficie de contacto con los gases de escape. Para conseguir un funcionamiento óptimo de este tipo de catalizadores, es necesario que el motor trabaje con mezclas estequiométricas, es decir, con el oxígeno exacto para reaccionar con el combustible, con una gran exactitud en la dosificación. Estos dos requerimientos sólo los puede cumplir un sistema de alimentación con toma y proceso de datos electrónico, es decir, una inyección electrónica. La dosificación será más precisa cuanto mayor sea el número de datos que llegan a la unidad electrónica de control, pero los mejores resultados se obtienen con un sonda que mide la concentración de oxígeno en los gases de escape. Esta sonda recibe el nombre de "lambda", y envía una señal a la unidad de control, para que ésta varíe la cantidad de gasolina inyectada en el motor, formando un bucle cerrado que asegura el ajuste instantáneo de la dosificación a las condiciones estequiométricas. El control de las emisiones obtenido mediante este sistema, es muy superior al que carece de sonda lambda, y consigue una mayor duración del catalizador. En la Fig. 5.46 se puede observar un catalizador de tres vías equipado con sonda lambda.



5.45. Estructura interna de un catalizador.

La duración de los catalizadores depende del uso y mantenimiento que se haga del motor. Si éstos son correctos, la duración establecida de los mismos es superior a los 50.000 km. Una vez finalizada su vida útil, estos elementos se reciclan, ya que contienen materiales nobles



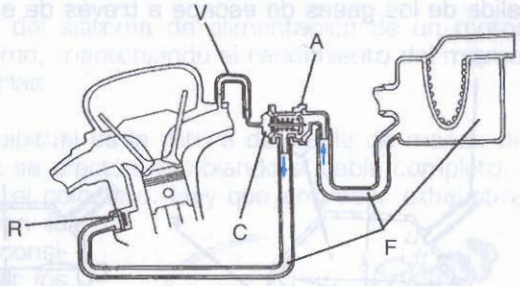
5.46. Catalizador de tres vías de una motocicleta BMW.

cuyo coste es elevado, rebajándose así el coste de mantenimiento de estos sistemas anticontaminación.

• ***Sistemas de inyección de aire en el escape***

Los sistemas de inyección de aire utilizan las fluctuaciones de presión en el sistema de escape, para hacer circular aire filtrado a través de unos tubos, e inyectarlo en el escape cerca de la salida de la cámara de combustión.

La Fig. 5.47 muestra este sistema: el aire fresco procedente del filtro del aire F es arrastrado hacia la salida de los gases de escape de la culata cuando existe una presión negativa en el escape. El aire fresco inyectado favorece la combustión de los hidrocarburos sin quemar que contienen estos gases, y la oxidación del monóxido de carbono, reduciendo notablemente las emisiones de los mismos. Esta reacción tiene lugar, debido a la alta temperatura de los gases de escape, que reaccionan sin problemas con el oxígeno de los gases inyectados. La válvula antirretorno R evita el paso de los gases de escape hacia el filtro del aire cuando la presión en el escape es superior a la que hay en el filtro del aire. La válvula de inyección de aire A controla el paso del mismo hacia el escape. Está conectada a la admisión del motor y, cuando en este conducto hay una fuerte depresión, la membrana de la cámara C mueve un vástago que cierra el paso del aire hacia el escape. Así se evita que pase aire hacia el escape en situaciones que no lo requiere, como por ejemplo durante las retenciones, en cuyo caso se producirían explosiones por el escape, motivadas por la combustión de la excesiva cantidad de mezcla que sale por el mismo sin quemar.



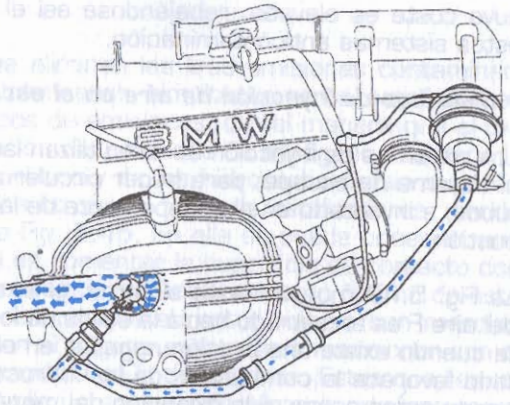
5.47. Sistema de inyección de aire a los escapes de la firma Honda.

La gran ventaja de este sistema, es que es más barato que un catalizador, y apenas necesita mantenimiento, sólo unas revisiones periódicas.

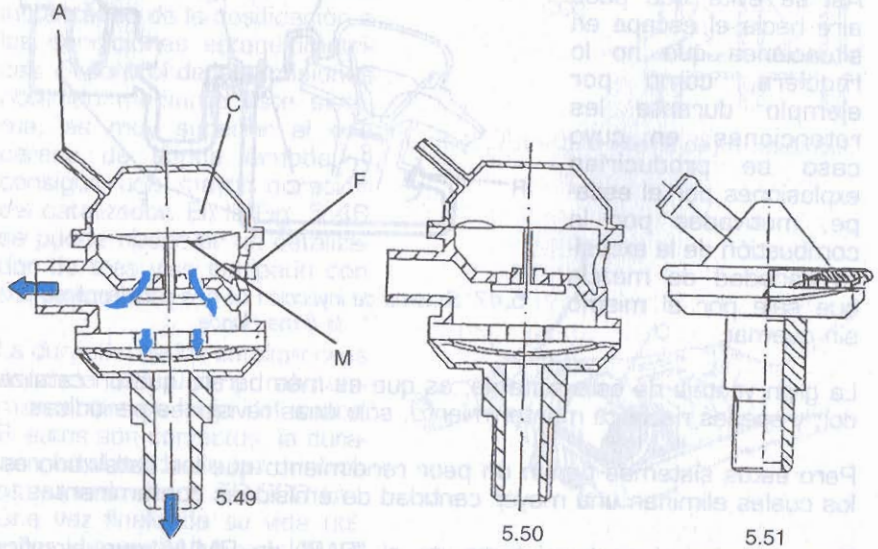
Pero estos sistemas tienen un peor rendimiento que los catalizadores, los cuales eliminan una mayor cantidad de emisiones contaminantes.

Otra variedad de este sistema es el "PAS" de BMW, que significa "Sistema de Aire Pulsatorio" (Pulse Air System), reflejado en la Fig.

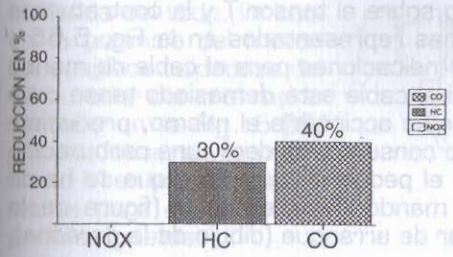
5.48. Se basa en las pulsaciones que aparecen en los gases de escape de los motores de cuatro tiempos. Una válvula de corte (Figs. 5.49 y 5.50) gestiona el paso del aire de la caja del filtro del aire hacia el escape. Cuando existe presión en el sistema de admisión (Fig. 5.49), ésta es transmitida a través del conducto A hasta la cámara C de la citada válvula, la cual empuja el vástago que abre el paso del aire F que viene del filtro hacia la válvula PAS. Cuando en la admisión existe depresión (p.e. en las retenciones), o poca presión (p.e. al ralentí), la válvula de corte permanece cerrada (Fig. 5.50) e impide el paso de aire hacia el escape para evitar en él la postcombustión, es decir, explosiones en su interior al acumularse un exceso de mezcla sin quemar. La entrada del aire inyectado en el escape se realiza a través de la válvula PAS (Fig. 5.5 1) que no permite la salida de los gases de escape a través de ella.



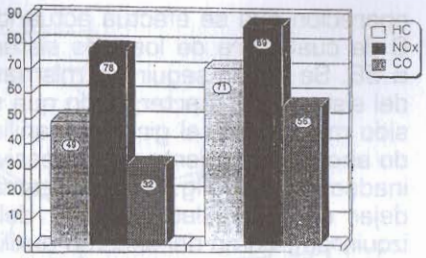
5.48. Sistema PAS de inyección de aire en una motocicleta BMW.



5.49, 5.50, 5.51. Válvulas del sistema PAS.



5.52. Valores de reducción de contaminantes con sistemas de inyección de aire.



5.53. Valores de reducción de contaminantes con sistemas catalíticos.

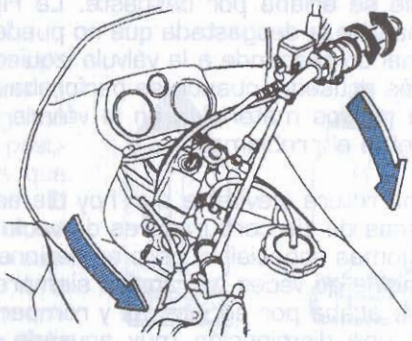
En la Fig. 5.52 y 5.53 se observan unos gráficos con la reducción de emisiones de substancias nocivas gracias al empleo de sistemas de este tipo, ya obligatorios en algunos países. El primero corresponde a un sistema de tipo PAS y el segundo a un catalizador de tres vías con sonda "lambda".

6. AVERÍAS Y MANTENIMIENTO

• *Carburadores*

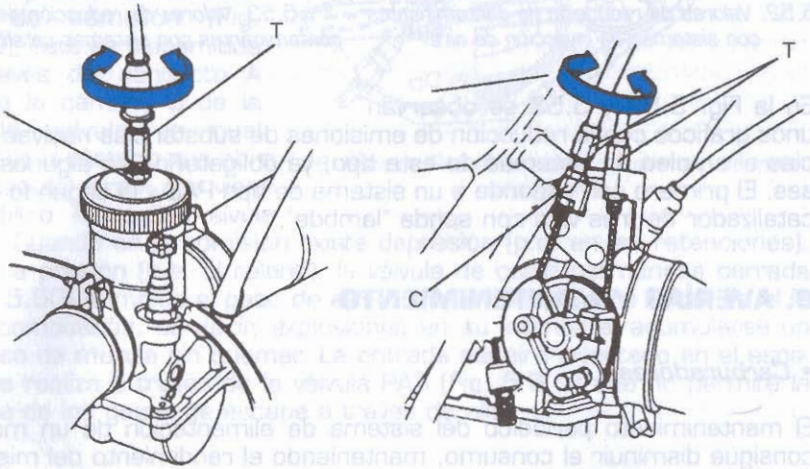
El mantenimiento periódico del sistema de alimentación de un motor, consigue disminuir el consumo, manteniendo el rendimiento del mismo, al tiempo que se evitan averías.

La primera y tal vez más habitual es la rotura del cable de mando del acelerador, cuya reparación se efectúa cambiando el cable completo, y teniendo tres precauciones al colocarlo. Hay que engrasar exhaustivamente el cable nuevo —con lo que se alargará su vida útil considerablemente— y guiarlo por los mismos sitios por los que pasaba el original, pues si no se hace así, al girar el manillar en uno u otro sentido, se producirán acelerones indeseados (en la Fig. 5.54 las flechas pequeñas representan la holgura que ha de tener el mando del acelerador para que, al girar el manillar, no se acelere el motor sin desearlo). Es necesario dejar una pequeña holgura en la regulación de la tensión,



5.54. Regulación de la holgura del acelerador en una motocicleta Honda.

operación que se efectúa actuando sobre el tensor T y la contratuerca C de cualquiera de los tres sistemas representados en la Fig. 5.55 y 5.56. Se deben seguir las mismas indicaciones para el cable de mando del sistema de starter, dado que si el cable está demasiado tenso o ha sido mal guiado, al girar el manillar se accionaría el mismo, produciendo ahogos en caliente y un excesivo consumo, es decir, una carburación inadecuada. La Fig. 5.57 muestra el pequeño juego libre que se ha de dejar en la regulación, tanto del mando del acelerador (figura de la izquierda), como del sistema auxiliar de arranque (dibujo de la derecha).

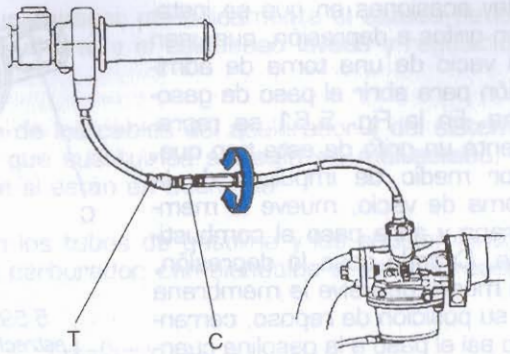


5.55. Regulación de la holgura del acelerador en el accionamiento del carburador.

Una avería cada vez más infrecuente, pero típica, es el ahogo del motor por exceso de gasolina, debido al mal cierre de la válvula de paso de la cuba. Antes era frecuente que esto sucediera, pues el cono de la válvula se afilaba por desgaste. La Fig. 5.58 representa perfectamente una válvula desgastada que no puede cerrar correctamente. El perfil original corresponde a la válvula izquierda. El efecto era el mismo, aunque más acusado, cuando se perforaba la boya y dejaba de flotar. El empleo de nuevos materiales en la válvula y el flotador ha eliminado prácticamente el problema.

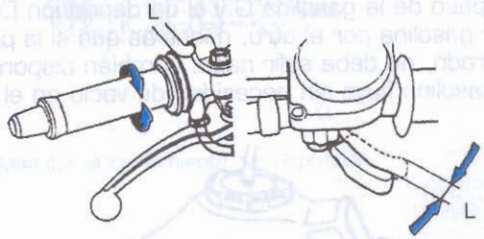
Una rotura inevitable aún hoy día es la de las membranas de las campanas de los carburadores de vacío constante. Son fabricadas en látex y gomas especiales, pero se flexionan durante su uso un número inimaginable de veces, y trabajan siempre en una atmósfera con gasolina, lo que acaba por agrietarlas y romperlas. Cuando ocurre esto, se produce una disminución muy acusada del rendimiento en los regímenes medios, llegando a hacerse infranqueable, y que es debido a la pérdida de depresión a través de la membrana. Ello provoca que la campana no

ascienda del todo, limitando la potencia del motor. Un despiece cuidadoso del carburador como el representado en la Fig. 5.59, permite observar la membrana M en todas sus posiciones para descubrir las posibles grietas.



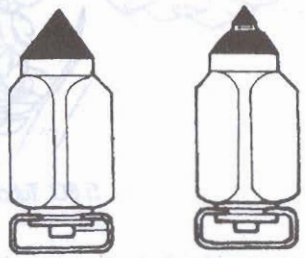
5.56. Regulación de la holgura del acelerador en la funda del cable de mando.

Otra avería que surge con el paso del tiempo y los kilómetros, es el endurecimiento de las gomas con que se fabrican las tomas de admisión, los acoplamientos de las trompetas a la caja del filtro, y los conductos de la gasolina. Cuando este endurecimiento llega a ciertas cotas se producen grietas, por las dilataciones sobre todo, que permiten tomas indeseadas de aire que falsean la carburación, y, en el caso de los conductos de gasolina, fugas de combustible. En la Fig. 5.60 se distinguen dos conductos de tubo de goma por el que accede la gasolina a la cuba. Su solución es tan evidente como sencilla: la sustitución de los elementos endurecidos.



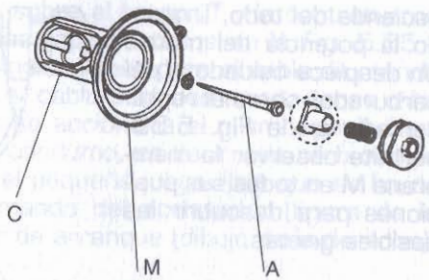
5.57. Holgura necesaria en los mandos de acelerador y de starter.

La avería de más difícil solución ha sido siempre el desgaste de la campana y, sobre todo, de su alojamiento. En algunos carburadores se instalan correderas postizas para las campanas, de manera que sean sustituibles cuando se desgastan. El desgaste de la aguja suele ser paralelo al de las campanas, pero obviamente su sustitución no supone ningún problema. A la vez que se controla el estado de la membrana, se puede observar el desgaste de la campana C y de la aguja A de la Fig. 5.59, buscando brillos que delaten roces.

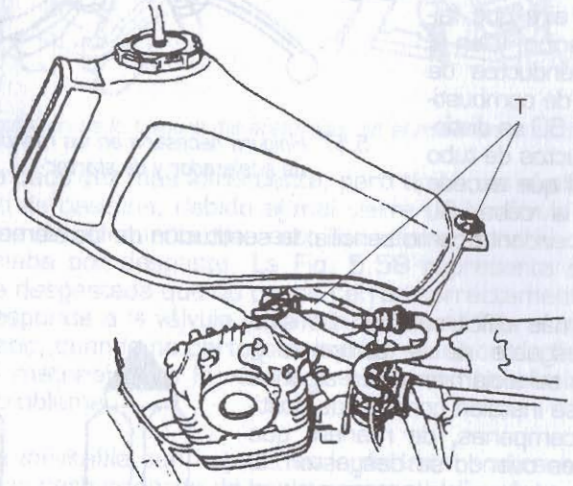


5.58. Válvulas en diferentes estados de la cuba de un carburador.

Hay ocasiones en que se instalan grifos a depresión, que usan el vacío de una toma de admisión para abrir el paso de gasolina. En la Fig. 5.61 se representa un grifo de este tipo que, por medio de impulsos de la toma de vacío, mueve la membrana y abre paso al combustible. Cuando cesa la depresión, el muelle devuelve la membrana a su posición de reposo, cerrando así el paso a la gasolina cuando el motor no está en marcha. El conducto de goma para la depresión sufre los mismos problemas que los antes descritos, y la membrana que lo hace funcionar a veces falla o se rompe. Comprobar el buen funcionamiento de un grifo a depresión es sencillo: se desconecta el tubo de paso de la gasolina G y el de depresión D, y, aspirando por éste, debe fluir gasolina por el otro, mientras que si la posición de la palanca es la de cerrado, no debe salir nada. También disponen de una posición en la que la gasolina fluye sin necesidad de vacío en el grifo.



5.59. Elementos a vigilar más estrechamente en un carburador de depresión.



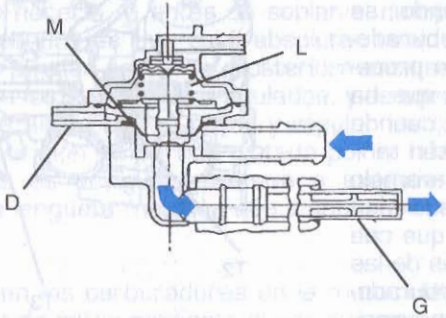
5.60. Tubos de transporte de gasolina en una motocicleta Honda.

La mayoría de los problemas en forma de fallos y averías que sufren los sistemas de alimentación se evitarían con un mantenimiento periódico y cuidadoso.

El mantenimiento consiste en repasar periódicamente el estado de los elementos que se detallarán ahora, y el cuidadoso lavado y regulación posterior.

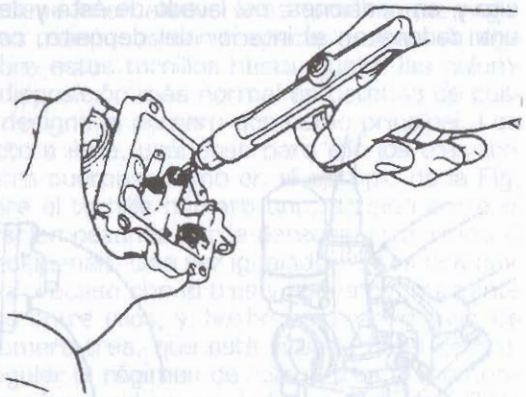
Se debe controlar el estado de los cables del acelerador y del sistema auxiliar de arranque, y hay que sustituirlos si están en mal estado, o engrasarlos cuidadosamente si están en buen uso.

Se deben controlar también los tubos de gasolina y los acoplamientos de goma a ambos lados del carburador, cambiándolos si se endurecen.



5.61. Llave de paso con accionamiento por depresión.

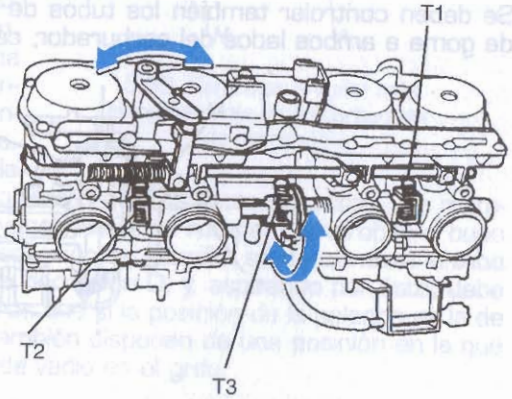
Es importante sustituir el filtro de gasolina antes de que la suciedad lo obstruya. La Fig. 5.60 muestra la disposición más habitual del filtro de gasolina, intercalado en el conducto que llega al carburador. Del mismo modo, se limpiará el filtro del grifo de gasolina, así como el ubicado a la entrada del carburador. También se efectuará el mantenimiento en el filtro del aire, dada su decisiva influencia en la longevidad, así como en el rendimiento y el consumo del motor. Los fabricados en papel, permiten ser soplados con aire a presión (en sentido contrario al de la



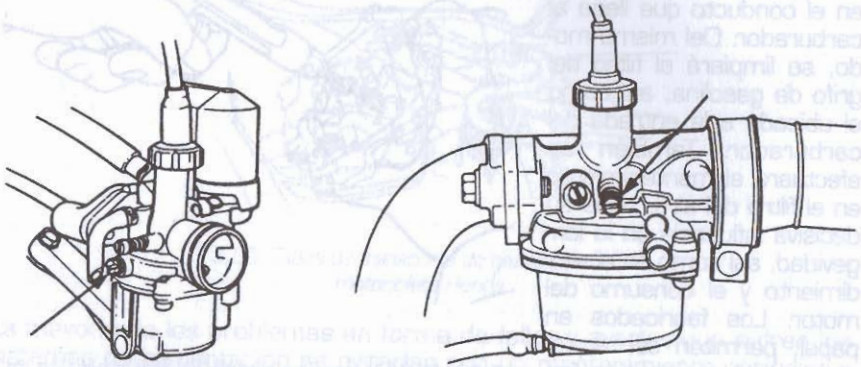
5.62. Soplado con una pistola de aire a presión de los contactos internos de un carburador.

circulación normal del aire), por lo que han de ser sustituidos, apenas presenten síntomas de suciedad excesiva. También se fabrican en espuma, la cual va empapada en aceite, en cuyo caso admite una limpieza con agua y jabón o con un disolvente poco agresivo, para ser posteriormente vuelta a engrasar, una vez secada la espuma. El aceite empleado puede ser el del motor, si bien existen productos específicos.

El desgaste de la campana, su corredera, la aguja y el estado de las membranas se suelen controlar cuando se lavan los carburadores. Es este un proceso laborioso y que ha de efectuarse cuando las toberas estén teñidas de color caramelo o se observe suciedad en la gasolina que cae por los drenajes de las cubas. Los carburadores se ensucian principalmente debido a los residuos gomosos que deja la gasolina, siendo ésta un material poco apropiado para lavarlos. Es imprescindible el lavado cuando la motocicleta ha estado largo tiempo parada, lo que debe ir acompañado de la sustitución total de la gasolina acumulada en el depósito y, en ocasiones, del lavado de éste y del grifo. Para ello se introduce una cadena en el interior del depósito, con una pequeña cantidad de



5.63. Tornillos de regulación en una batería de carburadores Keihin.



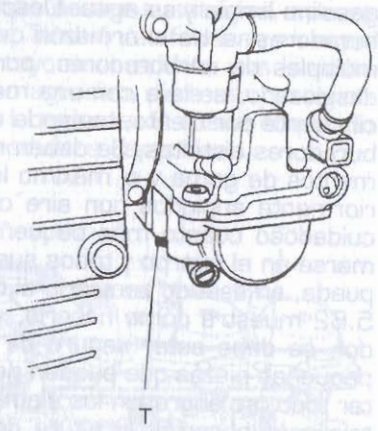
5.64. Ubicación del tornillo de ralentí.

gasolina limpia y se agita. Después se desmontan por completo los carburadores, salvo el armazón que los une. Esto se refiere a las baterías múltiples de carburadores, por ser el caso más complicado. Una vez despiezado, se lava con una mezcla de metanol y disolvente orgánico al cincuenta por ciento, teniendo cuidado de no mezclar elementos de carburadores distintos. Se deben mantener poco tiempo en remojo los elementos de goma y el máximo los del paso de la gasolina, siendo posteriormente soplados con aire comprimido. Este soplado debe ser más cuidadoso cuanto más pequeño sea el surtidor y también debe extremarse en el cuerpo y todos sus orificios. Debe hacerse, siempre que se pueda, en sentido contrario al del paso de la gasolina. El dibujo de la Fig. 5.62 muestra cómo hacerlo, y, antes de soplar el cuerpo del carburador, se debe estar seguro de que está absolutamente desprovisto de pequeñas piezas que puedan perderse. Posteriormente se vuelve a montar todo, se engrasan los elementos articulados, y se aprovecha el montaje para observar la altura de las boyas y regular los tornillos del circuito de baja en la posición de partida dictada por la fábrica. Si la altura de los flotadores es desigual, excesiva o insuficiente, se regula doblando para ello la lengüeta metálica que transmite el movimiento del flotador a la válvula.

Por último, se montan los carburadores en la motocicleta, y se procede a la sincronización de éstos mediante el uso de vacuómetros. Es este un aparato que permite comparar la depresión existente en cada toma de admisión. Para ello, los carburadores en sus cuerpos, o las tomas en la culata, disponen de unas tomas específicas que se mantienen selladas con tapones de goma o elementos roscados, las cuales se conectan a los vacuómetros para la sincronización. En el caso de las baterías de carburadores, el eje que transmite el movimiento de una de las mariposas a las demás, tiene intercalados unos tornillos que regulan la posición relativa de unas mariposas con respecto a otras. A régimen de ralentí, se actúa sobre estos tornillos hasta igualar las columnas de los vacuómetros. La disposición más normal en baterías de cuatro carburadores, es la que designa al número dos como principal. Los otros tres se regulan respecto a éste, usándose para ello los tres tornillos ubicados entre los cuatro cuerpos, como en el ejemplo de la Fig. 5.63. Se actúa primero sobre el tornillo número uno, situado entre el uno y el dos (se suele numerar empezando por la derecha y siguiendo el orden de las muñequillas del cigüeñal). Una vez igualados estos dos carburadores, se sigue el mismo proceso con el tres y el cuatro, mediante el tornillo número dos situado entre ellos, y, hecho esto, se igualan las dos parejas con el tornillo número tres, que está situado en el centro. Es normal que se haya de regular el régimen de ralentí tras el mantenimiento o el lavado, por mejorar las condiciones de funcionamiento. Para ello, el motor ha de estar caliente y con la luz encendida, teniendo cada motor un régimen determinado por la fábrica que no conviene modificar, y que oscila entre ochocientas y mil quinientas revoluciones por minuto.

Para su regulación se utiliza el tornillo de ralentí R que se representa en la Fig. 5.64 en su lado derecho. Lo más habitual es que, al roscar el tornillo de ralentí, suba de régimen y, al aflojarlo, disminuya.

Cuando los carburadores son de accionamiento directo, el trabajo se complica considerablemente, pues se han de igualar actuando sobre la altura de partida de las campanas y consiguiendo una cierta altura en milímetros de mercurio (medida de presión) que determina la fábrica y que se mide con los vacuómetros.



5.65. Posición habitual de los tornillos de baja en las baterías de carburadores.

Para adecuar la carburación en baja a las condiciones concretas del motor, se actuará sobre el tornillo de riqueza de mezcla. En un monocilíndrico se procederá del siguiente modo. Con el motor caliente y a régimen de ralentí, se va desenroscando el tornillo de riqueza de mezcla, mientras se observe que el régimen aumenta. En el punto de más alto régimen, se cierra un cuarto de vuelta y se regula el ralentí. La buena progresión del motor desde regímenes bajos y medios, será la mejor prueba de un correcto reglaje, pero el modo en que baje de vueltas desde las tres mil hasta el régimen de ralentí es una magnífica información. En general, si baja despacio se debe a un exceso de aire, mientras que si lo hace súbitamente es por exceso de gasolina. En los dos ejemplos de la Fig. 5.64 y 5.65 se muestran dos lugares habituales en que se suele ubicar el tornillo de regulación de la mezcla en bajos.

Otros aspectos regulables, como el diámetro de los surtidores, los decide el constructor y sólo se hace necesario variarlos cuando se realizan modificaciones importantes en el motor. Se suelen modificar los surtidores de alta, de Power Jet si existe, la altura de la aguja y, rara vez, la forma de ésta, de la campana, o el diámetro del difusor. Si se ha de cambiar el diámetro del surtidor de alta, conviene ser precavido y no quedarse corto, pues una carburación excesivamente fina castiga mucho el motor cuando más se le exige y aumenta la temperatura de funcionamiento. Un síntoma de carburación excesivamente fina, es la aparición de un color muy claro en el interior de la cola de escape, o en los electrodos de las bujías, pero donde se debe observar, aunque sea más incómodo y laborioso, no dejar como está en la culata y la cabeza del pistón y, en los cuatro tiempos en los codos de escape, las cañas de las válvulas de escape y en sus conductos.

• *La inyección electrónica*

Reglajes y comprobaciones.

Los actuales sistemas disponibles en motocicletas tienen como virtud característica la escasa o nula necesidad de cuidados, una vez que se encuentran adecuadamente puestos a punto.

Es necesario destacar que estos equipos son extraordinariamente sensibles, principalmente a las sobretensiones y, en general, a las tensiones irregulares. Por ello, no se debe hacer funcionar el motor sin comprobar previamente el correcto apriete de los terminales de la batería, ni desconectar ésta durante el funcionamiento del motor, o proceder a la carga de la misma sin retirarla previamente de la instalación. Es importante, por ejemplo, asegurarse de que el encendido esté desconectado en caso de necesitar desmontar la unidad electrónica de control, cosa por otro lado poco frecuente.

Reglaje del régimen y de la riqueza de ralentí.

El régimen de ralentí está determinado fundamentalmente por la cantidad de aire que entra al motor cuando el puño del acelerador no está accionado, y lo hace por dos conductos distintos: por un lado, la mariposa del acelerador se encuentra ligeramente abierta debido a la existencia de un tornillo de mínimo; por otro, existe un circuito en derivación o by-pass que puentea a dicho elemento, ya sea en forma de paso por el cuerpo de la misma, o bien en forma de tubo que discurre por el exterior. Ambas entradas de aire necesitan de una regulación adecuada. En cuanto a la riqueza, ésta viene dada por un reostato sobre el caudalímetro, que ajusta los tiempos de apertura de los inyectores.

Primero se localiza el citado by-pass, que es en esencia un conducto que toma aire antes de la mariposa y lo entrega tras ella, de tal manera que escapa a su control. Si es un tubo exterior, ha de tener un tornillo que lo regule. Si está en el cuerpo que acoge a la mariposa del acelerador, también. En cualquier caso, se cierra el paso por él apretándolo a fondo. Es entonces cuando hay que actuar sobre el paso mínimo de la mariposa, que se encuentra en el extremo del tope del eje de la misma, igual que en un carburador, de manera que el régimen del motor se sitúe en unas 600 r.p.m. Este es el ajuste basto. Para proceder a un ajuste más exacto, hay que volver al primer tornillo del by-pass y situar la aguja del cuentavueltas sobre las 800 r.p.m. Una vez hecho esto, y con ayuda de un analizador de los gases de escape, hay que tratar de obtener un porcentaje de CO (monóxido de carbono) entre el 0,5% y el 1,5 % y a la vez el de CO2 (dióxido de carbono) por encima del 10%, que se consigue operando el reostato del caudalímetro, generalmente oculto bajo un tapón de inviolabilidad. En la actualidad, este by-pass está gobernado por un servomotor, controlado a

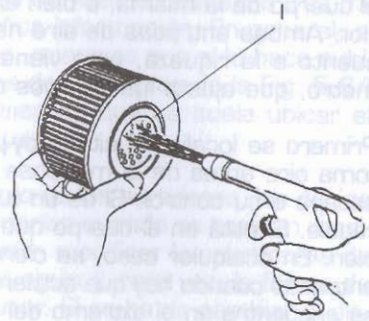
su vez por la U.E.C. De esta forma, el ralentí se ajusta automáticamente, sin que haya posibilidad de regularlo. Sí admiten el ajuste de la riqueza de mezcla, aunque si dispone de catalizador, tampoco es posible la regulación de la misma.

Comprobación del circuito de admisión de aire

Dado que la dosificación que calcula la U.E.C. está determinada en primera aproximación por la lectura recibida en cada momento del caudalímetro, o del correspondiente medidor de aire, es de vital importancia evitar que pueda entrar aire al motor sin pasar por éste. Si esto sucede, se producirá un empobrecimiento de la mezcla que originará fallos en el motor, pues la unidad mandará gasolina a él a través de los inyectores, para una cantidad de aire menor de la real. La gravedad de estos desajustes dependerá de la importancia relativa de tal entrada anómala de aire. Así pues, se trata de asegurar la perfecta estanqueidad entre el medidor de aire y la mariposa, que podría perderse en caso de existir grietas en el conducto que une a ambos, o si alguna abrazadera estuviera floja debido a un descuido, a las vibraciones, a un montaje incorrecto, etc... También debería asegurarse la estanqueidad final entre la mariposa y los cilindros, aunque ésta suele ser menos crítica,,, al estar constituido este último tramo normalmente por una pieza de fundición de aleación ligera. Las entradas anormales entre filtro y caudalímetro no tienen más inconveniente que la posible presencia de partículas no deseadas.

Comprobación de la presión y el caudal de combustible

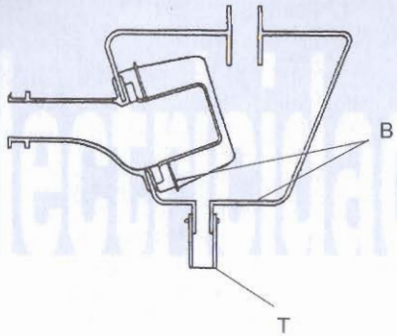
Este parámetro es de gran importancia, pues la cantidad de gasolina que entra en un cilindro es proporcional a dos factores: al tiempo que éste permanezca abierto (que es controlado exactamente por la U.E.C.) y a la presión a la que se encuentre el combustible a su entrada al inyector.



5.66. Dirección correcta de soplado para la limpieza de un filtro de aire de papel.

Para comprobar la presión del sistema, es necesario intercalar un manómetro entre la bomba y la rampa de los inyectores, teniendo cuidado de hacer la desconexión previa de la unión entre ambos de modo lento y envolviéndola en un trapo, para evitar las fuertes salpicaduras que se producirían. Además, es muy importante soltar previamente la toma de depresión del regulador. En tales condiciones, la presión indicada debe ajustarse a lo estipulado por el fabricante. Si no fuera así, habrá que esperar a comprobar el regulador antes de culpar a la bomba del fallo.

Para el control del caudal, se deja montado el manómetro en el lugar anterior y se idea un sistema para que la bomba funcione a voluntad, bien con la llave de contacto, o bien puenteándola con un interruptor. Se debe conectar la toma de depresión del regulador a una bomba de presión que introduzca aire para reforzar la acción del muelle interno del mismo, de manera que se alcance en el circuito el valor de 3 bar necesarios para esta prueba. Esto se puede hacer regulando la presión de una red de aire. De este modo se saca la tubería de retorno del regulador y se introduce en una probeta graduada. Se mantiene conectada la bomba durante el tiempo indicado por el constructor. En ese tiempo debe haberse almacenado en la probeta la cantidad mínima que cite el fabricante en su manual de taller.

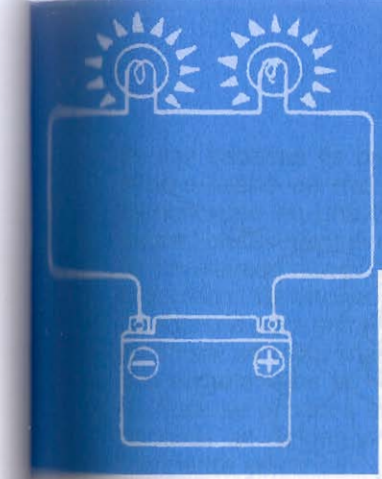


5.67. Zonas que requieren más atención en la limpieza de una caja de filtro de aire.

Las cajas de los filtros suelen ensuciarse también, sobre todo con restos del aceite introducido en ellas para su posterior quemado. Normalmente disponen de algunos agujeros conectados a macarrones ciegos donde se deposita el aceite, pero conviene limpiarlos completamente. Como se puede apreciar en la Fig. 5.67, las partes más sucias son siempre los fondos B y el macarrón de almacenamiento T.

Los catalizadores, y en general los sistemas anticontaminantes no requieren mantenimiento, pero hay que guardar algunas precauciones en el caso de que se disponga de una moto con catalizador de tres vias o con una marmita oxidante, como ocurre en algunas Aprilia de dos tiempos.

Las precauciones están encaminadas a no dañar los catalizadores, que disponen de unas superficies interiores muy delicadas. Por ello hay que evitar que se contaminen. No se debe emplear nunca gasolina con plomo, y añadir aditivos que los contengan, tampoco conviene dejarla sin gasolina, ya que engaña a los sistemas de inyección, y en caso de que ocurra, jamás arrancar a empujón con el catalizador caliente, ya que los hidrocarburos sin quemar expulsados al escape en los primeros instantes lo dañarían. Otras precauciones son vigilar el consumo de aceite, evitando que pase de 1 litro cada 1.000 km, ya que los residuos dañan al catalizador, ni permitir que las válvulas tengan una holgura insuficiente, ya que los las sustancias contaminantes en el escape variarían.

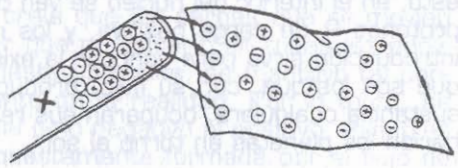


La electricidad

1. GENERALIDADES

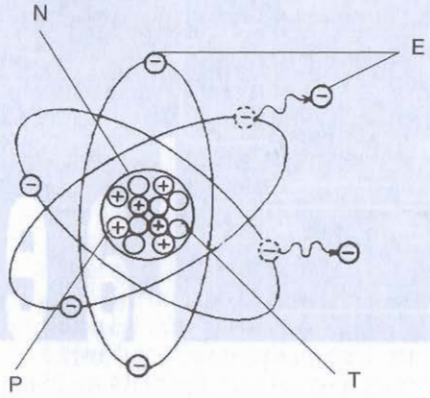
1.1. Constitución y naturaleza eléctrica de la materia

Los experimentos que hace muchos siglos permitieron descubrir la naturaleza eléctrica de la materia se basaron en la electrización por frotamiento, de pequeños trozos de ámbar. Éstos podían ejercer fuerzas de repulsión o atracción sobre otro trozo de ámbar o sobre un cabello humano, respectivamente; la diferencia esencial respecto de las fuerzas gravitatorias consistía en que la interacción entre materiales cargados podía ser de dos tipos diferentes, lo cual hacía pensar en distintas clases de cargas. La Fig. 6.1 muestra esta característica de ciertas materias. Se puede decir que cargas eléctricas del signo contrario se atraen, mientras que las de igual signo se repelen. El distinguirlas dividiéndolas en positivas y negativas no pasa de ser un puro convenio. Lo realmente importante es el hecho de reconocer la existencia de dos clases distintas. Estos experimentos iniciales con el paso del tiempo han llevado a la elaboración de una completa teoría sobre la constitución básica de la materia, que sorprendentemente resulta estar en esencia "vacía".



6.1. Algunos materiales están cargados eléctricamente y debido a ello se atraen o se repelen.

Toda sustancia conocida está formada por moléculas, que son las unidades más pequeñas que conservan las propiedades de dicha sustancia. Si la misma se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso, es debido a la distancia entre dos moléculas vecinas, y a la movilidad relativa que éstas tengan. Por otro lado, existen infinitud de moléculas y por tanto de sustancias distintas, pero todas ellas se construyen con otros elementos menores que son los átomos. De estos últimos existen poco más de un centenar distintos, que pueden ordenarse en el llamado "sistema periódico de los elementos". Son, por tanto, las combinaciones de átomos, las que dan lugar a todas las clases de sustancias que existen en el universo. En la Fig. 6.2 se distingue el aspecto que presentaría un átomo sencillo, si fuera posible fotografiarlo. Como se ve, está a su vez formado por la reunión de otras entidades más simples. Esencialmente se compone de un núcleo central N, cargado positivamente y de varias partículas de carga negativa que giran siguiendo ciertas órbitas en torno a él y que llamaremos "electrones" E. En conjunto, la carga neta es nula. El electrón está en equilibrio entre dos fuerzas contrapuestas: por un lado, la centrífuga que tiende a alejarlo del núcleo, y por otro la electrostática atractiva, que tiende a acercarlo a él.



6.2. La materia está formada por átomos compuestos a su vez por electrones, y protones, cargados eléctricamente, aunque con signo contrario, por lo que en conjunto es neutro.

Para estudiar el tamaño relativo de ambas partes, se puede emplear un símil: si el núcleo fuera un balón de reglamento colocado en el centro de un campo de fútbol, el electrón sería una pelota de tenis girando en una órbita del tamaño de las últimas gradas. Así se comprende porqué se hablaba de la naturaleza esencialmente vacía de la materia. Aparte de esto, en el interior del núcleo se ven otras dos clases de partículas: los protones P, de carga positiva, y los neutrones T, de carga nula. Esta introducción sirve para conocer la existencia de los citados electrones, que son los que, con su flujo, producen la corriente eléctrica. En una sustancia cualquiera, ocuparán sus respectivas órbitas girando como lo harían los planetas en torno al sol.

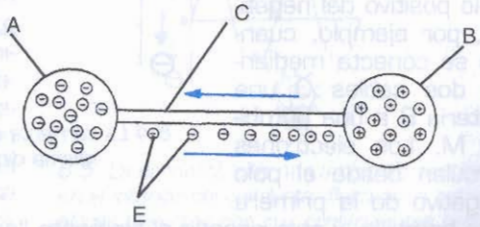
- ***Materiales conductores***

Las experiencias realizadas a lo largo de los años han revelado la existencia de ciertos materiales "conductores" que presentan la propiedad

de ser capaces de transmitir el movimiento de las cargas de un punto a otro lejano de manera casi instantánea. Tales conductores pueden identificarse en una primera aproximación con los metales conocidos: cobre, plata, aluminio, oro, etc. Lo común a todos ellos es la tenencia de un elevado número de electrones en sus átomos. Como producto de todo esto, los situados en las órbitas más alejadas, tienen en la práctica libertad para saltar al átomo contiguo, y de éste al siguiente. La situación real de tales materiales es la de una agrupación de átomos bañados en una nube formada por los electrones con libertad de movimiento. Éste se produce en general de forma anárquica. Cuando la mayoría de ellos se dirigen en una misma dirección, se puede hablar de una "corriente eléctrica".

1.2. Corriente eléctrica

Una corriente eléctrica es un modo de transportar energía, que se produce cuando un material A cargado negativamente (es decir, con más electrones que protones) se une directamente con otro B que lo está positivamente (con más protones que electrones), y cierto número de electrones E del primero pasan al segundo. Si esto mismo se hace mediante un material conductor C, se establece un flujo de los anteriores a través del último que constituye lo que se llama una "corriente eléctrica". En la Fig. 6.3 se aprecia una representación esquemática de ello: existe una corriente real de los electrones de izquierda a derecha, mientras que en la parte superior se refleja el sentido de circulación equivalente de unas hipotéticas cargas positivas. Esta indicación se refiere al convenio que se utilizó en un principio cuando se creía que las cargas que se movían eran estas últimas. Para no tener que modificarlo en todas las publicaciones que se habían editado hasta entonces, se mantuvo tal convenio, sin perjuicio del conocimiento de la realidad. Por lo tanto, se dice que los electrones circulan del polo negativo al positivo, mientras que a la corriente eléctrica —supuestamente formada por el flujo de cargas positivas— se le atribuye el sentido opuesto. Es interesante asemejar además la corriente eléctrica a una corriente de agua, en la que la fuente de electrones o polo negativo sería un manantial, y el polo positivo un sumidero, mientras que el conductor haría las veces de la tubería de unión.

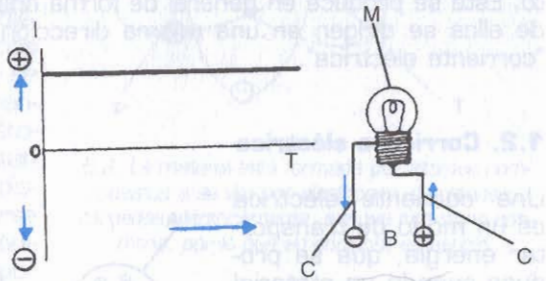


6.3 Entre dos zonas cargadas eléctricamente se puede producir un trasvase de cargas, lo que provoca una corriente eléctrica.

• ***Tipos de corriente eléctrica***

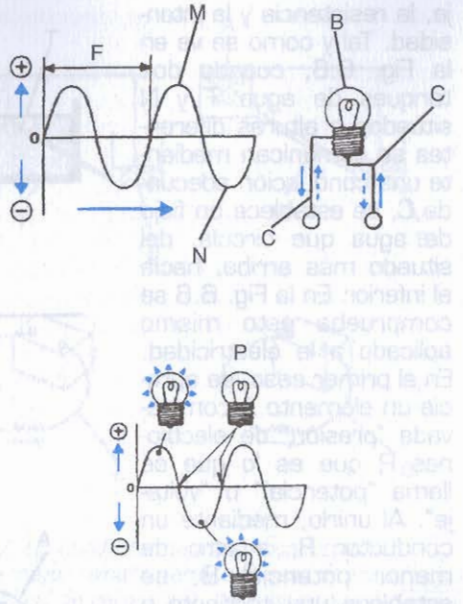
Cualquier componente de un circuito eléctrico puede generar o consumir uno solo de los dos tipos fundamentales de corriente eléctrica que existen: o bien corriente continua (la vista hasta ahora), o bien corriente alterna. Las diferencias de funcionamiento entre ambas son fundamentales, y también las condiciones de funcionamiento de los elementos que las usan. Por ello, es importante conocer sus peculiaridades.

La corriente "continua" es aquella que circula siempre en el mismo sentido, es decir, se produce en aquel caso en que se puede distinguir sin duda alguna el polo positivo del negativo, por ejemplo, cuando se conecta mediante dos cables C una batería B a una bombilla M. Los electrones circulan desde el polo negativo de la primera a la bombilla, y atravesando el filamento llegan al polo positivo. En el dibujo se ha representado el sentido teórico de circulación, opuesto al anterior. De cualquier modo, como ambos polos son siempre los mismos, el sentido de circulación de la corriente es constante. Ello se refleja en la Fig. 6.4: la gráfica de la izquierda representa el valor de la intensidad I en el eje vertical frente al tiempo T en el eje horizontal. En cualquier instante (a cualquier distancia del eje vertical) se mantiene la misma intensidad de corriente (una única distancia al eje horizontal). Esto es suficiente para que la bombilla se ilumine de forma continua.



6.4 La corriente continua se establece siempre en la misma dirección dentro del conductor.

Por el contrario, se dice que una corriente es "alterna", cuando invierte de forma periódica su sentido de circulación a lo largo de los conductores. Esto supone el cambio en idéntica manera de la polaridad de los terminales de la fuente de alimentación. Este cambio no se realiza de forma brusca e instantánea, sino gradualmente, el resultado es que también varía su valor. Esto se aprecia en la Fig. 6.5: los cables C que llegan a la bombilla B permiten la circulación de la corriente en cualquiera de los dos sentidos, pero nunca en ambos a la vez. Se ve que es imposible determinar qué cable está conectado a cada polo. En la gráfica se aprecia cómo la corriente vale en un principio cero, para ir creciendo hasta llegar a un máximo M y, a partir de ahí, disminuir y volver a cero. En estos puntos la corriente se detiene, cosa imprescindible si quiere cambiar de sentido como efectivamente lo hace. Ahora se entra en la zona de ordenadas negativas (aquellos puntos que se encuentran por debajo del eje horizontal), y ello significa que la corriente se ha invertido. Aumentará su valor absoluto (prescindiendo del signo) hasta llegar a un mínimo N (o máximo de valores negativos), para volver a valer cero en poco tiempo. Todo este proceso constituye un ciclo, que se repetirá indefinidamente. La Fig. 6.5 muestra el comportamiento de la bombilla a lo largo del ciclo completo: está siempre brillando, aunque con intensidad variable salvo en los puntos P, en que la corriente se detiene. El efecto sería similar al caso en que se encendiera y apagase mediante un interruptor otra alimentada con continua. Al número de veces por segundo que la corriente cambia de sentido se le denomina "frecuencia". En la corriente que abastece a los hogares, su valor es de 50 herzios, siendo su voltaje de 220 V. En USA, por ejemplo, la tensión es de 125 V y la frecuencia de 60 Hz..



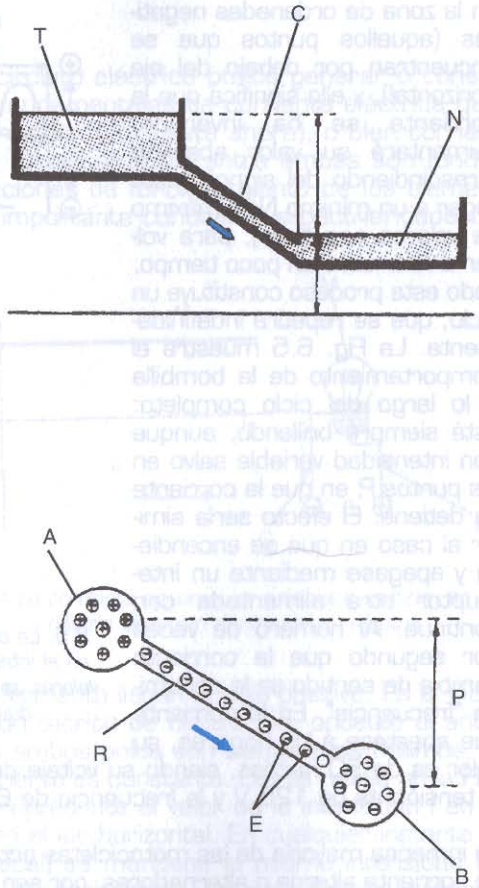
6.5. La corriente alterna cambia de sentido en el interior del conducto, fluctuando entre valores opuestos con sus consiguientes periodos de parada en la circulación.

La inmensa mayoría de las motocicletas actuales cuentan con generadores de corriente alterna o alternadores, por ser éstos las máquinas de este tipo de mayor rendimiento. Es necesario señalar también que se puede convertir con facilidad dicha corriente alterna en continua, mediante un dispositivo llamado "rectificador". La corriente continua se puede almacenar en una batería, y ser usada cuando se necesite; esto no es posible con la alterna. Además, la continua es adecuada para elevadas intensidades, como la propia para alimentar un motor de arranque. Por contra, su voltaje no puede modificarse, cosa muy sencilla en alterna mediante el uso de un transformador adecuado. En general, existen bastantes elementos en un circuito que requieren el uso de tan sólo un tipo de corriente, aunque también los hay que funcionan indistintamente con cualquiera de ellas.

• ***Voltaje, resistencia e intensidad***

Las tres magnitudes fundamentales que gobiernan el paso de una corriente eléctrica, íntimamente relacionadas, son los valores del volta-

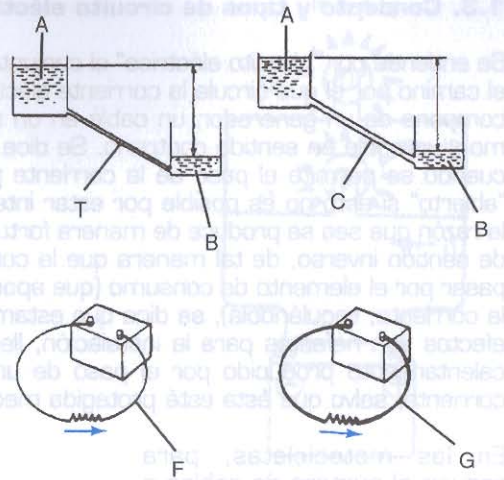
je, la resistencia y la intensidad. Tal y como se ve en la Fig. 6.6, cuando dos tanques de agua T y N situados a alturas diferentes se comunican mediante una conducción adecuada C, se establece un flujo de agua que circula, del situado más arriba, hacia el inferior. En la Fig. 6.6 se comprueba esto mismo aplicado a la electricidad. En el primer caso, se aprecia un elemento A con elevada "presión" de electrones P, que es lo que se llama "potencial" o "voltaje". Al unirlo, mediante un conductor R, a otro de menor potencial B, se establece una corriente o flujo de electrones E que trata de restablecer el equilibrio, como sucedería en el caso anterior. Una vez que las superficies libres de ambos depósitos se hallen a igual altura, o que los potenciales de ambos elementos sean los mismos, cesará el flujo. La unidad de medida del voltaje es el Voltio (V).



6.6. El potencial eléctrico es similar a la presión que se establece en un fluido, aunque es en este caso la densidad de las cargas la que provoca el fenómeno.

En cuanto a la resistencia, la cantidad de agua que circula por el tubo no es independiente de las características de éste. En la Fig. 6.7 se aprecian dos situaciones en que ambos depósitos A y B se unen mediante distintos tubos. En la primera, se trata de un tubo estrecho T que dificulta el paso del agua, con lo que el caudal será bajo; en la segunda, se muestra una conducción mayor C que permitirá otro caudal mayor. Análogamente, en la Fig 6.7 se ve cómo no es indiferente el cerrar el camino entre los dos polos de una batería mediante un cable fino F o hacerlo con otro más grueso G. El primero tiene más resistencia y dejará pasar menor corriente eléctrica. Además, la resistencia de un conductor crece con su longitud. Aparte de todo

esto, también influye el material del que esté hecho el conductor. En cualquier caso la resistencia siempre es cuantificable y su unidad es el Ohmio (Ω).



6.7. Un conductor de mayor conductividad o de mayor tamaño permite el paso de mayor cantidad de cargas que uno más pequeño o de mayor resistencia eléctrica.

Por lo que se refiere a la intensidad de una corriente eléctrica, se define como la cantidad de carga que atraviesa una sección del conductor en un segundo. Su unidad es el Am-perio (A), que, comparado con. el agua, coincidiría con la cantidad de agua por unidad de tiempo o caudal. Cada electrón transporta una energía que es proporcional al potencial eléctrico medido en Voltios; si se multiplica esta cantidad por el número de electrones que atraviesan el conductor en cada segundo se obtiene la potencia eléctrica, es decir, energía por unidad de tiempo, en Watios (W).

- ***Ley de Ohm***

Con el nombre de quien la formuló por vez primera, se conoce la relación fundamental de la electricidad, que relaciona al voltaje, la resistencia y la intensidad: "la intensidad de la corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada en sus extremos, e inversamente proporcional a la resistencia del mismo". De su expresión matemática puede despejarse cualquier otro de los parámetros que aparecen, resultando:

Intensidad = Voltaje / Resistencia
Voltaje = Intensidad x Resistencia
Resistencia = Voltaje / Intensidad

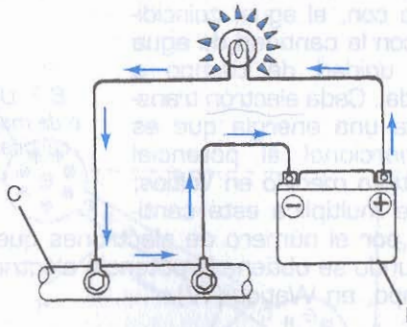
En cuanto a la potencia eléctrica, tal y como se adelantó en el epígrafe anterior, es el producto del voltaje por la intensidad:

Potencia = Voltaje x Intensidad.

1.3. Concepto y tipos de circuito eléctrico

Se entiende por "circuito eléctrico" el conjunto de elementos que constituyen el camino por el que circula la corriente eléctrica. En el caso más sencillo se compone de un generador, un cable en un sentido, un elemento de consumo y un cable en sentido contrario. Se dice que un circuito está "cerrado", cuando se permite el paso de la corriente por él. Por el contrario, estará "abierto" si esto no es posible por estar interrumpido en algún sitio. Si por la razón que sea se produce de manera fortuita un contacto entre los cables de sentido inverso, de tal manera que la corriente efectúe su recorrido sin pasar por el elemento de consumo (que aporta cierta resistencia al paso de la corriente, regulándola), se dice que estamos ante un "cortocircuito". Sus efectos son nefastos para la instalación, llegando a destruirla a causa del calentamiento producido por el paso de una intensidad extraordinaria de corriente, salvo que ésta esté protegida mediante un fusible o un limitador.

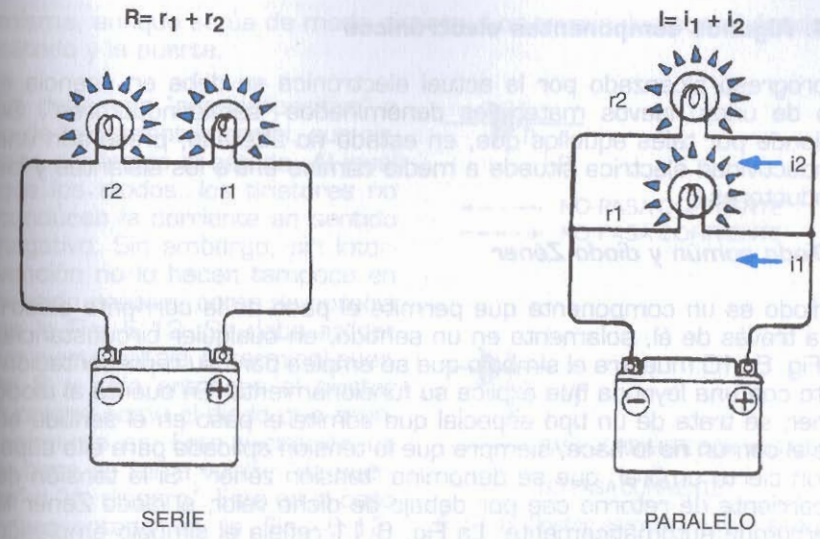
En las motocicletas, para reducir el número de cables a emplear, se aprovechan las excelentes propiedades conductoras del metal del que está hecho el chasis C. Por ello, y tal y como se ve en la Fig. 6.8, la batería B lleva conectado uno de sus bornes a él. Esta conexión se denomina "masa", y permite hacerlo igualmente con el terminal correspondiente de cualquier elemento de consumo. Como se ve en la figura, el chasis cierra el circuito de todos los servicios, lo cual permite ahorrarse la práctica totalidad de uno de los dos cables. Lo más habitual es que el terminal conectado a la masa sea el negativo, aunque existen casos en que no es así. Por ello, es imprescindible evitar el contacto de todo cable pelado (que en general estará conectado al borne positivo de la batería) con el chasis (que lo estará con el negativo), pues se produciría el temido cortocircuito.



6.8. En las motocicletas se emplea la estructura metálica del bastidor para oficiar como cable de vuelta de la corriente.

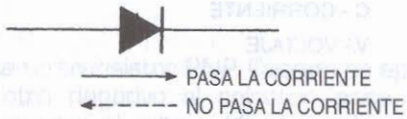
Cuando en un circuito se desean unir dos elementos de consumo o dos generadores, existen dos modos fundamentales de hacerlo, que no son equivalentes, y que reciben los nombres de "en serie" y "en paralelo". Éstos constituyen los ejemplos más sencillos de circuitos no simples, siendo de uso muy extendido.

Un circuito en serie es un circuito eléctrico en el que la corriente pasa por un elemento de consumo y de él al siguiente, es decir, ambos elementos se hallan colocados uno a continuación del otro. Sólo existe un camino de paso para la corriente, y, por lo tanto, la intensidad que atraviesa ambos es la misma. Sin embargo, el voltaje cae proporcionalmente a las cargas o resistencias de cada uno de ellos, siendo la caída de tensión total la suma de las caídas parciales. Dicho de otro modo, la resistencia total R es simplemente la suma de las resistencias R1 y R2 parciales. La Fig. 6.9 muestra el aspecto de uno de estos ejemplos.



6.9. La disposición en serie y en paralelo de los elementos varía la corriente que llega a ellos, sumándose sus resistencias o sus intensidades.

Un circuito en paralelo es un circuito eléctrico en el que la corriente tiene dos o más caminos alternativos para circular. El aspecto de ambas ramas es el de estar paralelas —de ahí su nombre— y, por tener ambas conectados sus extremos a los mismos nudos del circuito, la caída de tensión o voltaje entre ellos es la misma. Sin embargo, en este caso es la intensidad la que se divide en dos, de tal modo que la intensidad que atraviesa la primera I_1 se calcula por el cociente V/R 1, y la segunda I_2 vale V/R2. De aquí, junto con la condición de que la corriente total I es la suma de las parciales, se obtienen los valores eléctricos del circuito. En la Fig. 6.10 se aprecia uno de estos casos.



6.10. El diodo deja pasar la corriente en un sentido, pero no el otro, lo que permite emplearlo en numerosas aplicaciones.

1.4. Algunos componentes electrónicos

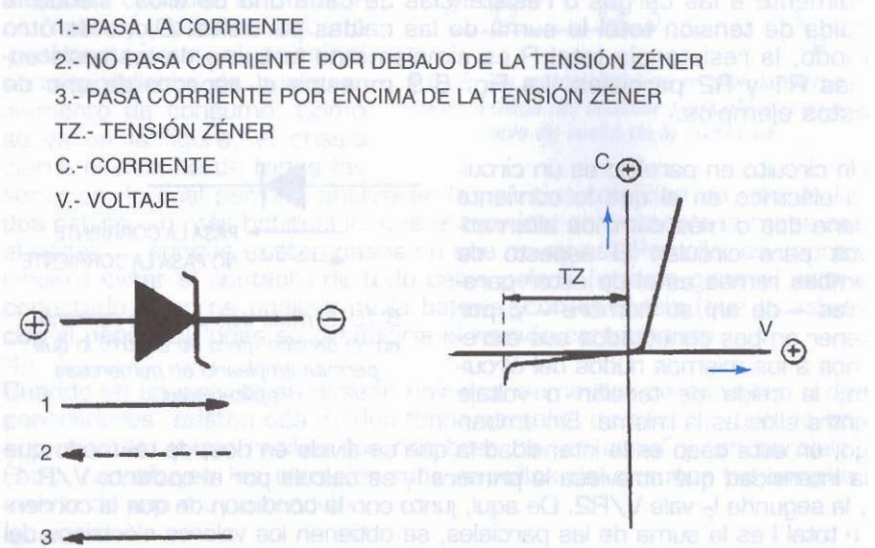
El progreso alcanzado por la actual electrónica se debe en esencia al uso de unos nuevos materiales denominados "semiconductores". Se entiende por tales aquellos que, en estado no alterado, presentan una conductividad eléctrica situada a medio camino entre los aislantes y los conductores.

• *Diodo común y diodo Zéner*

El diodo es un componente que permite el paso de la corriente eléctrica a través de él, solamente en un sentido, en cualquier circunstancia. La Fig. 6.10 muestra el símbolo que se emplea para su representación, junto con una leyenda que explica su funcionamiento. En cuanto al diodo Zener, se trata de un tipo especial que admite el paso en el sentido en que el común no lo hace, siempre que la tensión aplicada para ello supere un cierto umbral, que se denomina "tensión zéner". Si la tensión de la corriente de retorno cae por debajo de dicho valor, el diodo Zener la interrumpe automáticamente. La Fig. 6.11 refleja el símbolo empleado para él y su esquema de funcionamiento.

• *Tiristor*

El tiristor, también llamado "diodo controlable", se distingue del diodo en que tiene tres terminales de conexión en lugar de dos. Su función es la



6.11. El diodo Zener presenta la variación sobre el normal de permitir el paso en ambos sentidos de manera selectiva, únicamente cuando el voltaje supera un cierto margen.

misma, aunque actúa de modo distinto. Los terminales son el ánodo, el cátodo y la puerta.

Se denomina "sentido positivo" a la de la corriente normal, que circula del ánodo al cátodo. Al igual que los diodos, los tiristores no conducen la corriente en sentido negativo. Sin embargo, sin intervención no lo hacen tampoco en sentido positivo, como se aprecia en la Fig. 6.12. Se debe aplicar un cierto voltaje al terminal-puerta P, y sólo entonces el tiristor funciona como el diodo que esencialmente es. Esta excitación de la base se llama voltaje "de puerta" o "de disparo". Éste es el caso representado en la Fig. 6.12. Una vez que el tiristor está conectado, no se necesita aplicar corriente al terminal de disparo.

6.12. El Tiristor permite un paso selectivo de la corriente en ambas deirecciones cuando es activado desde el exterior.

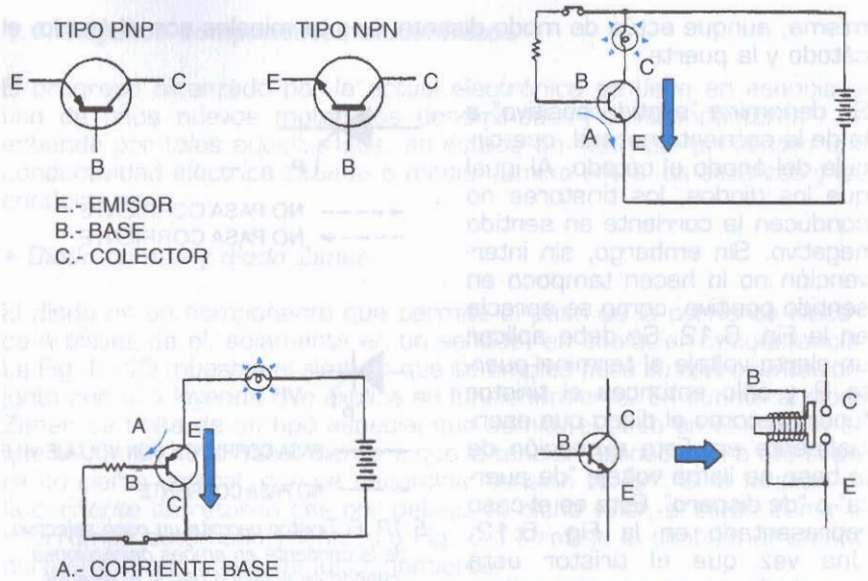
El Tiristor permite un paso selectivo de manera continuada tensión a la de la corriente en ambas direcciones puerta, y se comporta como un diodo común.

• *Transistor*

En la Fig. 6.13 se muestran los símbolos representativos de los dos tipos de transistores que existen: el PNP (positivo-negativo-positivo) y el NPN (negativopositivo- negativo). Ambos cuentan con tres terminales: emisor, colector y base.

En la Fig. 6.13 se aprecia cómo actúa un transistor PNP. Cuando se aplica un voltaje positivo al emisor y otro negativo al colector, pasa la corriente del colector al emisor. Si se eleva el voltaje del emisor ligeramente por encima del de la base y pasa una pequeña corriente de control del primero al último, inmediatamente comienza a circular otra mucho mayor del emisor al colector. Análogamente, en la Fig. 6.13 se muestra el funcionamiento de otro del tipo NPN. En este caso, la corriente pasa del colector hacia el emisor. Sin embargo, si comienza a pasar una pequeña corriente de control de la base al emisor, inmediatamente se incrementa el valor de la corriente de colector.

De este modo, el transistor se asemeja a un amplificador en el que la corriente principal de colector a emisor se controla por medio de la corriente de la base. También se asemeja a un relé, como se aprecia en

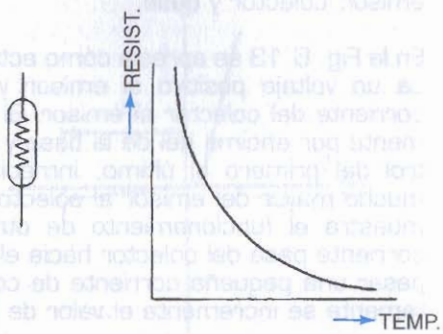


6.13. Los Transistores pueden ser de dos tipos PNP o NPN, cambiando sus características generales.

la Fig. 6.13: el transistor está conectado, permitiendo el paso de la corriente desde el colector al emisor cuando hay corriente en la base, y está apagado cuando no existe esta última. En el relé, la corriente de base equivale a la excitación de la bobina-electroimán que cierra el circuito principal.

• ***Termistor***

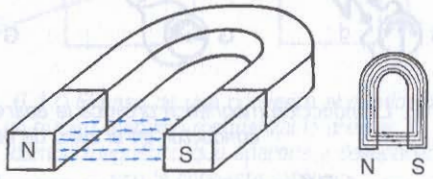
Se utiliza habitualmente como interruptor de mando para el funcionamiento de los electroventiladores y también de las luces de aviso de exceso de temperatura. En general, el valor de la resistencia de la mayoría de los metales, incluido el cobre, aumenta con la temperatura. Ello se debe a que al aplicarles calor, la actividad de sus moléculas se incrementa y dificulta el flujo libre de los electrones. Por el contrario, la resistencia de un termistor disminuye al elevarse ésta, y ello se debe a que el número de electrones libres aumenta cuando se le aplica calor, al contrario de lo que ocurría en el caso anterior. A este tipo de termistores se les denomina NTC. Existen también termistores que incrementan su valor ohmico, en proporción directa a la temperatura, pasando a denominarse éstos PTC.



6.14. El termistor varía su resistencia con la temperatura, de manera que baja cuanto más se calienta.

1.5. Magnetismo

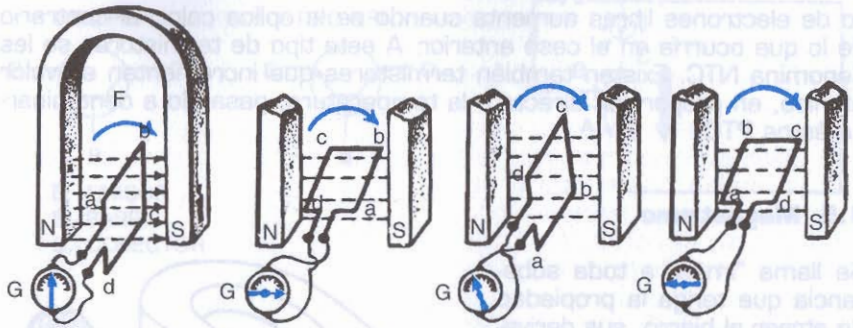
Se llama "imán" a toda substancia que tenga la propiedad de atraer al hierro, sus derivados (fundición, acero) y otras substancias como el níquel, por ejemplo. En la naturaleza se encuentra un mineral, llamado "piedra imán" o "magnetita", que goza de esta propiedad, y si con ella se frota una barra de acero, ésta se convierte en otro imán. En la práctica, todos los imanes empleados son de acero al que se le ha comunicado el magnetismo por medio de corrientes eléctricas, con lo que se consigue disponer de imanes muy potentes. La fuerza de atracción que los caracteriza reside principalmente en los extremos o polos, que en dicha figura se señalan con las letras N y S. Entre los polos N y S hay una corriente de fluido o flujo magnético, que va del polo Norte al Sur del imán, y que se señala con líneas de puntos en la figura. El espacio entre los dos polos por donde va el fluido magnético se llama "campo magnético". El flujo que va por fuera desde el polo Norte al polo Sur vuelve otra vez desde el polo Sur al polo Norte por dentro del imán, pues el circuito que recorre es cerrado. Si entre los polos de este imán se coloca una barra de hierro, el flujo magnético se concentra y pasa por ella y como consecuencia la atrae, por ser el hierro muy buen conductor del magnetismo; pero si se coloca una barra de latón o aluminio, el flujo no va por ella y sigue pasando a través del aire, pues ambos metales son malos conductores del magnetismo.



6.15. Un imán dispone de un campo continuo de flujo magnético que discurre tanto por el interior del metal, como por la zona exterior que conecta ambos polos.

• ***Inducción electromagnética***

En la Fig. 6.16 se representa un imán en herradura, y con líneas de puntos se señala el flujo magnético que el polo Norte envía constantemente al polo Sur a través del aire que los separa (su existencia constituye el llamado campo magnético). Se toma un trozo de conductor —un pedazo de hilo de cobre, por ejemplo—, se le da una vuelta que se llama "espira", se coloca ésta en el campo magnético como se ve en a, b, c y d, y los extremos o terminales se unen a un "amperímetro" o a un "galva-



6.16. La inducción magnética provoca la aparición de una corriente eléctrica al girar un conductor en el seno de un campo de este tipo.

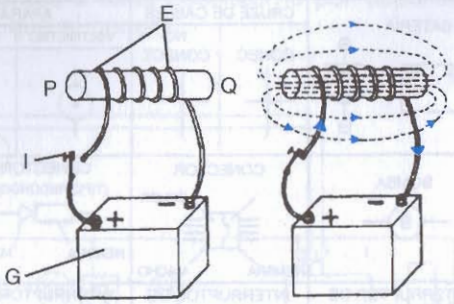
nómetro" G (aparato que sirve para determinar el paso de la corriente eléctrica por un circuito). De este modo, la espira constituye un circuito cerrado. Si ahora se hace girar esa espira en el sentido indicado por la flecha F, el flujo magnético, que en la Fig. 6.16 pasa por dentro del bucle o lazo que forma el conductor, cuando éste haya girado un cuarto de vuelta ya no pasará por el interior de la espira en la b, pues el flujo no la atraviesa de lleno, y lo hará rozando sus caras, pero sin pasar por dentro de ella. Al girar otro cuarto de vuelta, el flujo vuelve a pasar por dentro de la espira, pues la atraviesa por su parte trasera. Al otro cuarto de vuelta, ya no pasa por dentro, pues la espira no está en la zona de influencia del flujo; y por último, al girar otro cuarto de vuelta más, la espira vuelve a estar como al principio, presentándose de frente al flujo, que pasa por su interior.

Pues bien, debido precisamente a esta variación del flujo magnético que pasa por el interior de la espira, se comprueba que, al girar ésta, nace una corriente eléctrica en ella, lo que se comprueba si la aguja del galvanómetro se desvía de su posición de reposo. Si en lugar de girar una sola espira lo hacen varias, en cada una de ellas nace una corriente eléctrica, y la corriente total obtenida será mayor. Este importante fenómeno, llamado "de inducción", debido a que la variación de flujo induce la corriente en la espira, es el fundamento de todas las máquinas productoras de electricidad: dinamos (generadores de corriente continua) y alternadores (generadores de corriente alterna).

• ***Electroimán***

Como fenómeno complementario del anterior, es preciso citar el hecho de que mediante una corriente eléctrica se puede hacer un imán (Fig. 6.17). Sobre una barra cilíndrica de hierro dulce PQ llamada "núcleo", se arrolla una serie de vueltas o espiras E de cable conductor. Los extremos de este arrollamiento que se llama "bobina", se unen a los bornes

positivo y negativo de un generador o un depósito de electricidad G, intercalando en el circuito el interruptor I. Cuando éste se cierra, la corriente pasa por todas las espiras que forman la bobina, y así el núcleo se convierte en un imán, apareciendo los dos polos Norte y Sur, como en un imán permanente de acero. En cuanto se corta la corriente con el interruptor I, el magnetismo desaparece; y cada vez que se cierra el circuito se convierte la bobina con su núcleo en un imán, que , por ser debido a la electricidad, se llama "electroimán". El flujo magnético del electroimán —sea recto o en forma de herradura, lo mismo que el de los imanes— es cerrado, es decir, que el flujo va del polo Norte al Sur, y luego vuelve del Sur al Norte por dentro del núcleo, en la forma que señala la Fig. 6.17. Si se coloca cerca de un extremo del núcleo una pieza ligera de hierro o acero, al pasar la corriente eléctrica por la bobina se desarrolla una fuerza magnética que atraerá dicha pieza, que recibe el nombre de "armadura" del electroimán. Muchas veces, para accionar interruptores eléctricos a distancia, se usa un electroimán intermedio: se cierra el pequeño interruptor de un circuito auxiliar que hace pasar la corriente por dicho electroimán, y éste atrae su armadura, verdadero interruptor del circuito principal que, al moverse, lo cierra o abre. En esta aplicación el electroimán auxiliar recibe el nombre de "relé".



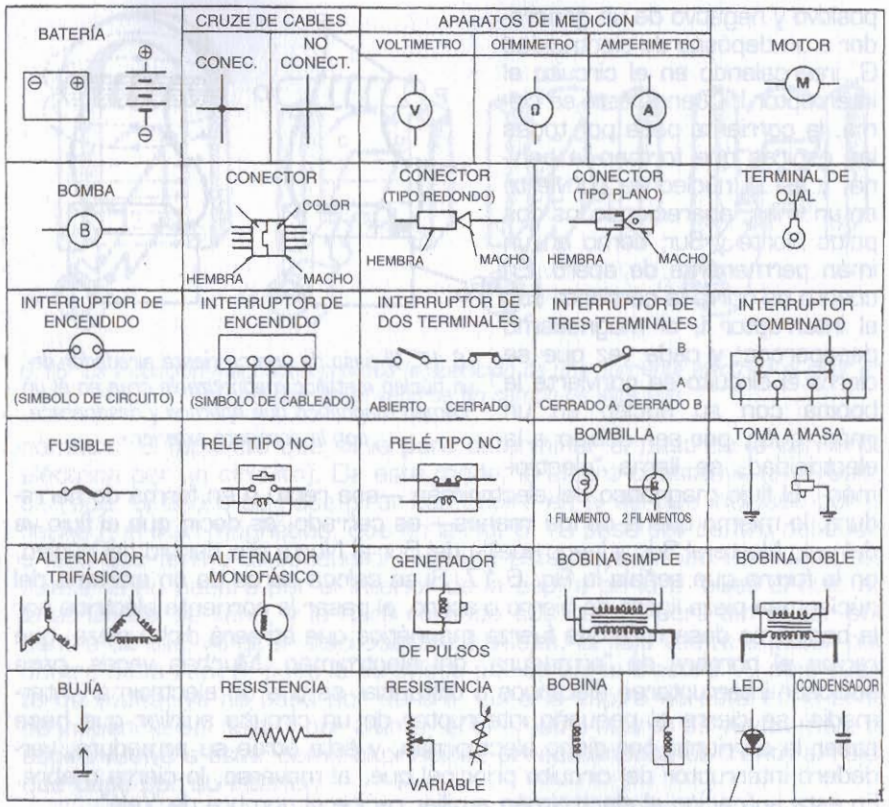
6.17. El paso de una corriente alrededor de un núcleo metálico magnetizable crea en él un campo magnético que aparece y desaparece con la corriente exterior.

1.6. Cuadro de símbolos eléctricos

La Fig. 6.18 muestra de forma ordenada los símbolos eléctricos más sencillos y más usados, junto con algún otro no tan común, pero que tiene importancia por su frecuente uso en los esquemas eléctricos de la motocicleta.

• ***Estructura general de una instalación eléctrica***

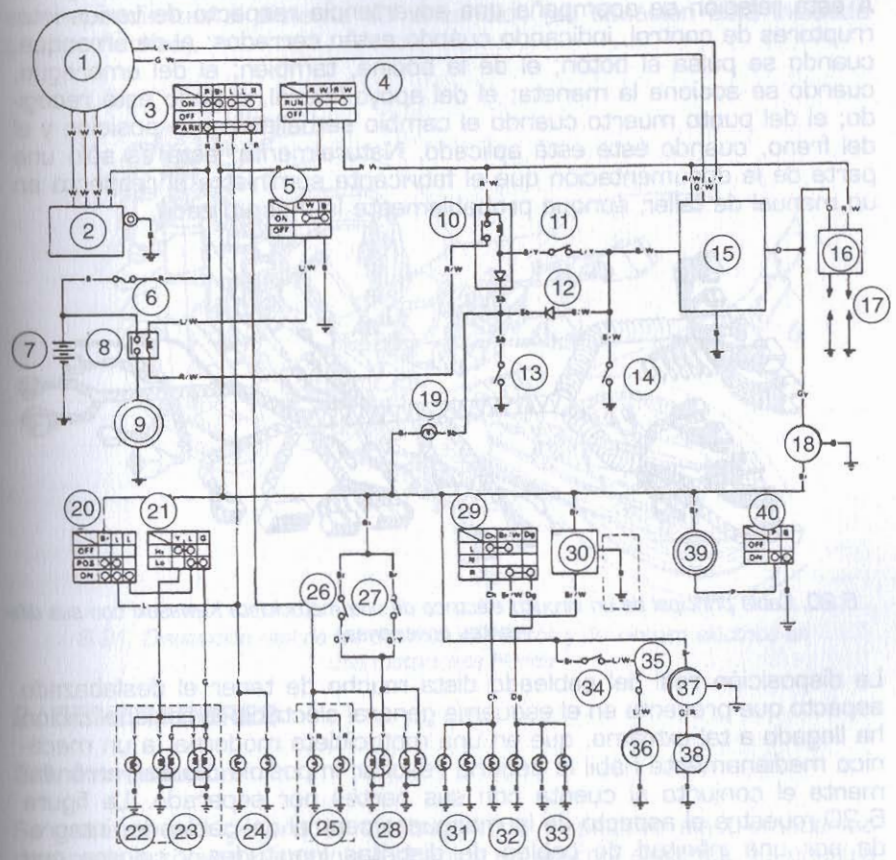
Las motocicletas actuales incorporan las ayudas de la electrónica para resolver las necesidades básicas de gobierno del motor y elementos auxiliares. Con ello se ha conseguido simplificar mucho ciertas partes de la instalación en su organización y mantenimiento, como podría ser el encendido. No obstante, la incorporación de numerosos refinamientos cada vez más comunes la han complicado extraordinariamente. Aparte de los más corrientes que no se citan están los sistemas de inyección



6.18. Principales símbolos de aparatos eléctricos empleado en motocicletas.

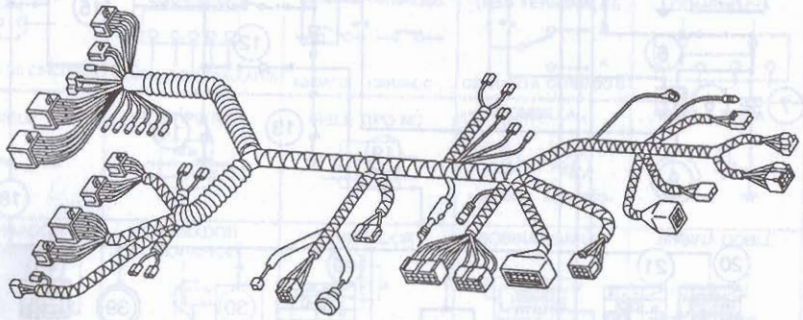
de gasolina, sistemas antibloqueo de frenos y antipatinaje, alarmas, equipos de música, y, en casos extremos, cúpulas de accionamiento eléctrico, conjuntos de elevación del caballete o hasta dispositivos de marcha atrás, por no hablar de compresores para el inflado de objetos para la playa. Por ello puede entrañar alguna dificultad el intentar resolver una sencilla avería sin la ayuda de al menos la información proporcionada por el fabricante.

Afortunadamente, la instalación general de una moto, por complicada que ésta sea, puede simplificarse bastante si se advierte que siempre se halla subdividida en circuitos más simples destinados cada uno de ellos a un fin concreto. Esta organización se refleja en el esquema general eléctrico conocido como "cuadro" donde aparecen todas las líneas con el color del cable que utilizan, así como sus conexiones a los distintos elementos, representados esquemáticamente de la manera vista en el apartado anterior. También para esquemas complicados se suministran diagramas parciales referentes a cada subsistema por separado, que son más cómodos de usar que el general.



6.19. Circuito eléctrico simple de una motocicleta Yamaha. 1: Generador. 2: Rectificador-regulador. 3: Interruptor principal. 4: Interruptor de paro. 5: Interruptor de arranque. 6: Fusible principal. 7: Batería. 8: Relé de arranque. 9: Motor de arranque. 10: Relé de corte del circuito de arranque. 11: Interruptor del embrague. 12: Diodo. 13: Interruptor de punto muerto. 14: Interruptor de caballete lateral. 15: Unidad de encendido. 16: Bobina. 17: Bujía. 18: Tacómetro. 19: Indicador de punto muerto. 20: Interruptor de luces. 21: Indicador de ráfagas. 22: Indicador de luz larga. 23: Faro delantero. 24: Luz de cuadro. 25: Luz auxiliar. 26: Interruptor de freno delantero. 27: Interruptor del freno trasero. 28: Luz trasera. 29: Interruptor de intermitentes. 30: Relé de intermitentes. 31: Intermitentes izquierdos. 32: Indicador intermitente. 33: Intermitente derecho. 34: Termistor. 35: Fusible de electroventilador. 36: Electroventilador. 37: Reloj de temperatura. 38: Termopar. 39: Bocina. 40: Interruptor de la bocina. 41: Relé de las luces.

En la figura 6.19 se muestra el esquema eléctrico general de una motocicleta Yamaha XTZ 750, en el que se denominan por números los elementos del mismo, cuyo significado se puede ver en la relación adjunta. A esta relación se acompaña una advertencia respecto de varios interruptores de control, indicando cuándo están cerrados: el de arranque, cuando se pulsa el botón; el de la bocina, también; el del embrague, cuando se acciona la maneta; el del apoyo lateral, cuando está recogido; el del punto muerto cuando el cambio se halla en esa posición y el del freno, cuando éste está aplicado. Naturalmente, esta es sólo una parte de la documentación que el fabricante suministra al respecto en un manual de taller, aunque probablemente la más utilizada.

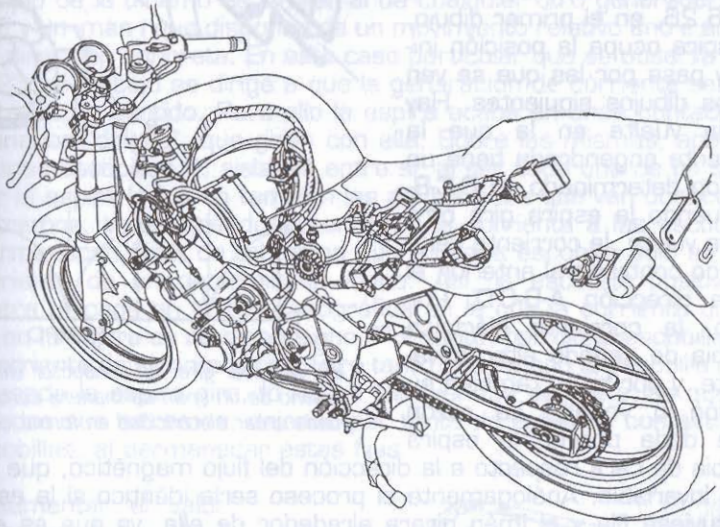


6.20. Cable principal de un circuito eléctrico de una motocicleta Kawasaki con sus diferentes conexiones.

La disposición real del cableado dista mucho de tener el deslabazado aspecto que presenta en el esquema general eléctrico: la racionalización ha llegado a tal extremo, que en una motocicleta moderna, a un mecánico medianamente hábil le debería resultar imposible montar erróneamente el conjunto si cuenta con sus partes por separado. La figura 6.20 muestra el aspecto de la manguera central del cableado, integrada por una infinitud de cables de distintas longitudes y colores que comienzan y acaban también en conectores de plástico, todos ellos abrazados por un envoltorio común. Cada conector agrupa varios terminales de varios cables simultáneamente, haciéndose así para reducir al mínimo su número. Su forma es uniposicional, por lo que es imposible conectarlo con un servicio inadecuado. Además, el color de las partes macho y hembra que constituyen una unión es el mismo, con lo que se facilita su rápida identificación e inmediato montaje. La estructura por tanto es la de un tronco común, generalmente sujeto a lo largo del chasis de la moto, al que se conectan como ramas todos los elementos de generación, consumo o control.

Por último, en la Fig. 6.21 se muestra cuál es la ubicación verdadera de esta manguera repartidora central en un motocicleta moderna, que

se distingue por ir recogida en este caso por una lámina plástica helicoidal que la envuelve de principio a fin. A ella van unidos todos los elementos del sistema, aunque en este caso se destacan tan sólo los correspondientes al sistema del encendido (su situación está indicada con las flechas).



6.21. Disposición real de los distintos elementos y del circuito eléctrico en una motocicleta Honda.

2. GENERADORES

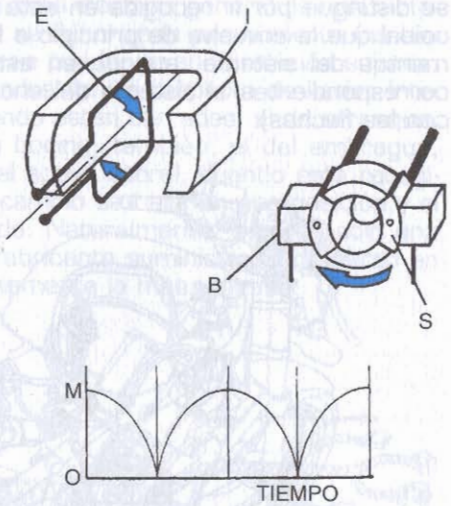
2.1. Introducción

Se entiende por generador eléctrico todo dispositivo electromecánico destinado a convertir energía mecánica en energía eléctrica. La energía mecánica se puede tomar directa o indirectamente del movimiento del motor, mientras que la eléctrica se manipula adecuadamente para su consumo directo en algún servicio de la moto, o para su almacenaje en una batería o en un acumulador. Existen algunos tipos reversibles, de modo que pueden transformar energía eléctrica en energía mecánica.

La primera clasificación que se realiza en los generadores puede hacerse según la naturaleza de la corriente que producen. Un generador que produce corriente continua, se denomina "dinamo", mientras que si lo que produce es corriente alterna se denomina "alternador".

La corriente eléctrica se obtiene por medio de un aparato obligado a girar por el motor de la motocicleta. El fundamento teórico de la gene-

ración de electricidad con el giro de una espira metálica en el seno de un campo magnético ya se ha tratado cuando se comentó la inducción electromagnética. Si se vuelve a la Fig. 6.26, en el primer dibujo, la espira ocupa la posición inicial y pasa por las que se ven en los dibujos siguientes. Hay media vuelta en la que la corriente engendrada tiene un sentido determinado, el D-C-B-A. Cuando la espira gira otra media vuelta, la corriente tiene sentido contrario al anterior, el de la dirección A-B-C-D. Por tanto, la corriente eléctrica cambia de sentido alternativamente, y por tanto también su tensión o voltaje. La razón viene dada porque la espira cambia de cara respecto a la dirección del flujo magnético, que permanece invariable. Análogamente el proceso sería idéntico si la espira se mantuviese fija y el imán girara alrededor de ella, ya que es el movimiento relativo entre el plano del campo y el de la corriente eléctrica lo que provoca el fenómeno. Si el extremo A de la espira se une a un anillo y el D a otro que formen los extremos de un circuito eléctrico, por éste se sacará al exterior la electricidad generada en la espira. Esta corriente en principio es de tipo alterno, ya que al cambiar de dirección ,se cambia de sentido de circulación en el circuito, pero mediante dispositivos concretos, se puede modificar la onda para conseguir corriente continua.



6.22. Al hacer girar un conductor eléctrico en el seno de un imán de manera continua se puede crear electricidad en forma continua.

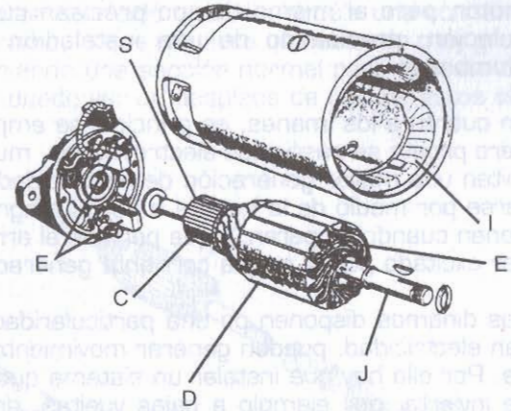
Actualmente, los generadores, son en su inmensa mayoría, de corriente alterna, aunque en épocas anteriores fueron los de corriente continua los más empleados. La razón venía dada por una parte por los problemas de rendimiento de los alternadores primitivos, que no permitían sobrepasar un cierto límite de potencia, aunque por otra parte, la generación de corriente continua directamente facilitaba su almacenamiento en la batería de manera casi directa.

2.2. Dinamo

La dinamo es un elemento que genera corriente continua, pero que al mismo tiempo es capaz de generar energía mecánica consumiendo electricidad. Es por tanto un elemento reversible, lo que en ocasiones le ha llevado a ser empleado de ambos modos, sobre todo hace algunos años. Los aparatos de este tipo se denominaban "dinamotores", y oficiaban tanto como generadores o como motores.

El principio de la dinamo es similar al de cualquier otro generador: una espira E y un imán I que disponen de un movimiento relativo entre ambos en una dirección concreta. En este caso particular que se observa en la Fig. 6.23, el trabajo se dirige a que la generación de corriente sea únicamente en un sentido. Para ello la espira acaba en unos contactos S denominados "delgas", que giran con ella. Sobre las mismas, apoyan y rozan unas escobillas B, aisladas entre sí, al ser cada una de un signo. Al girar la espira lo hacen también las delgas a las que van conectadas sus extremos, transmitiéndose por tanto la corriente a las escobillas, que permanecen fijas, de tal forma que en cada escobilla sólo se induce corriente de un determinado signo. Así, la escobilla positiva se encuentra ubicada en la zona geográfica en la que la corriente que se induce en la espira es de dicho signo. Por tanto, por dicha escobilla sólo pasa corriente de signo positivo. Otro tanto ocurre con la escobilla negativa. Cuando la espira gira, lo hacen también las delgas a las que van conectadas sus extremos, dejando por tanto de estar en contacto con las escobillas, al permanecer éstas fijas.

Para aumentar el valor medio generado se eleva el número de espiras con sus segmentos S de conexión, convenientemente aislados entre sí, de modo que los valores aumentan por la suma de varios circuitos de generación de electricidad.



6.23. La dinamo tradicional consta de un inducido giratorio y un imán inductor fijo, con el colector y las escobillas necesarias para regular la corriente.

Las espiras en dinamos reales van arrolladas sobre un cilindro D denominado "inducido" que gira sobre un eje J, que también contiene el colector C, que es el extremo sobre el que se sitúan los segmentos de conexión con las escobillas E. Éstas están realizadas en un material llamado "grafito". Ya que este material, que no tiene tan buenas propiedades eléctricas como los metales, desliza con muy poco rozamiento sobre los segmentos del colector, de manera que su vida útil es mucho más larga.

Para la realización del imán I necesario se emplea hierro dulce, que tiene muy buenas propiedades magnéticas. Para evitar corrientes parásitas que provocarían grandes pérdidas por su tendencia a impedir el giro del inducido, éste se realiza en varias placas separadas por materiales aislantes. Las espiras van enrolladas en el interior del inducido, bien en forma de zig-zag, bien de modo ondulado.

Recientemente se han empezado a utilizar los denominados "imanes de tierras raras". Es un nuevo tipo de material empleado en los imanes permanentes de algunos sistemas de carga y encendido. Están formados por una aleación de cobalto con tierras raras (de ahí su nombre, por extraño que parezca éste) como cobalto-samario. Posee la ventaja de producir un magnetismo permanente muy superior a la de la mayoría de los imanes permanentes que existen en el mercado, lo cual permite disminuir su masa, para un mismo valor del campo magnético inductor.

Con ello se consigue disminuir la masa inerte adosada al volante de inercia o plato magnético, permitiendo una mayor facilidad para subir de régimen, sin que se vea afectada la capacidad de producción de corriente del generador de electricidad. Estos sistemas se han empezado a emplear en motos de campo, en los que se precisa de una masa muy ligera en el encendido, para facilitar la estirada del motor, pero al mismo tiempo precisan cumplir con el código de circulación, precisando de una instalación eléctrica con sistema de alumbrado.

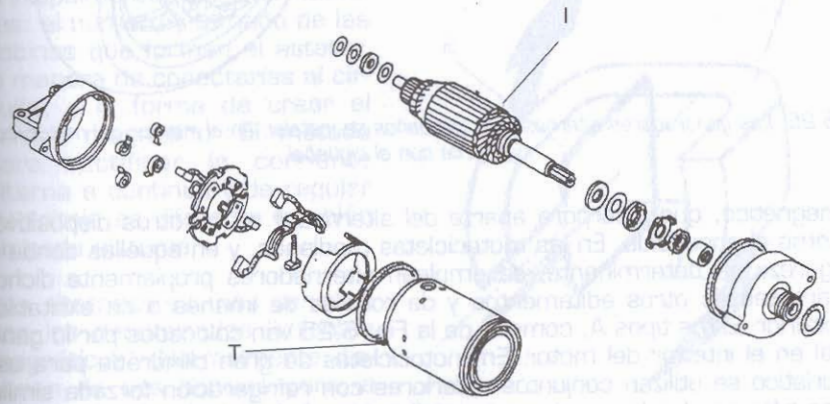
En cuanto a los imanes, en principio se emplearon de tipo permanente, pero pronto se pasó a los electroimanes, mucho más potentes, que permiten una mayor generación de electricidad. El electroimán puede excitarse por medio de la batería o por el magnetismo residual del que disponen cuando se paran, y que permite el arranque del sistema antes de ser excitado por la propia corriente generada.

Las dinamos disponen de una particularidad, ya que al igual que generan electricidad, pueden generar movimiento a partir de energía eléctrica. Por ello hay que instalar un sistema que no permita que el proceso se invierta, por ejemplo a bajas vueltas, donde la carga de la batería puede ser superior a la producida por la dinamo, de manera que se invierta el movimiento. Para ello se instala una válvula unidireccional denominada "disyuntor" que dispone de un par de contactos separados por unos muelles. Cuando el sentido de la corriente cambia, uno de ellos interrumpe el circuito, abriéndolo cuando el generador produce una corriente mayor que la de la batería de modo que ésta se carga. De forma análoga, es necesario desviar parte de la energía eléctrica cuando ésta es excesiva para cargar la batería y puede romperla, lo que se consigue con los reguladores de tensión.

Las dinamo fueron equipadas por las motocicletas hasta después de la segunda guerra mundial, cuando fueron sustituidas por los alternadores. Sus principales problemas venían derivados del desgaste de las escobillas por el rozamiento. Lo mismo ocurría con el colector. Además, la dinamo es poco eficaz a bajas vueltas, lo que en condiciones de marcha lenta o en tráfico urbano trae problemas, y, por último, el rendimiento de los alternadores comenzó a ser muy superior, lo que acabó por desplazar a las dinamo.

Sin embargo, este elemento sigue empleándose actualmente como motor de arranque. Ya se ha comentado la independencia del sentido de funcionamiento, generar o consumir electricidad de la dinamo, por lo que se emplea como motor con una estructura aparentemente semejante, pero con distintas disposiciones internas.

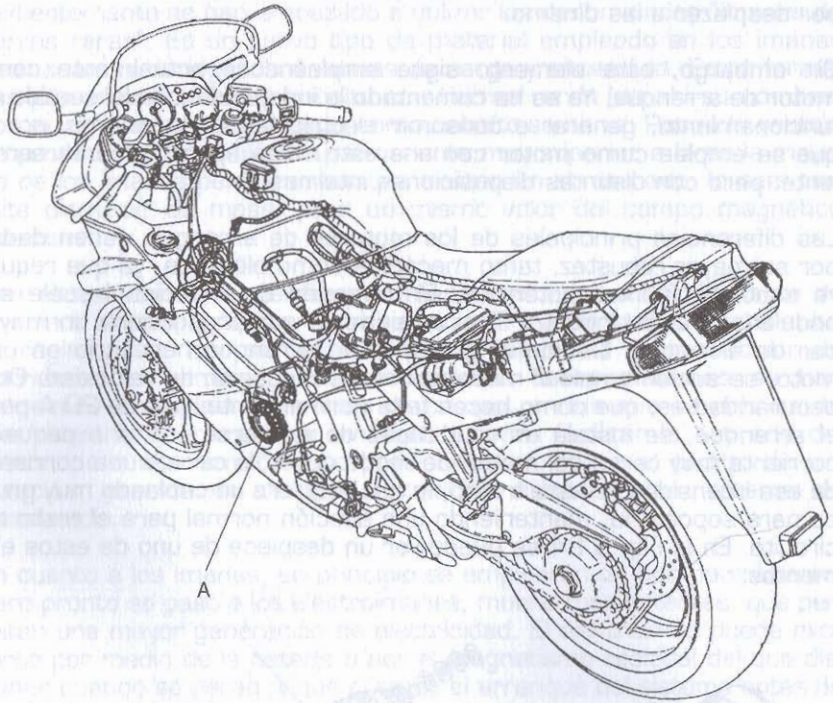
Las diferencias principales de los motores de arranque vienen dadas por su mayor robustez, tanto mecánica como eléctrica, ya que requiere soportar fuertes potencias. El devanado del inducido I suele ser ondulado, y el del inductor T es en serie, lo que proporciona un mayor par de arranque. Debido al gran par de arranque necesario en una moto, se suelen emplear mecanismos de reducción de velocidad. Otra peculiaridad es, que como hacen falta normalmente más de 20 A para el arranque, se instala un relé capaz de excitarse con una pequeña corriente muy cerca del motor, de modo que sólo circule una corriente de esa intensidad en este tramo, lo que requiere un cableado muy grueso para soportarlo, manteniendo una sección normal para el resto del circuito. En la Fig. 6.24 se puede ver un despiece de uno de estos elementos.



6.24. Los motores de arranque actuales son semejantes a las antiguas dinamos, aunque especializados en el consumo de energía eléctrica para provocar un movimiento rápido y potente.

2.3. Alternadores

Un alternador es una máquina que produce corriente alterna a partir de la energía mecánica que extrae del motor. Existen diversas variedades, cada una de las cuales se adapta mejor a una aplicación en concreto. En los ciclomotores y pequeñas motocicletas se suele usar el volante



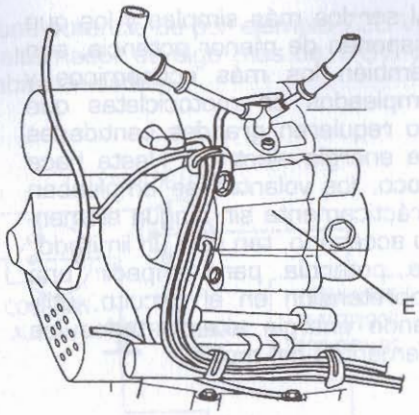
6.25. Los generadores alternos más pequeños se instalan en el interior del motor, coaxialmente con el cigüeñal.

magnético, que incorpora aparte del alternador en sí, otros dispositivos como el encendido. En las motocicletas medianas, y en aquellas donde la ligereza es determinante, se emplean alternadores propiamente dichos carentes de otros aditamentos y de rotores de imanes o de excitación exterior. Estos tipos A, como el de la Fig. 6.25 van colocados por lo general en el interior del motor. En motocicletas de gran cilindrada para uso turístico se utilizan conjuntos exteriores con refrigeración forzada similares a los empleados por los automóviles, como el mostrado en la Fig 6.26.

El funcionamiento teórico del alternador es muy similar al de la dinamo. La principal diferencia consiste en que en este caso no se rectifica la

electricidad generada, sino que se permite que cambie de dirección en cada vuelta de la espira respecto del imán.

Como en este caso es complicado que sean las espiras E las que giren, lo que se hace es obligar a que sea el imán I, tal y como muestra la Fig. 6.27, el que rote alrededor de la espira. En cada revolución del imán se produce una onda con un máximo M y un mínimo N, cuya forma se encuentra en la Fig. 6.28, que circula en las dos direcciones opuestas. La frecuencia F de la onda depende de la velocidad de rotación.

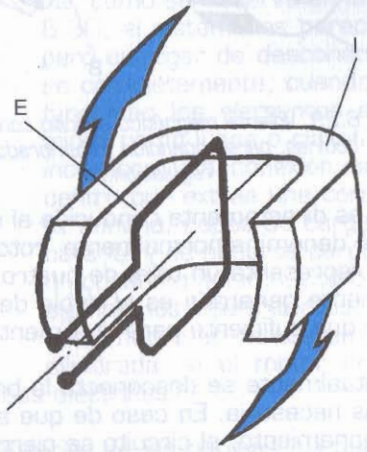


6.26. Los alternadores de mayor potencia se instalan en el exterior de los motores para reducir las dimensiones exteriores.

Como es lógico, en un alternador no se emplea únicamente una espira, sino que se multiplica el efecto aumentando su número. En este caso, al estar inmóvil se adapta una bobina, compuesta por un hilo arrollado sobre un núcleo. De igual manera se pueden multiplicar los campos magnéticos, aumentando el número de imanes o elevando la intensidad del campo magnético creado.

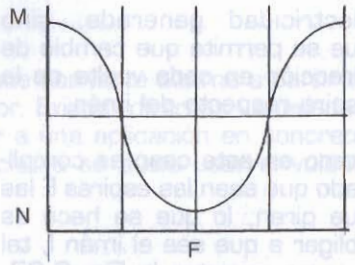
La distinción de los diferentes tipos de alternadores depende principalmente de tres factores: el número y tamaño de las bobinas que forman el estator, la manera de conectarlas al circuito, y la forma de crear el campo magnético. El método para rectificar la corriente alterna a continua y de regular su voltaje es diferente también en cada sistema.

Los alternadores más sencillos son los denominados "volantes magnéticos". Normalmente disponen de dos bobinas para la generación de electricidad, una para los elementos accesorios y otra para alimentar el sistema de encendido.

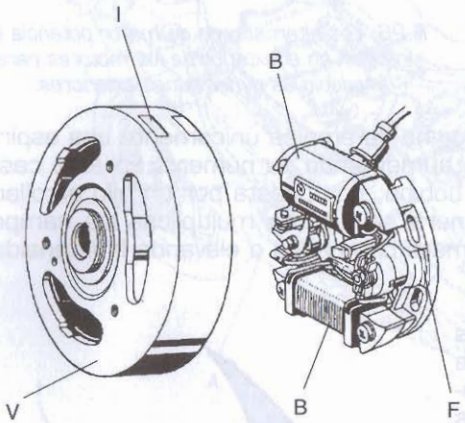


6.27. Los alternadores hacen girar los imanes en vez de las espiras conductoras con el fin de aumentar la sencillez del proceso.

Al ser los más simples y los que disponen de menor potencia, son también los más económicos y empleados en motocicletas que no requieren grandes cantidades de energía eléctrica. Hasta hace poco, los volantes se empleaban prácticamente sin ningún elemento accesorio, tan sólo un limitador de potencia para impedir una sobretensión en el circuito, utilizando energía alterna todos los elementos del motor.



6.28. La señal emitida por un alternador es de tipo alterno, con una variación constante de su voltaje.

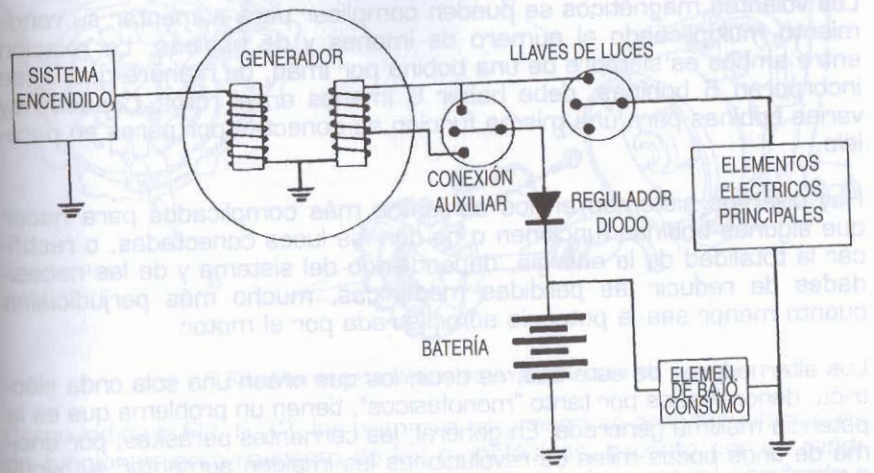


6.29. Volante magnético sencillo con dos bobinas, para encendido y alumbrado sin regulación.

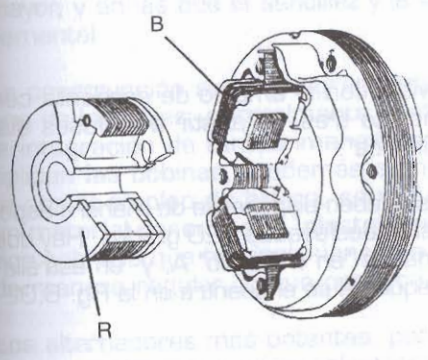
La estructura del volante es muy simple y se puede ver en la Fig 6.29. La bobina B se sujeta en una zona fija F del motor, y alrededor de ella se instala un volante V de aluminio en el que se han incrustado una serie de imanes I, de manera que sus polos se encuentran diametralmente opuestos entre sí, encontrándose a su vez la bobina dentro de su campo magnético. Al girar el volante, el campo magnético va cambiando de dirección constantemente respecto a la bobina, de manera que en ella se genera una corriente de tipo alterna, que es directamente conducida al sistema eléctrico de la moto. El volante se denomina normalmente "rotor" y suele disponer de dos imanes, lo que representa un total de cuatro polos. Por tanto, la frecuencia de la corriente generada es el doble de la del régimen del motor, lo que es más que suficiente para la alimentación de los distintos instrumentos.

Habitualmente se desconecta la bobina de generación eléctrica cuando no es necesaria. En caso de que algún elemento eléctrico se ponga en funcionamiento, el circuito se cierra también en la bobina, que produce electricidad. De esta manera, se reducen las pérdidas, ya que lógicamente, al convertir la energía mecánica en electricidad, se produce una resistencia al giro del rotor cuando se genera corriente, que es siempre un poco mayor de la potencia generada, dependiendo del, rendimiento

del sistema. Es decir, para generar una potencia de por ejemplo 736 W, es necesario contar con una en el alternador de algo más de 1 CV, ya que esa es la equivalencia entre ambas unidades.



6.30. Esquema de un volante magnético que alimenta a una batería, característico de modelos de baja cilindrada.



6.31. Volante magnético de rotor interior.

Si el volante alimenta una batería, como se observa en la Fig 6.30, el sistema es parecido, pero en lugar de desconectarse completamente, cuando no funcionan los elementos eléctricos como luces o claxon, se incorpora una conexión en el centro que extrae una corriente mínima, capaz de cargar la batería, y de hacerse cargo de un consumo mínimo, como por ejemplo los intermitentes. Por este motivo en motos de baja cilindrada, si el motor no se arranca no funcionan algunos elementos eléctricos.

El rotor normalmente se sitúa en el exterior de las bobinas, ya que de esta manera actúa además como volante de inercia del motor. Sin embargo, en determinados elementos puede ser aconsejable reducir la inercia para ganar potencia, y entonces el rotor R se encuentra en el interior, y las bobinas B en el exterior, como muestra la Fig. 6.31.

Las vueltas de las bobinas se calculan para que se consiga un voltaje determinado, que actualmente es de 12 V en la práctica totalidad de las motocicletas, habiendo quedado olvidados los sistemas de 6V.

Los volantes magnéticos se pueden complicar para aumentar su rendimiento multiplicando el número de imanes y de bobinas. La relación entre ambos es siempre de una bobina por imán, de manera que, si se incorporan 6 bobinas, debe haber 6 imanes en el rotor. Cuando hay varias bobinas para una misma función se conectan por pares en paralelo.

Hay diversos sistemas en los conjuntos más complicados para hacer que algunas bobinas funcionen o no con las luces conectadas, o rectificar la totalidad de la energía, dependiendo del sistema y de las necesidades de reducir las pérdidas mecánicas, mucho más perjudiciales cuanto menor sea la potencia suministrada por el motor.

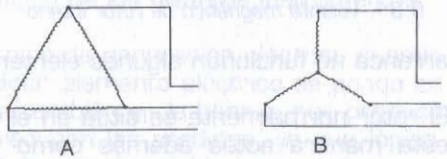
Los alternadores de este tipo, es decir, los que crean una sola onda eléctrica, denominados por tanto "monofásicos", tienen un problema que es la potencia máxima generada. En general, las corrientes parásitas, por encima de unos pocos miles de revoluciones les impiden aumentar su rendimiento, lo cual trae consigo una paralización del aumento de energía generada, lo que fue en su momento un inconveniente para su instalación en motocicletas con altas necesidades de consumo eléctrico.

2.4. Alternadores trifásicos

El problema anterior se consigue evitar con el empleo de corriente con varias ondas superpuestas, en concreto tres. Al existir tres fases distintas, la corriente se denomina "trifásica".

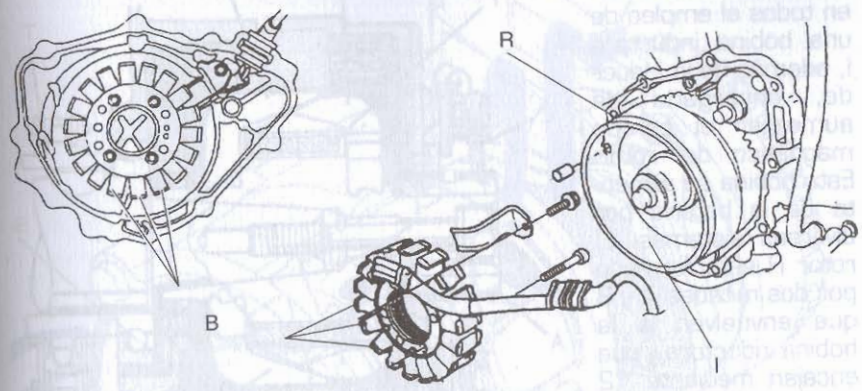
Para conseguir este efecto, las bobinas deben disponerse de manera especial, para que las ondas generadas estén desfasadas 120 grados. Hay dos disposiciones características denominadas "en triángulo" A, y "en estrella" B, que disponen de tres salidas. Su esquema se encuentra en la Fig. 6.32.

El funcionamiento teórico de estos alternadores es similar al de los monofásicos, con la salvedad de que la onda tiene esta particularidad, lo que aumenta de manera importante el voltaje medio generado.



6.32. Tipos de instalación de las bobinas de los alternadores trifásicos.

En este tipo de alternadores se pueden distinguir dos variedades: los alternadores que disponen de un rotor en el que se incluyen imanes permanentes y los que emplean electroimanes.



6.33. Alternador trifásico de múltiples bobinas.

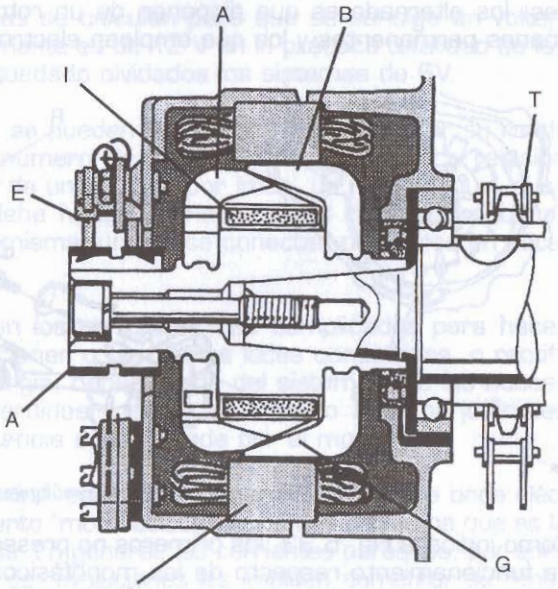
Como indica la Fig. 6.33, los primeros no presentan grandes diferencias de funcionamiento respecto de los monofásicos, excepto por un rendimiento mayor que les permite equipar modelos de mayor cilindrada y necesidades de potencia. De todos modos su tamaño está limitado, y no suelen disponer de una potencia de más de 500 W. Son los más empleados en motocicletas deportivas, que no requieren de una generación mayor, y en las que la sencillez y la ligereza de estos elementos es fundamental.

La construcción suele integrar varias bobinas B, conectadas en cada una de las fases, normalmente hasta seis y un rotor exterior R. Como la integración de tantos imanes puede resultar complicada si se multiplican las bobinas, y además aumenta el peso de manera importante por el empleo de hierro, se recubre la parte interior I del rotor de un material denominado "plastoferrita", que consiste en una base plástica sobre la que hay inclusiones de un material magnético distribuidas de manera regular, lo que produce los mismos efectos que un imán.

Los alternadores más potentes, pero también más pesados y complicados, son los que equipan electroimanes regulables. En este caso, la potencia de salida puede regularse no sólo por el régimen de giro, sino también por la intensidad del campo magnético inductor.

En la Fig. 6.34 se puede ver que, al igual que el campo magnético crea una corriente, una corriente crea un campo magnético, por lo que si se emplea una bobina alrededor de un inducido de hierro, éste eleva de manera considerable el valor del campo magnético, lo que trae como consecuencia un aumento de la corriente generada.

En este grupo también se pueden distinguir varios tipos. Es común en todos el empleo de una bobina inductora I, además de la inducida, encargada de aumentar el campo magnético del rotor. Esta bobina se alimenta de la batería por diversos sistemas. El rotor R está formado por dos mitades A y B que envuelven a la bobina inductora y que encajan mediante 12 garras G que forman los polos. Si el rotor no dispone de ningún tipo de magnetismo residual cuando la bobina de excitación no funciona, para que comience a generar corriente es necesario alimentar previamente ésta. Si por el contrario dispone de algo se denomina "autoexcitado".



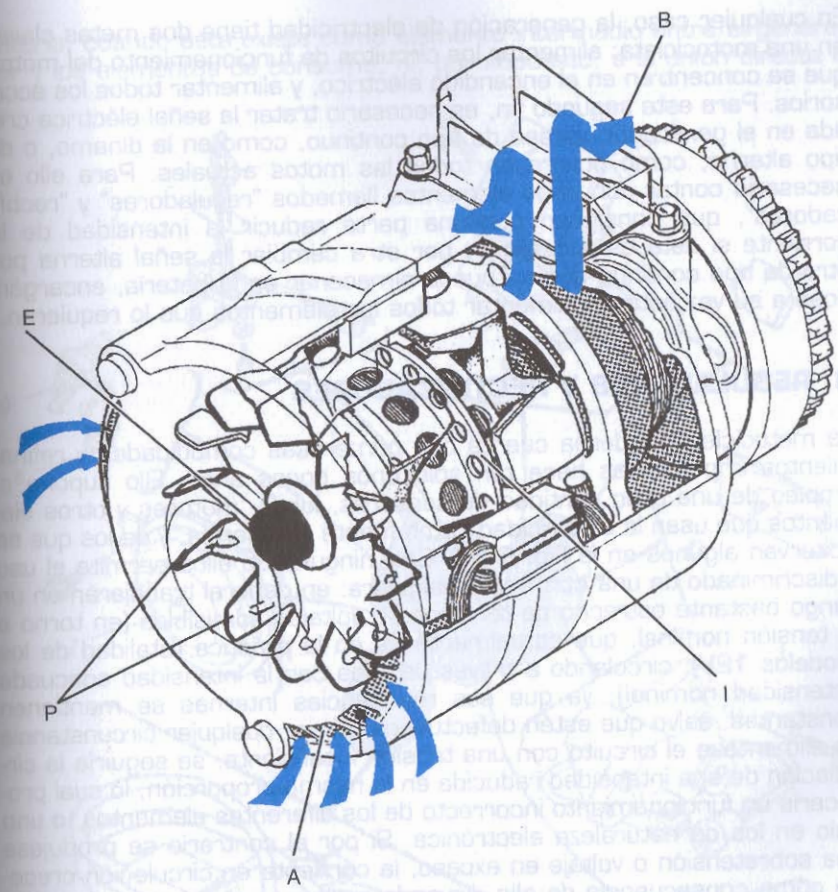
6.34. Alternador exterior de electroimán regulable excitable.

Para alimentar la bobina se dispone de un anillo colector A y unas escobillas E, de manera análoga a las dinamos, pero con la particularidad de que en este caso, la corriente necesaria es pequeña, lo que reduce el desgaste, y además el colector no tiene separaciones entre las delgas, por lo que también se reduce el desgaste. La transmisión del movimiento desde el motor se puede producir por medio de una cadena de eslabones T, o de otro medio de características similares.

Hay' elementos que no requieren de estos elementos, denominados en este caso de "inductor polar". En este tipo la bobina de excitación está sujeta al rotor y éste gira fuera de ella y dentro de las del estator.

La ventaja de este tipo de generador es que permite regular la generación de corriente desde el momento de su creación. Cuando hace falta más se aumenta la corriente de excitación, mientras que cuando no es necesaria se reduce.

La mayor potencia y el mayor volumen de este tipo de generadores hace muy difícil su instalación en un extremo del cigüeñal, como ocurre con los



6.35. Sistema de refrigeración de un alternador de imán regulable.

tipos anteriores, por lo que lo más habitual es situarlos tras los cilindros, de manera que la anchura del propulsor no aumente mucho. En motos antiguas sin embargo, aún pueden verse algunos de este tipo en esta situación.

La transmisión de movimiento se realiza por medio de una cadena o de una correa, siendo más extraño el empleo de engranajes.

Como su calentamiento es bastante elevado, es prácticamente generalizado la integración de algún sistema de refrigeración como el de la Fig. 6.35, que normalmente está formado por una serie de paletas P que forman un ventilador que se sujetan al eje E del rotor en el punto de entrada de la transmisión de movimiento, y que generan una corriente de aire de A hasta B que se introduce en el interior I del generador.

En cualquier caso, la generación de electricidad tiene dos metas claras en una motocicleta: alimentar los circuitos de funcionamiento del motor, que se concentran en el encendido eléctrico, y alimentar todos los accesorios. Para este segundo fin, es necesario tratar la señal eléctrica creada en el generador, ya sea de tipo continuo, como en la dinamo, o de tipo alterno, como ocurre en todas las motos actuales. Para ello es necesario contar con unos elementos llamados "reguladores" y "rectificadores", que consiguen por una parte reducir la intensidad de la corriente si ésta es excesiva, y por otra cambiar la señal alterna por otra de tipo continuo que se pueda almacenar en la batería, encargándose a su vez ésta de alimentar todos los elementos que lo requieran.

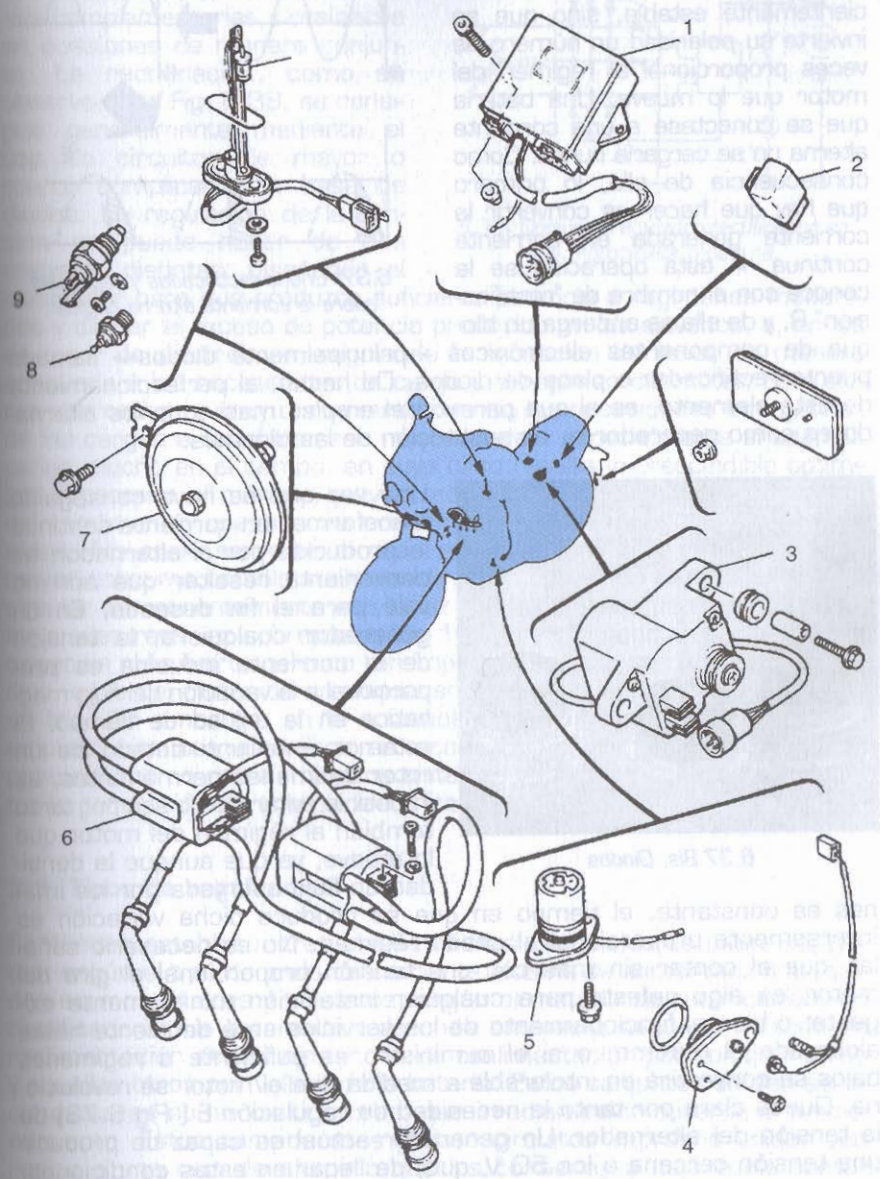
3. REGULADORES Y RECTIFICADORES

La motocicleta moderna cuenta con numerosas comodidades y refinamientos impensables hace tan sólo unos pocos años. Ello supone el empleo de una gran cantidad de sensores, luces, motores y otros elementos que usan la electricidad como fuente de energía, y de los que se observan algunos en la Fig. 6.36. Casi ninguno de ellos permite el uso indiscriminado de una corriente cualquiera: en general trabajarán en un rango bastante estrecho de tensiones o voltajes admisibles (en torno a la tensión nominal, que actualmente es en la práctica totalidad de los modelos 12V), circulando a través de ellos con la intensidad adecuada (intensidad nominal), ya que sus resistencias internas se mantienen constantes, salvo que estén defectuosos. Si por cualquier circunstancia se alimentase el circuito con una tensión insuficiente, se seguiría la circulación de una intensidad reducida en la misma proporción, lo cual provocaría un funcionamiento incorrecto de los diferentes elementos, o uno nulo en los de naturaleza electrónica. Si por el contrario se produjese una sobretensión o voltaje en exceso, la corriente en circulación crecería como consecuencia de ello, llevando a algunos elementos a un funcionamiento forzado, y a los más delicados a su destrucción.

Este problema podría evitarse aparentemente usando una fuente de tensión estable como es una batería de acumuladores, pero en realidad esto no constituye una solución, pues dicha batería necesitará de recargas periódicas para no agotarse en poco tiempo. No queda por tanto más remedio que acudir a un sistema de carga propio de la moto, como es un generador. En la práctica, se suele utilizar un conjunto formado por éste y una batería, salvo en aquellos casos como el de los ciclomotores más sencillos en los que se prescinde de esta última.

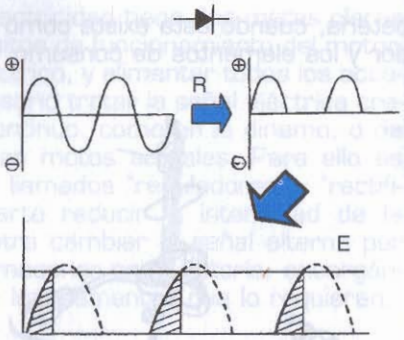
Como ya se ha explicado, la máquina eléctrica más eficiente en la producción de energía es el alternador, ya sea monofásico o trifásico; por ello es el usado en la motocicleta moderna. Pero resulta que la corriente que produce no se adapta adecuadamente a la conexión directa a una

batería, cuando ésta existe como elemento intermedio entre el generador y los elementos de consumo, ni, por supuesto, a la unión directa a

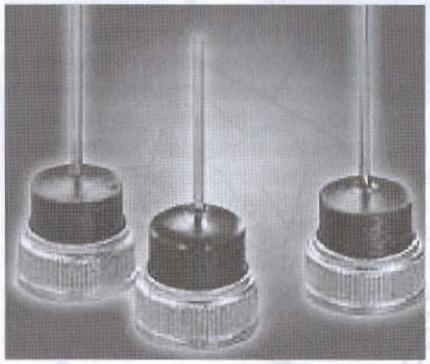


6.36. Algunos elementos de la motocicleta que requieren corriente continua.

estos últimos cuando no la hay. En principio, la tensión que proporciona, no es que no tenga un valor suficientemente estable, sino que se invierte su polaridad un número de veces proporcional al régimen del motor que lo mueve. Una batería que se conectase a una corriente alterna no se cargaría nunca. Como consecuencia de ello, lo primero que hay que hacer es convertir la corriente generada en corriente continua. A esta operación se la conoce con el nombre de "rectificación" R, y de ella se encarga un bloque de componentes electrónicos —principalmente diodos— llamado puente rectificador o placa de diodos. De hecho, el perfeccionamiento de este elemento, es el que permitió el empleo masivo de los alternadores como generadores, en sustitución de las dinamos.

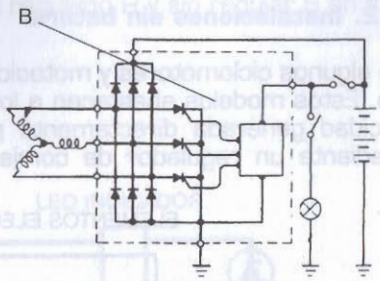


6.37. Ondas rectificadas y reguladas sobre la corriente alterna original.


6.37 Bis. Diodos

Una vez que se haya conseguido transformar en corriente continua la producida por el alternador, es conveniente resaltar que aún no vale para el fin deseado. En un generador cualquiera, la tensión de la corriente inducida es proporcional a la variación del flujo magnético en la unidad de tiempo. Si estamos ante uno dotado de un rotor de imanes permanentes, es imposible evitar que lo sea por tanto también al régimen del motor que lo mueve, ya que aunque la densidad de flujo aportada por los imanes es constante, el tiempo en que se produce dicha variación es inversamente proporcional al citado régimen. No es necesario señalar, que el contar sin más con una tensión proporcional al giro del motor, es algo nefasto para cualquier instalación mínimamente exigente: o bien el funcionamiento de los servicios será deficiente hasta alcanzado el máximo, o si el suministro es suficiente a regímenes bajos se convertirá en intolerable a medida que el motor se revoluciona. Queda clara por tanto la necesidad de regulación E (Fig.6.73) de la tensión del alternador. Un generador actual es capaz de producir una tensión cercana a los 50 V, que, de llegar en estas condiciones, provocaría que los elementos eléctricos se fundieran y el agua de la batería hirviese.

En la práctica se suelen reunir rectificador y regulador en un solo bloque B, por ser sus funciones complementarias y realizarse en ocasiones de manera conjunta. La rectificación, como se observa en la Fig. 6.38, se consigue generalmente mediante el uso de circuitos de mayor o menor complicación a base de diodos. La regulación de la tensión se puede hacer de dos maneras distintas: diseñando el alternador para que produzca suficiente potencia a regímenes moderados y disipar el exceso de potencia producido en los elevados, o, en los de rotor de electroimán, regulando la excitación de éstos de manera adecuada a las necesidades de carga y al régimen del motor. Esta última alternativa es muy conveniente cuando las necesidades energéticas de las cargas a satisfacer son muy elevadas, especialmente si además varían mucho en el tiempo, en cuyo caso resulta imprescindible optimizar el proceso al máximo, y evitar con ello la disminución escandalosa del rendimiento que supone cortocircuitar con frecuencia la salida a masa. No suele ser este el caso en las motos modernas, donde el mayor consumo estable suele residir en la obligación muy extendida de circular permanentemente con la luz de cruce y sus accesorias, todas las cuales rara vez sobrepasan los 100 W de potencia consumida. La exigencia más fuerte pero no tan importante, dado su carácter esporádico, es la del motor de arranque, sobre todo cuando éste se produce en frío. Sin embargo, en la actualidad muchos modelos comienzan a emplear circuitos eléctricos en accesorios que requieren un cierto potencial, como por ejemplo los sistemas ABS, lo que obliga a aumentar la generación de energía eléctrica.



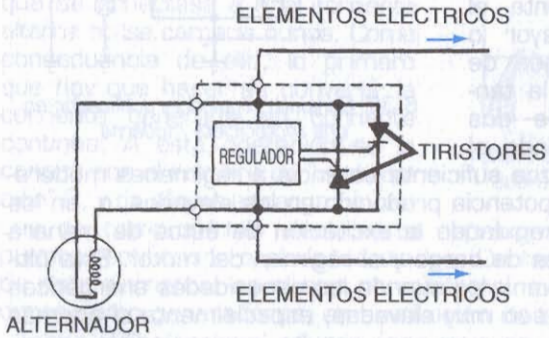
6.38. Conjunto regulador-rectificador en una motocicleta moderna.

3.1. Tipos de reguladores

Se pueden establecer tres clasificaciones esenciales de estos conjuntos: según el tipo de onda de corriente alterna de alimentación se dividen en monofásicos y trifásicos; según el método de rectificación, en rectificadores de semionda y de onda entera, y, según el método de realimentación del voltaje, en los de realimentación por voltaje interno y aquellos otros por voltaje de la batería. Estos conjuntos utilizan semiconductores como los tiristores, que irradian calor durante el funcionamiento. Estos componentes utilizan circuitos impresos unidos con resina a una caja de aluminio que los contiene; la caja suele contar con numerosas aletas de refrigeración para mejorar la evacuación del calor citado.

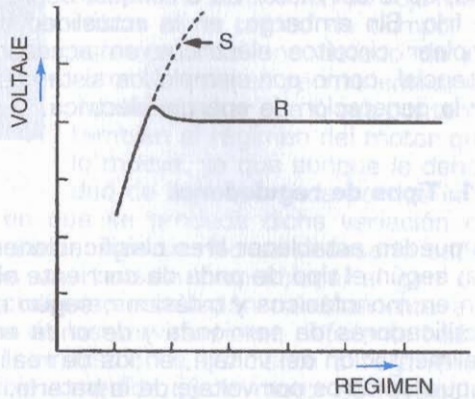
3.2. Instalaciones sin batería

En algunos ciclomotores y motocicletas muy sencillas se carece de batería. Estos modelos abastecen a los componentes eléctricos con la electricidad generada directamente por el alternador, que se suministra mediante un regulador de corriente alterna. Para alimentar aquellos elementos que usen transistores que necesitan corriente continua, se utiliza un pequeño rectificador o unidad de corriente continua. El esquema de la instalación se ve en la Fig. 6.39, donde se aprecia también el alternador monofásico que se suele utilizar.

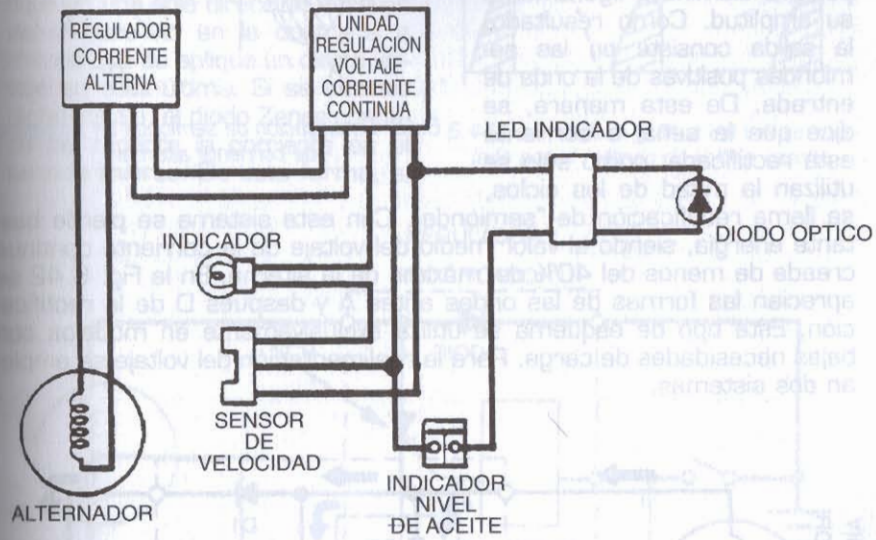


6.39. Regulador sencillo en una motocicleta de baja cilindrada.

Para conseguir una corriente estable sin el uso de una batería, se utiliza como ya se comentó un alternador de gran potencia de salida, que proporciona suficiente corriente a bajas revoluciones del motor. Si éste continuase suministrando directamente a los circuitos al elevarse el régimen, su exceso podría fundir las bombillas. En realidad, la corriente generada por el alternador fluye directamente hacia las cargas a voltajes menores que el valor de regulación; al acelerarse el motor, el regulador lo detecta y dirige la corriente al tiristor que cortocircuita la salida del alternador a masa. Como ya se comentó, el tiristor sólo conduce en el sentido del conductor si se le aplica una tensión a la puerta. Los sistemas miden la tensión con un chip, y cuando este voltaje llega a un cierto nivel, cortan la corriente al terminal de puerta del tiristor, de manera que el generador queda aislado. El chip puede ser sustituido por un diodo zéner. En la Fig. 6.40 se puede apreciar el comportamiento de los voltajes regulado R y sin regular S en función del régimen.



6.40. Gráfica del voltaje regulado y sin regular de un alternador.



6.41. Unidad de corriente continua en una motocicleta equipada con un alternador monofásico.

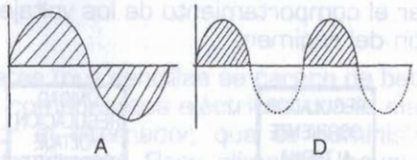
Aunque la mayoría de los componentes eléctricos funcionan en estos casos con corriente alterna, hay sistemas como el de vigilancia del aceite del motor que necesitan corriente continua para sus transistores y componentes LED. Por tanto, en estos casos se emplea una ligera unidad de continua para tal fin. La Fig. 6.41 muestra la disposición relativa de los elementos de un circuito de este último tipo. No obstante, existen sistemas y componentes utilizados específicamente para corriente alterna: es el caso de las luces de intermitencia alternantes (aquellas en que la bombilla delantera y la trasera funcionan alternativamente), y las bocinas de alterna diseñadas específicamente para motocicletas sin batería.

3.3. Instalaciones con batería

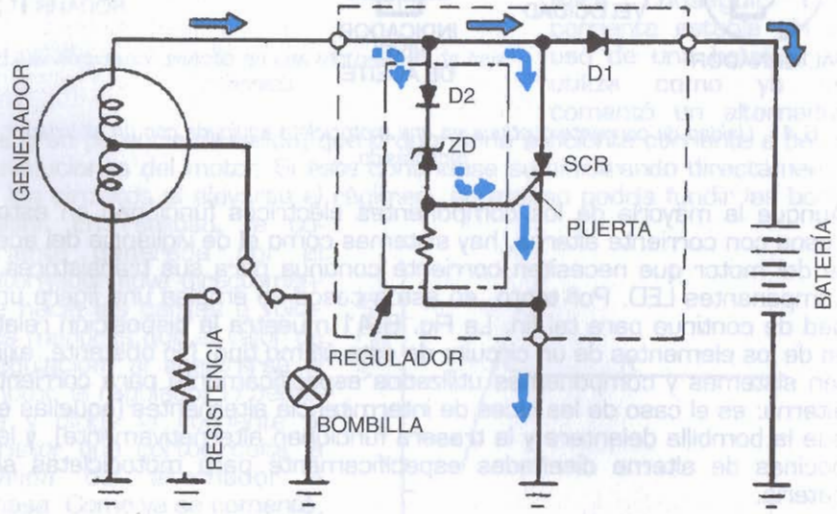
• *Rectificadores monofásicos de semionda*

Se emplea en este caso el método de rectificación de diodo simple. Consiste en el uso de un único diodo para transformar la corriente alterna en continua. El diodo permite el paso en una sola dirección. Por tanto, cuando una onda monofásica de corriente alterna pasa por el

diodo, la parte negativa de la onda es eliminada y la parte positiva disminuye ligeramente su amplitud. Como resultado, la salida consiste en las semiondas positivas de la onda de entrada. De esta manera, se dice que la señal o corriente está rectificada; como sólo se utilizan la mitad de los ciclos, se llama rectificación de "semionda". Con este sistema se pierde bastante energía, siendo el valor medio del voltaje de la corriente continua creada de menos del 40% del máximo de la alterna. En la Fig. 6.42 se aprecian las formas de las ondas antes A y después D de la rectificación. Este tipo de esquema se utiliza exclusivamente en modelos con bajas necesidades de carga. Para la realimentación del voltaje se emplean dos sistemas.



6.42. Rectificación de semionda en un equipo de corriente alterna.

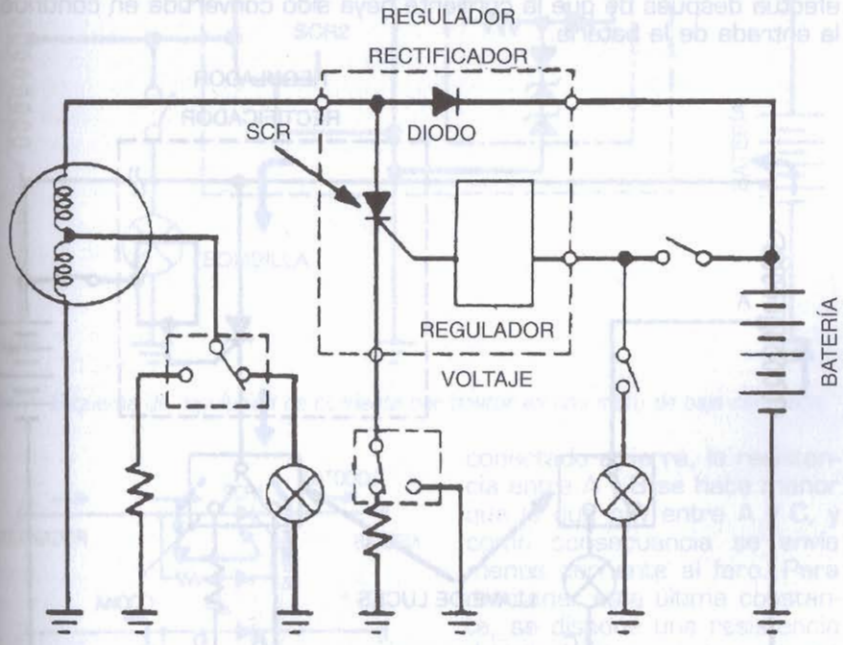


6.43. Esquema de un equipo de regulación por el método de voltaje interno.

Por un lado, está el método de regulación por voltaje interno, cuya forma más sencilla se muestra en la Fig. 6.43; la señal procedente de la bobina de carga se rectifica en forma de semionda por medio del diodo DI, que se encuentra en el interior del circuito del regulador-rectificador, y es luego mandado a la batería. El voltaje lo controla el circuito de regulación y el SCR o tiristor. Al aumentar el régimen del motor, la salida del alternador se incrementa y esta señal es rectificada por el diodo D2.

Luego esta señal o corriente pasa al ZD o diodo Zener. La corriente fluye en una sola dirección a través de él pero no en la contraria a menos que se aplique un cierto voltaje en esta última. Si se alcanza dicho voltaje, el diodo Zener conduce de repente la corriente en el sentido inverso. De esta forma, si

6.44. Forma de la gráfica del voltaje regulado por el método de voltaje interno.



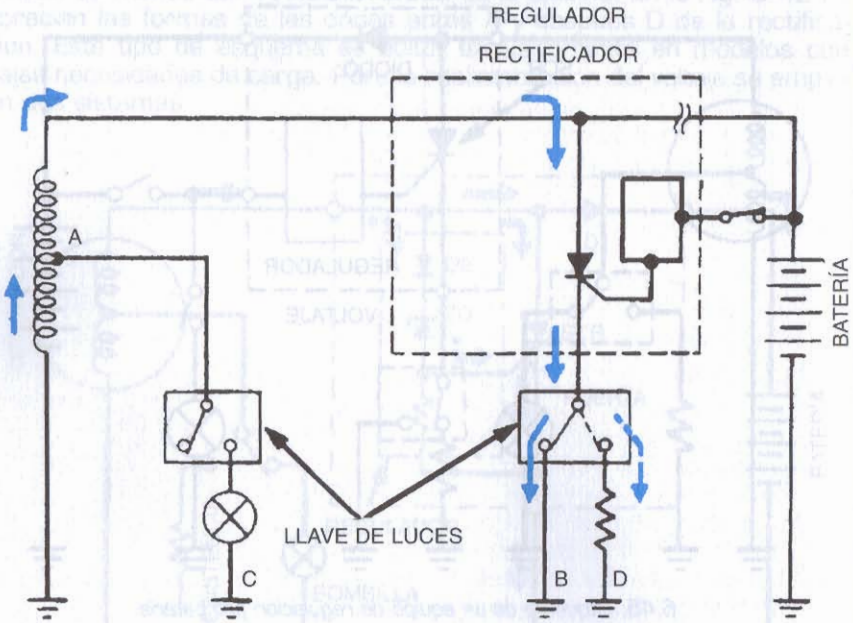
6.45. Esquema de un equipo de regulación por batería.

aumentan las revoluciones del motor y se aplica un cierto voltaje al ZD, se alimenta la puerta del SCR o tiristor, que queda conectado. Cuando esto sucede, la salida del alternador queda cortocircuitada a masa a través del SCR. Por esta razón, si los cables de masa del regulador-rectificador están rotos o deficientemente conectados, la batería pasa a estar sobrecargada.

En la Fig. 6.44 se advierte la forma de la onda del voltaje una vez regulado. Para aquellos alternadores en que se combinan los circuitos de carga y alumbrado en una sola bobina, el sistema de alumbrado influye en las condiciones de carga de la batería. Dado que la alimentación del

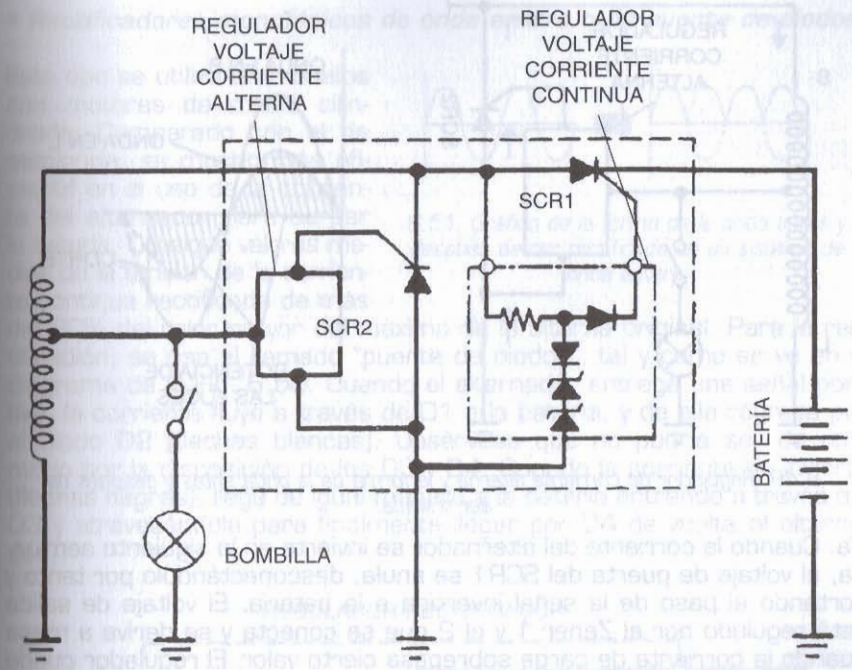
sistema de alumbrado se torna de la bobina de carga, si la carga de la de alumbrado no es estable, se torna igualmente inestable la carga de la batería. Para evitar esto, cuando se desconecta el faro delantero, la salida de la bobina de carga se conecta a una resistencia de valor equivalente a la impedancia de las luces principales. Por tanto, si se rompen los cables del faro, o si el interruptor tiene fallos de contacto, también el sistema de carga resultará perjudicado.

Por otro lado existe el método de regulación por batería. Es similar al mencionado anteriormente, excepto en que la regulación del voltaje se efectúa después de que la corriente haya sido convertida en continua a la entrada de la batería.

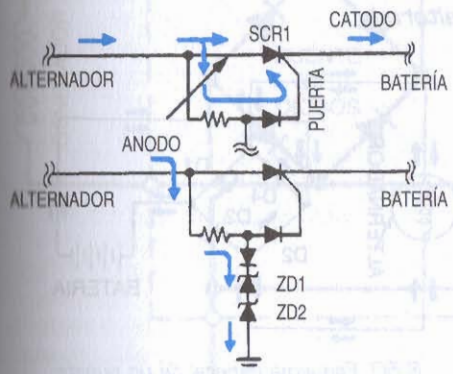


6.46. Esquema de funcionamiento de un circuito eléctrico regulado por el método de batería.

Dado que este método realiza la regulación tras la rectificación, su carga se controla de manera más precisa. El esquema fundamental se aprecia en la Fig. 6.45. Para regular la corriente que va al faro principal, existe a veces una resistencia conectada al cable de masa del regulador a través de un interruptor. Como la bobina de carga alimenta también las luces, la luz delantera parpadea y se debilita cuando la salida de la bobina de carga es cortocircuitada a masa a través del tiristor o SCR. Esto sucede porque cuando el cable de masa del rectificador está



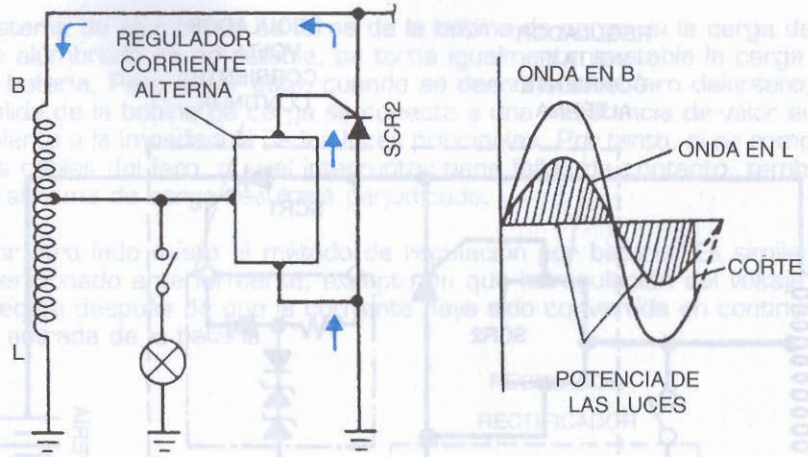
6.47. Esquema de regulación de corriente por tiristor en una moto de baja cilindrada.



6.48. Esquema básico de un sistema de regulación por tiristores.

conectado a tierra, la resistencia entre A y B se hace menor que la que hay entre A y C, y como consecuencia se envía menos corriente al faro. Para mantener esta última constante, se dispone una resistencia de valor mayor que la existente entre A y C tal y como se ve en la Fig. 6.46, entre A y D.

Se utiliza la regulación por tiristor en modelos de pequeña cilindrada. A diferencia del anterior, el SCR o tiristor se emplea como interruptor y el ZD diodo Zener para la regulación del voltaje. Las Figs. 6.47 y 6.48 muestran los esquemas básicos de este sistema. La salida del alternador va a la puerta del SCR1 a través del regulador de continua. Cuando el voltaje en el cátodo de éste es menor que el voltaje en su puerta, se conecta y entonces conduce la corriente a la bate-

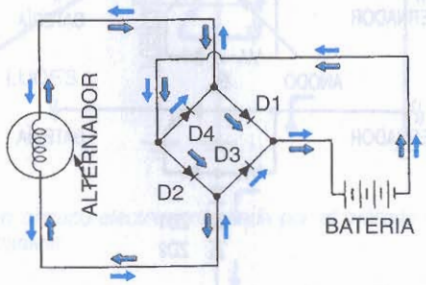


6.49. Regulador de corriente alterna y la forma de la onda antes y después de ser tratada.

ría. Cuando la corriente del alternador se invierte en la siguiente semionda, el voltaje de puerta del SCR1 se anula, desconectándolo por tanto y cortando el paso de la señal invertida a la batería. El voltaje de salida está regulado por el Zener 1 y el 2 que se conecta y se deriva a masa cuando la corriente de carga sobrepasa cierto valor. El regulador puede sobrecargar la batería si las conexiones de los terminales son defectuosas.

• *Regulador simple de corriente alterna*

El regulador de corriente alterna controla el voltaje de la luz principal. En la Fig. 6.49 se aprecia el esquema del circuito y las formas de las ondas antes y después de la regulación. Cuando la semionda negativa de la bobina de carga alcanza cierto valor, el regulador manda corriente a la puerta del SCR2, y lo conecta. Se crea una corriente negativa que regula por tanto la salida. Como las semiondas negativas de la bobina de carga no se utilizan para cargar la batería, el regulador que se comenta tampoco lo hace. De cualquier forma, como cuando la salida negativa de la bobina se elimina sucede lo mismo con el voltaje del faro, resulta que en consecuencia el regulador controla la alimentación de éste.

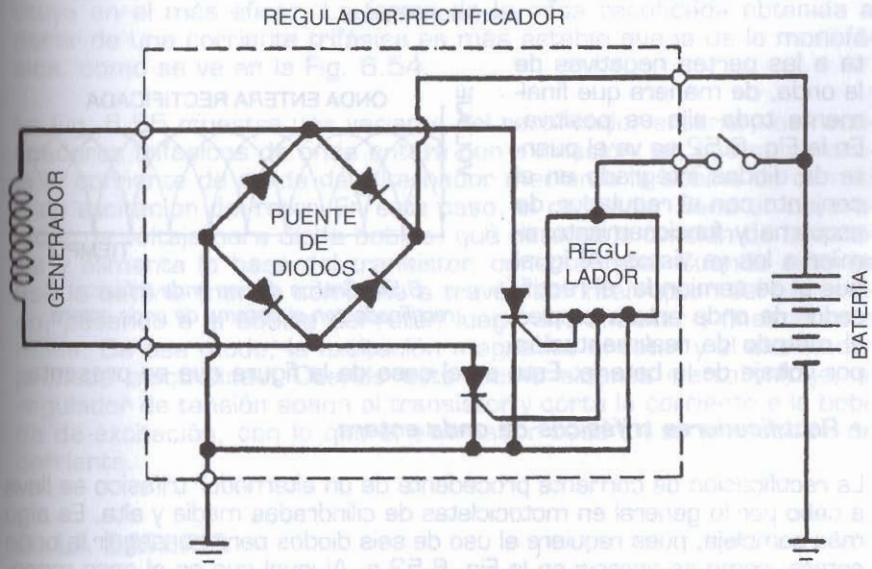


6.50. Esquema general de un puente de diodos en un equipo de corriente alterna trifásica.

• *Rectificadores monofásicos de onda entera o de puente de diodos*

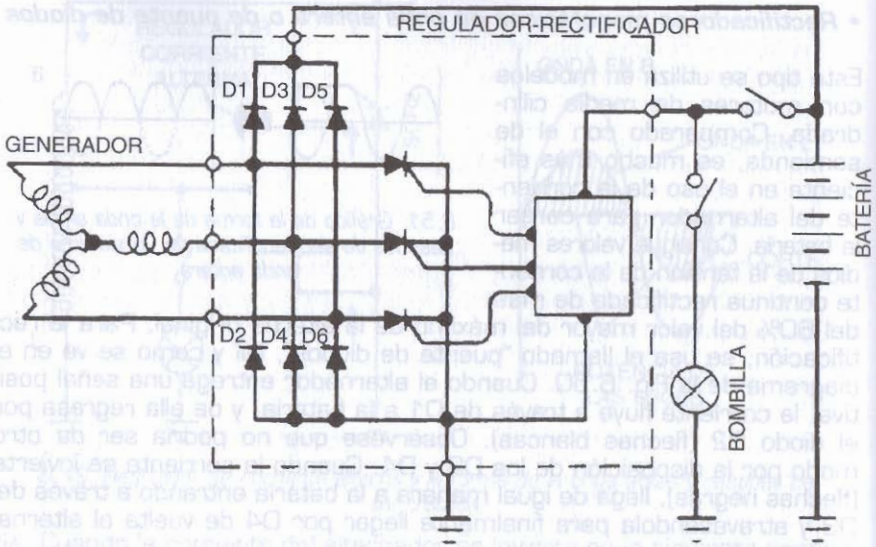
Este tipo se utiliza en modelos con motores de media cilindrada. Comparado con el de semionda, es mucho más eficiente en el uso de la corriente del alternador para cargar la batería. Consigue valores medios de la tensión de la corriente continua rectificada de más del 60% del valor mayor del máximo de la alterna original. Para la rectificación, se usa el llamado "puente de diodos", tal y como se ve en el diagrama de la Fig. 6.50. Cuando el alternador entrega una señal positiva, la corriente fluye a través de D1 a la batería, y de ella regresa por el diodo D2 (flechas blancas). Obsérvese que no podría ser de otro modo por la disposición de los D3 y D4. Cuando la corriente se invierte (flechas negras), llega de igual manera a la batería entrando a través del D3 y atravesándola para finalmente llegar por D4 de vuelta al alternador.

6.51. Gráfico de la forma de la onda antes y después de ser rectificada en un sistema de onda entera.



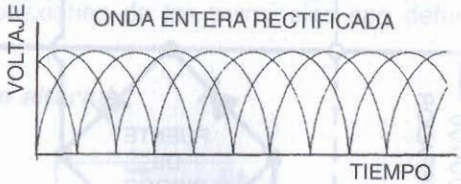
6.52. Puente de diodos integrado en el conjunto rectificador-regulador.

Las formas de las ondas antes y después de la rectificación se pueden observar en la Fig. 6.51, donde se aprecia cómo se le ha dado la vuel-



6.53. Esquema de unregulador de corriente con diodos en un sistema de corriente trifásica.

ta a las partes negativas de la onda, de manera que finalmente toda ella es positiva. En la Fig. 6.52 se ve el puente de diodos integrado en el conjunto con el regulador, de esquema y funcionamiento similar a los ya vistos. Al igual que el de semionda, el rectificador de onda entera emplea el método de realimentación por voltaje de la batería. Este es el caso de la figura que se presenta.

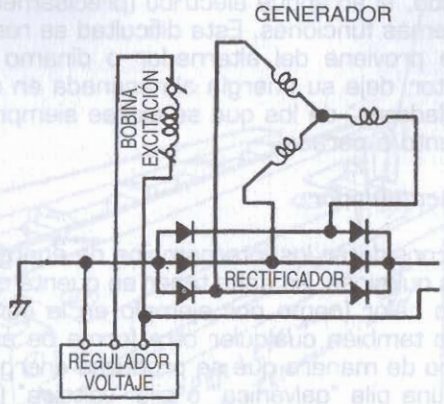


6.54. Gráfico de una onda trifásica rectificada con el sistema de onda entera.

• ***Rectificadores trifásicos de onda entera***

La rectificación de corriente procedente de un alternador trifásico se lleva a cabo por lo general en motocicletas de cilindradas media y alta. Es algo más compleja, pues requiere el uso de seis diodos para conseguir la onda entera, como se aprecia en la Fig. 6.53.a. Al igual que en el caso monofásico, cada uno de los conductores de salida cuenta con su propio par de diodos, que a su vez va conectado en serie con la entrada procedente del alternador. Para mayor comodidad, las entradas y salidas de cada pareja de diodos (positivo y negativo) van conectadas entre sí.

Cuando la corriente fluye a través del diodo D1, pasa por la batería y va a masa, y luego desde allí circula por los diodos D4 y D6. Al invertirse, circula por fuera a través del D3, después por la batería y finalmente a masa, para volver por el D2. Todas las fases se comportan igual, así que las salidas de los tres conductores van a la batería de idéntico modo y regresan al alternador a través del rectificador. Este sistema regula la tensión tras su rectificación de modo similar a las anteriores.



6.55. Esquema de un rectificador trifásico de onda entera con excitación.

Su rendimiento es muy bueno, pues el voltaje medio de continua es del orden del 115% del voltaje máximo de cada fase, lo cual le constituye en el más eficaz. La forma de la onda rectificada obtenida a partir de una corriente trifásica es más estable que la de la monofásica, como se ve en la Fig. 6.54.

La Fig. 6.55 muestra una variante del rectificador anterior, los rectificadores trifásicos de onda entera con excitación, en que se controla la corriente de salida del alternador mediante la bobina de campo o de excitación del rotor. En este caso, el regulador tiene un controlador de voltaje para dicha bobina, que detecta la tensión de la batería y alimenta la base del transistor, conectándolo. Cuando esto es así, la batería manda corriente a través del interruptor del encendido, pasando a la bobina del rotor, luego al transistor y finalmente a masa. De ese modo, la excitación magnetiza el rotor y el alternador produce electricidad. Cuando este último alcanza cierto voltaje, el regulador de tensión apaga el transistor y corta la corriente a la bobina de excitación, con lo que el alternador cesa en su producción de corriente.

4. LA BATERÍA

4.1. Introducción

La corriente eléctrica procedente del generador se produce cuando éste gira arrastrado por el motor de la motocicleta, de modo que si está parado no se genera ninguna, y no podrían hacerse funcionar el alum-

brado, el arranque eléctrico (precisamente necesario en ese momento) y demás funciones. Esta dificultad se resuelve haciendo que la corriente que proviene del alternador o dinamo durante el funcionamiento del motor, deje su energía almacenada en unos recipientes llamados "acumuladores" de los que se extrae siempre, ya esté la moto en funcionamiento o parada.

• ***Acumulador***

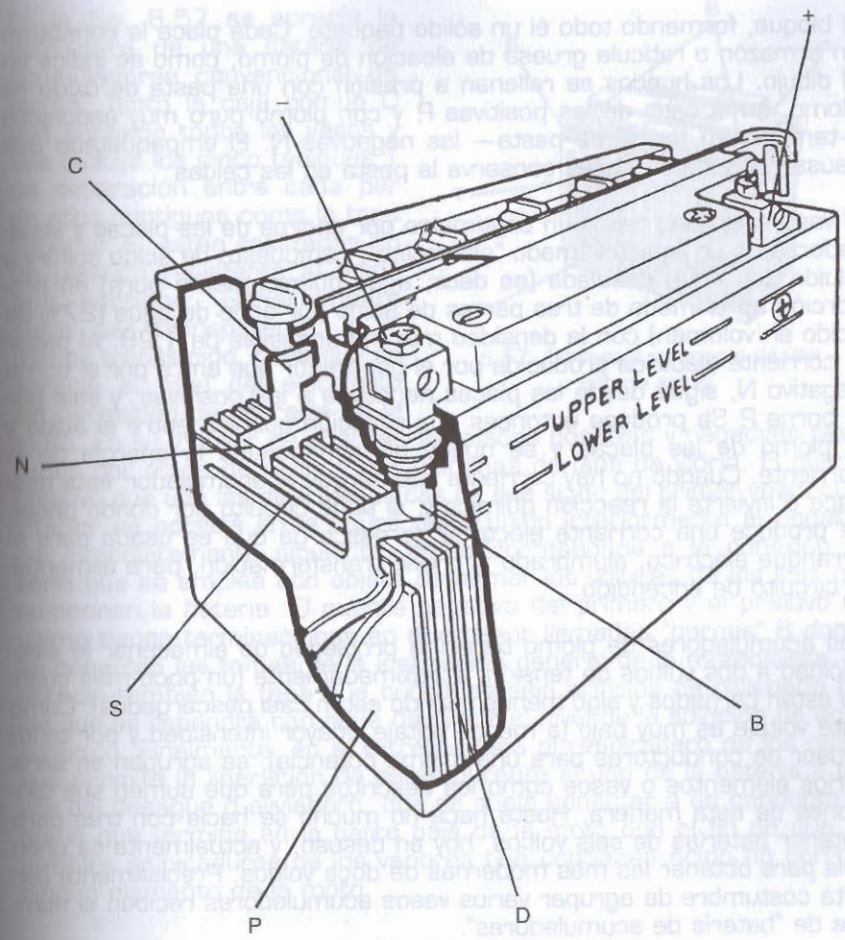
Al considerar los intercambios de energía que aparecen en las reacciones químicas, se debe tener en cuenta que éstas pueden suministrar no sólo calor (como por ejemplo en la combustión de un material dado), sino también cualquier otra forma de energía. Si la reacción se lleva a cabo de manera que se produzca energía eléctrica, el sistema constituye una pila "galvánica" o pila "voltaica" (en honor a sus inventores respectivos Galvani y Volta) o simplemente una pila. De las numerosas pilas voltaicas que pueden teóricamente emplearse, muy pocas pueden utilizarse técnicamente, ya que éstas deben ser sencillas de construcción, baratas y no polarizarse en su funcionamiento al suministrar una intensidad apreciable.

Se utilizan diversas pilas que se conocen como "pilas primarias" Como la Daniell, la Leclanché o la de mercurio, tan usada actualmente en aparatos electrónicos, aunque denostada por su alto poder contaminante una vez desechada.

Los acumuladores, conocidos también como "pilas secundarias", son pilas en las que al agotarse las sustancias activas que en su reacción en los electrodos producen energía eléctrica, pueden regenerarse de nuevo, al pasar a través de ellas una corriente eléctrica exterior. La reversibilidad de estas pilas secundarias o acumuladores no sólo es de los procesos químicos que se verifican en los electrodos, sino también de carácter mecánico, puesto que las masas activas han de continuar adheridas a ellos al regenerarse en el proceso de carga. Se utilizan dos acumuladores principalmente: el de hierro-níquel de 1904 del americano Edison, y el de plomo, inventado por el francés G. Planté en 1860. Este último es el más empleado en Automoción, y por tanto en las motocicletas actuales.

4.2. Batería de acumuladores

Un acumulador de los usados en las motocicletas está constituido por un recipiente de plástico (PVC) resistente al ácido, en cuyo interior hay una serie de placas de plomo P tal y como se aprecia en la Fig. 6.56, enlazadas entre sí por el puente B, intercaladas entre otras N que, a su vez, están unidas por su puente C, formando ambas series el bloque D.



6.56. Batería de plomo de 12 V con sus diferentes elementos.

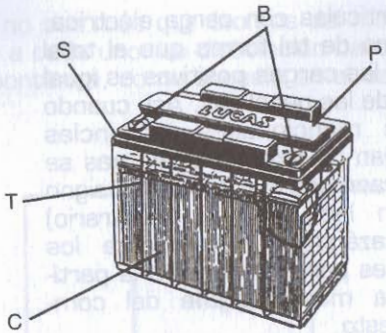
Los dos puentes llevan bornes que en la figura se marcan con los signos + y -; las placas que forman un grupo N al que pertenecen las exteriores son las negativas, conectadas al borne negativo del generador. Intercaladas dentro de ellas van las positivas P, de las que habrá una menos (en la figura hay cinco positivas entre seis negativas). Entre las placas de plomo positivas y negativas se colocan unos separadores S, generalmente dobles Pegando con las placas negativas se colocan unas láminas ranuradas de plástico. En contacto con ambas caras de las placas positivas se ponen láminas de lana de vidrio. Los separadores aíslan eléctricamente unas placas de otras; por su porosidad, ranuras o agujeros, permiten circular el líquido, y con su rigidez mantienen firme

el bloque, formando todo él un sólido paquete. Cada placa la constituye un armazón o retícula gruesa de aleación de plomo, como se indica en el dibujo. Los huecos se rellenan a presión con una pasta de óxido de plomo, en el caso de las positivas P, y con plomo puro muy esponjoso —también en forma de pasta— las negativas N. El empaquetado que causan dos separadores conserva la pasta en las celdas.

El vaso está lleno hasta un centímetro por encima de las placas y separadores de un líquido llamado "electrolito", compuesto de ácido sulfúrico diluido con agua destilada (es decir, agua químicamente pura) en proporción aproximada de tres partes de ácido por ocho de agua (27% de ácido en volumen) con la densidad máxima admisible de 1,28. Al pasar la corriente eléctrica producida por el generador que entra por el borne negativo N, sigue desde las placas negativas a las positivas, y sale por el borne P. Se produce entonces una reacción química entre el ácido y el plomo de las placas y se queda allí almacenada la energía de la corriente. Cuando no hay corriente que cargue el acumulador, éste deshace o invierte la reacción química y, si tiene circuito por donde pasar, se produce una corriente eléctrica de descarga que es usada para el arranque eléctrico, alumbrado y, previa transformación, para alimentar el circuito de encendido.

Los acumuladores de plomo tienen la propiedad de almacenar la electricidad a dos voltios de tensión, aproximadamente (un poco más cuando están cargados y algo menos cuando están casi descargados). Como este voltaje es muy bajo (a menor voltaje, mayor intensidad y por tanto grosor de conductores para una misma potencia), se agrupan en serie varios elementos o vasos como los descritos para que sumen sus tensiones de esta manera. Hasta hace no mucho se hacía con tres para obtener baterías de seis voltios, hoy en desuso, y actualmente se unen seis para obtener las más modernas de doce voltios. Precisamente por esta costumbre de agrupar varios vasos acumuladores reciben el nombre de "batería de acumuladores".

El tamaño de las placas no influye en el voltaje, sino en que cuanto más grandes o numerosas sean (que viene a ser lo mismo, puesto que lo que aumenta la capacidad es la superficie de las placas), más electricidad pueden almacenar. Esta capacidad se mide en Amperios x hora (A-h). Una batería de 20 A-h puede suministrar una corriente de 20 amperios durante una hora, o de 10 amperios durante dos horas, y así sucesivamente. Esto ocurre en teoría; en la práctica, la corriente de descarga no puede ser muy intensa y seguida, pues se estropearían las placas, y lo mismo sucede con la corriente de carga. Debido a ello, un cortocircuito en la batería, que produciría una corriente intensa de descarga, es desastroso, y ha de tenerse sumo cuidado en no colocar sobre ella herramientas metálicas que puedan poner en cortocircuito sus bornes.



6.57. Elementos exteriores de una batería actual.

En la Fig. 6.57 se aprecia la estructura de una batería de acumuladores convencional de plomo. Tanto la caja común C que contiene todos los vasos y que incluye los cinco tabiques T de separación entre cada par de ellos contiguos como la tapa superior S, están realizadas en un plástico resistente al ácido que contiene. Generalmente suele ser transparente, o al menos translúcido, para que se aprecie el nivel del electrolito sin necesidad de retirarla de la moto. En su interior se alternan las placas positivas y negativas separadas por otras de rejilla y por planchas de lana de vidrio. El puente positivo que une las diversas placas de ese signo del primer vaso, cuyo interior se aprecia en la figura, está unido interiormente al negativo del inmediatamente siguiente, como corresponde a la conexión en serie que se emplea con objeto de sumar los voltajes de los seis que componen la batería. El puente negativo del primero y el positivo del último tienen terminaciones en el exterior llamadas "bornas" B donde se conectan las tomas de la instalación general de la motocicleta. Se aprecia también la tapa que cubre los seis orificios de rellenado por los que se repondrá con agua destilada el nivel de la solución de ácido sulfúrico. Finalmente, en el extremo está el respiradero de los gases que permite la liberación de éstos durante el uso de la batería a través del desagüe o aliviadero, que se suele conectar a un conducto de goma que termina en la parte baja de la moto con el fin de que las posibles salpicaduras de los vapores que contienen ácido no corroan ningún elemento de la moto.

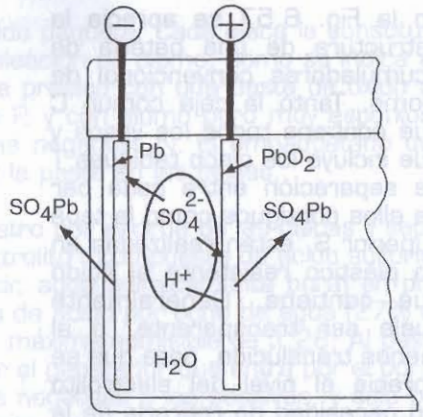
4.3. Proceso químico en un acumulador de plomo

La energía eléctrica se obtiene por medio de la corriente eléctrica, que consiste en el movimiento de pequeñas cantidades de electricidad denominadas "cargas".

Éstas pueden ser de dos clases: positivas y negativas, e importa poco si la corriente eléctrica es en realidad un movimiento de unas u otras.

Las mencionadas cargas eléctricas son también responsables de las uniones o enlaces en la materia. Así, algunos cuerpos "compuestos" pueden, bajo determinadas condiciones que rompan el enlace eléctrico, separarse en sus componentes, llamados "iones". Estos últimos son

partículas con carga eléctrica, pero de tal forma que el total de las cargas positivas es igual al de las negativas. Así, cuando las mencionadas influencias dejan de actuar, las cargas se atraen entre sí (las de un signo con las de signo contrario) enlazándose nuevamente los iones para dar lugar a la partícula mas pequeña del compuesto.



6.58. Reacciones químicas que tienen lugar durante la descarga de la batería.

Esta, se llama "molécula" y es neutra, es decir, sin carga eléctrica, puesto que cada carga positiva se compensa con su correspondiente negativa. Este proceso de disociación se explicará mediante dos ejemplos, que son los que tienen lugar en el acumulador.

El ácido sulfúrico de fórmula química SO4H2, es un compuesto sin carga eléctrica o neutro, pero la partícula más pequeña del mismo que aún conserve sus propiedades —llamada molécula— podría, bajo determinadas condiciones, romper su enlace disociándose en sus iones y dar origen a tres: un ion SO4 2- y dos iones H+ el primero de ellos con dos cargas negativas, tal como representan los dos símbolos (-) y los dos segundos con una carga positiva cada uno, indicada (+). Representado esquemáticamente:

$$SO4H2 = SO_4^{2-} + H^+ + H^+$$

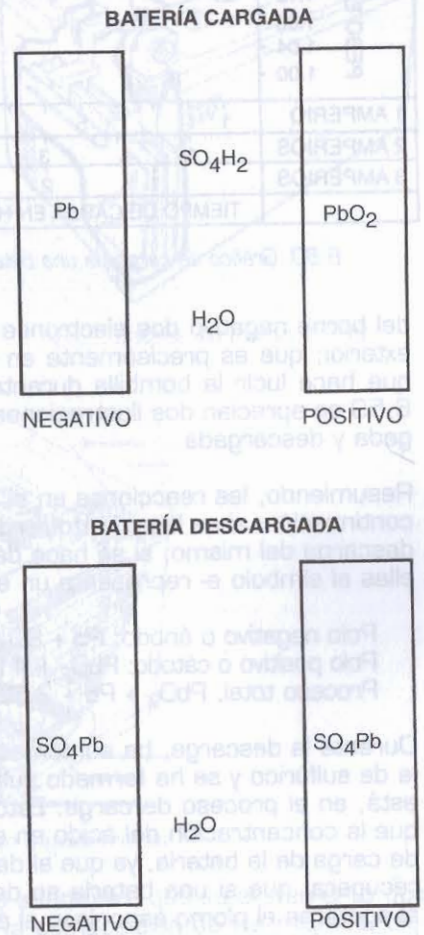
Al disociarse se obtienen por lo tanto, tantas cargas de un signo como de otro, que anteriormente (en la molécula) se compensaban entre sí. Aunque se afirmó anteriormente que la disociación se producía bajo determinadas condiciones, realmente éstas se reducen al mínimo en el caso de los ácidos.Por el mero hecho de estar éstos diluidos en agua, aparece ya un cierto número de moléculas de los mismos disociadas en sus iones. Cada uno de éstos posee carga eléctrica y es susceptible de moverse en el interior del líquido, es decir, de actuar como portador de carga.

El dióxido de plomo PbO_2, en su disociación, da lugar también a tres iones: un ion Pb^{4+} con cuatro cargas positivas y dos iones O^{2-} , con dos cargas negativas cada uno:

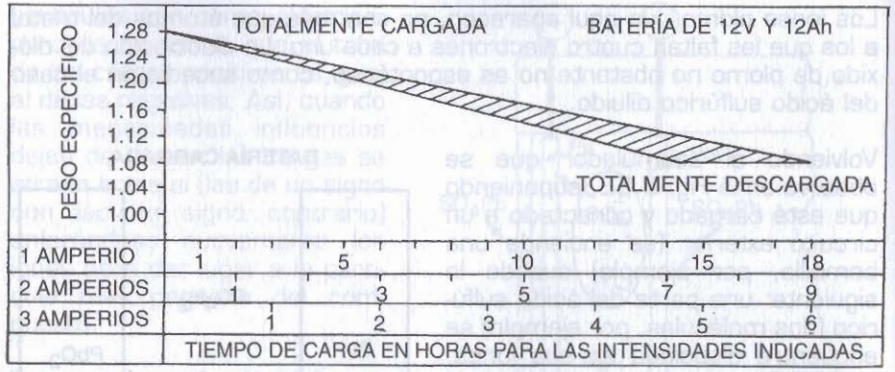
$$PbO_2 = Pb^{4+} + O^{2-} + O^{2-}$$

Los iones plomo que aquí aparecen, no son más que átomos del metal a los que les faltan cuatro electrones a cada uno. La disociación del dióxido de plomo no obstante no es espontánea, como sucedía en el caso del ácido sulfúrico diluido.

Volviendo al acumulador que se observa en la Fig. 6.58, suponiendo que está cargado y conectado a un circuito exterior (se enciende una bombilla, por ejemplo) sucede lo siguiente: una parte del ácido sulfúrico (dos moléculas, por ejemplo) se encuentra disociada en sus iones. Los SO_4^{2-} se sienten atraídos por el plomo y desean enlazarse con él, pero para ello cada partícula de este último ha de liberar dos electrones de manera que quede con dos cargas positivas para poder unirse al SO_4^{2-}. Por su parte, los H^+ también tienen avidez por los O^{2-}, y dos de los primeros reúnen las cargas necesarias para enlazarse con uno de éstos. Como se ha dicho, en los huecos de las placas positivas existe dióxido de plomo, y en los de las negativas plomo esponjoso puro (metal plomo muy poroso y sin carga eléctrica). En estas condiciones los cuatro iones H+ y el SO_4^{2-} restante, y gracias a la atracción mencionada, dirigen su ataque hacia una molécula de PbO^{2-} y consiguen romperla, separando sus iones en la forma ya vista. Los cuatro iones H+ se combinan con los dos O^{2-} neutralizando sus cargas y enlazándose para formar dos moléculas de agua, de fórmula H2O. El ion SO_4^{2-} sobrante podría 4+ también enlazar con el ion Pb , pero para poder hacerlo este último ha de tomar dos electrones, quedándose sólo con dos cargas positivas que neutralicen las del otro. Así, por una parte al ion Pb^{4+} le faltan dos cargas negativas para poder enlazar con un SO_4^{2-}, mientras que al plomo puro le sobran dos de esos mismos electrones para poder hacer lo mismo con el otro. El problema se soluciona al ceder el plomo poroso



6.59. Composición de las placas y del electrólito de una batería cargada y descargada.



6.60. Gráfico de carga de una batería con distintas intensidades de carga.

del borne negativo dos electrones al Pb^{4+} enviados a través del circuito exterior, que es precisamente en lo que consiste la corriente eléctrica que hace lucir la bombilla durante el proceso de descarga. En la Fig. 6.59 se aprecian dos ilustraciones del estado químico de la batería cargada y descargada.

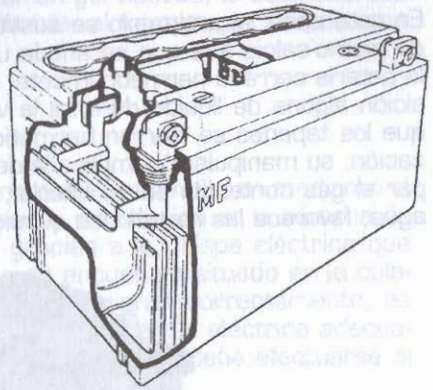
Resumiendo, las reacciones en el acumulador son las que se refieren a continuación: si se leen de izquierda a derecha se refieren al proceso de descarga del mismo; si se hace de derecha a izquierda, al de carga. En ellas el símbolo e- representa un electrón.

Polo negativo o ánodo: $Pb + SO_4^{2-} = SO_4Pb + 2\ e^-$
Polo positivo o cátodo: $PbO_2 + 4\ H^+ + SO4^{2-} + 2\ e^- = SO_4Pb + 2\ H_2O$
Proceso total: $PbO_2 + Pb + 2\ SO_4H_2 = 2\ SO_4Pb + 2\ H_2O$

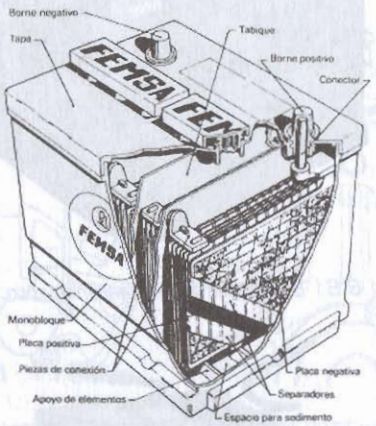
Durante la descarga, ha aumentado la cantidad de agua, ha disminuido la de sulfúrico y se ha formado sulfato de plomo. Sucede al revés, claro está, en el proceso de carga. Esto indica algunos puntos interesantes: que la concentración del ácido en el electrolito es variable con el estado de carga de la batería, ya que al descargarse se rebaja y al cargarse se recupera; que si una batería se descarga muy a fondo, es posible que al agotarse el plomo esponjoso el ácido ataque al armazón que sostiene la materia activa, arruinándola (sulfatación de la batería); que un exceso de carga descompondrá el agua del electrolito liberando gases de explosivo hidrógeno al exterior y oxígeno en el interior que atacará al armazón. Por todo ello, es muy conveniente contar con un sistema de carga de regulación perfecta. En la Fig 6.60 se puede observar el proceso de carga con distintas intensidades de una batería de 12 V y 12 Ah, en donde se muestra la variación de la densidad del electrolito a lo largo del tiempo.

4.4. Baterías de bajo mantenimiento

Se conoce como tales, a aquellas en las que, por el material empleado en su fabricación, se reduce notablemente el mantenimiento, respecto a la batería convencional. Como es sabido, el principal mantenimiento a realizar en una batería, consiste en reponer el nivel de electrolito en la misma, utilizándose para ello agua destilada. Ello es fruto de la evaporación del agua, consecuencia a su vez de las reacciones químicas que se producen en su interior.



6.61. Batería sin mantenimiento.

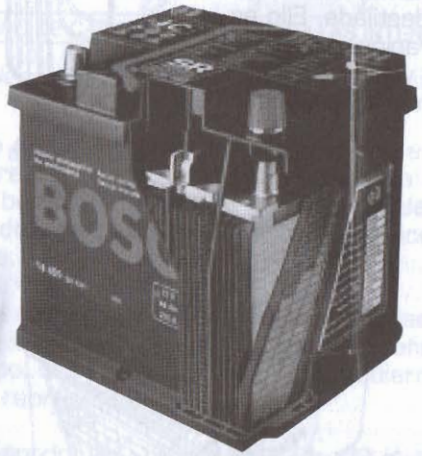


6.61 A. Batería bajo mantenimiento.

Para ello, se reduce la proporción de antimonio, que es el elemento que proporciona rigidez a las rejillas, en la composición de las mismas, disminuyendo su proporción hasta un 1% o menos, siendo sustituido por una aleación de plomo y calcio. Con ello se evita, no sólo la autodescarga que genera este material, al depositarse en las placas negativas, sino que también se disminuye la evaporación del agua, al disminuir la formación de vapores durante los procesos de carga y descarga. Este tipo de baterías, no obstante, dispone de tapones accesibles para efectuar el rellenado de los vasos, ya que, aunque se efectúe con menor frecuencia que en el caso de las convencionales, también ha de realizarse.

4.5. Baterías libres de mantenimiento

En este caso, el antimonio se sustituye totalmente por la citada aleación de plomo-calcio a la que se añade un ligero porcentaje de plata, estando la batería cerrada herméticamente, por lo que no se ha de efectuar reposición alguna de líquido durante la vida de la misma. Por ello, aparte de que los tapones se cierran herméticamente durante el proceso de fabricación, su manipulación implica la destrucción de la batería, al dejar escapar el gas contenido en su interior, que aparte de evitar el consumo de agua, favorece las reacciones químicas que se producen en su interior.



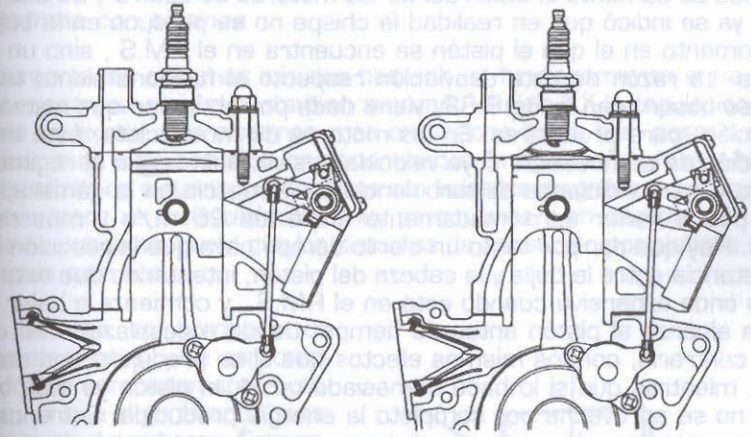
6.61 B. Batería libre mantenimiento.

6.61 C. Batería moto.

Existen otros modelos, no montados de serie en motocicletas, en los que el líquido electrolito se sustituye por un gel viscoso, lo cual favorece la libertad de posicionamiento de la batería, al tiempo que proporciona cierta rigidez interna.

5. EL ENCENDIDO

Todos los motores empleados en las motocicletas funcionan mediante el encendido provocado de la mezcla gaseosa introducida en la cámara de combustión. Este efecto se consigue gracias a la chispa eléctrica que genera un elemento llamado bujía, que se encuentra situado en la culata. Sin embargo, para que la bujía pueda funcionar correctamente, es necesario que se la dote, por una parte de la energía eléctrica adecuada, y que está llegue en el momento preciso en que debe efectuarse el encendido de la mezcla.



6.62. Avance del frente de llama en la cámara de combustión mientras el pistón sigue subiendo.

El encendido por métodos eléctricos es el empleado en todos los casos pero inicialmente se probaron algunos otros sistemas, sobre todo la varilla incandescente, que tuvieron vida únicamente hasta la aparición de los sistemas eléctricos. La vida de estos comienza a finales del siglo XIX con las magnetos de baja tensión de Markus, que posteriormente fueron siendo evolucionadas con los elementos de alta tensión de Forest y finalmente en 1902 la de Robert Bosch, que junto con Ecole Marelli fueron los grandes precursores de estos sistemas.

El sistema de encendido eléctrico tiene un esquema bastante sencillo. Es necesario un sistema de producción de electricidad y uno de regula-

ción. El primero cuenta con un sistema generador, empleándose normalmente el mismo que para el resto de la motocicleta, y un sistema de acondicionamiento de la corriente, ya que normalmente la energía eléctrica generada es de baja tensión y una intensidad elevada, y la más adecuada para el encendido es de alta tensión y baja intensidad.

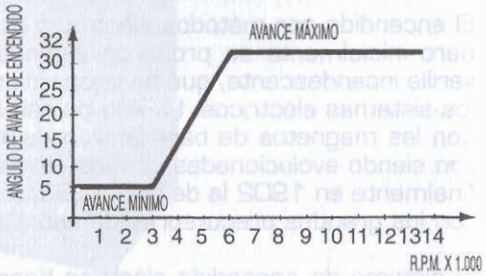
El segundo necesita un captador para conocer la posición del pistón e indicar el momento apropiado, y un sistema que haga efectiva la orden de este.

Todos los sistemas de encendido funcionan bajo este esquema, pudiéndose complicar el proceso de manera muy elevada según los requerimientos y especializaciones del sistema.

5.1. El avance de encendido

Cuando se comentó el ciclo real de los motores de cuatro y de dos tiempos, ya se indicó que en realidad la chispa no se produce en la bujía en el momento en el que el pistón se encuentra en el P.M.S., sino un poco antes. La razón de esta desviación respecto al funcionamiento teórico que se observa en la Fig 6.62, viene dada por el tiempo que necesita la reacción para producirse. En los motores de motocicleta, ésta es una reacción de combustión, cuya velocidad es variable según el régimen, la carga y las condiciones de turbulencia de la mezcla en la cámara, pero que puede variar aproximadamente entre los 25 m/s y más de 50 m/s. Hay que dar por tanto un cierto tiempo para que la reacción salve la distancia entre la bujía y la cabeza del pistón, intentando que este reciba la onda expansiva cuando está en el P.M.S., y comienza a bajar. Si la llama alcanza al pistón antes de tiempo, tiende a desplazarlo en dirección contraria, con los mismos efectos que si se produjera una detonación, mientras que si lo hace demasiado tarde, el pistón ya está bajando y no se aprovecha por completo la energía producida. Entre los dos casos anómalos, siempre es mejor que se produzca el segundo, que únicamente disminuye el rendimiento pero no provoca efectos perniciosos.

El avance necesario es un dato bastante complicado de conocer, y que requiere no sólo un estudio detallado, muchas veces realizado de manera experimental, sino que además varía con las condiciones. La velocidad de la llama a bajas vueltas es menor que a altas vueltas, debido a la presión y la turbulencia. No sólo varía con el régimen, sino también con la temperatura, la carga



6.63. Curva de encendido.

introducida en el motor, las condiciones de carburación, etc... es por tanto bastante difícil de averiguar de manera precisa.

La velocidad del pistón además también varía, aunque en este caso de manera proporcional al régimen, de modo que es fácil conocer en todo momento la posición y el tiempo que tardará en llegar al P.M.S.

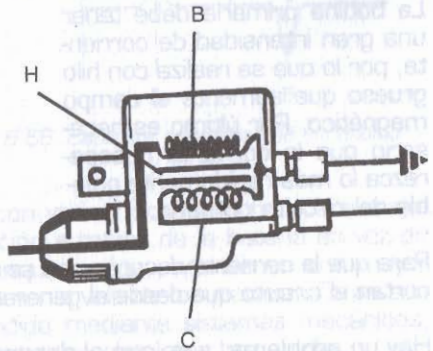
Los distintos sistemas de encendido deben intentar aproximar este valor al ideal, que es aquél en el que la onda expansiva de la combustión llega al pistón cuando éste rebasa el P.M.S, pero esta situación es realmente difícil de conseguir, sobre todo por los sistemas más rudimentarios. En la Fig 6.63 se puede ver una curva de avance bastante simple en la que se mantiene fijo durante bastantes periodos de régimen.

5.2. Sistemas de encendido

• *Sistemas con platinos*

Lógicamente los sistemas iniciales basaron su funcionamiento en la regulación mecánica, ya que hasta bien avanzado el siglo XX la regulación electrónica no existía. Los sistemas más empleados hasta bien pasado el primer lustro de siglo han sido los denominados "magnetos", que aún hoy en día se utilizan en algunas motocicletas con volantes magnéticos como generadores, pero de características muy particulares y en desaparición. Hoy en día se puede asegurar que los sistemas de encendido por platinos están en rápida extinción.

Este sistema se compone de varios elementos, y se caracteriza por ser completamente autónomo, ya que el generador constituye parte del sistema. Éste es, en los modelos que se comercializan, todavía un volante magnético de corriente alterna monofásica. Dentro de él se incluye una bobina de baja tensión que genera la electricidad suficiente para alimentar el sistema. Por otra parte, incluye un sistema de regulación, que está formado por un conjunto de elementos llamados normalmente "platinos". Están compuestos por dos contactos que pueden abrir o cerrar el sistema mediante métodos mecánicos. Por último, la magneto dispone de un sistema que eleva la tensión del volante por medio de una bobina.



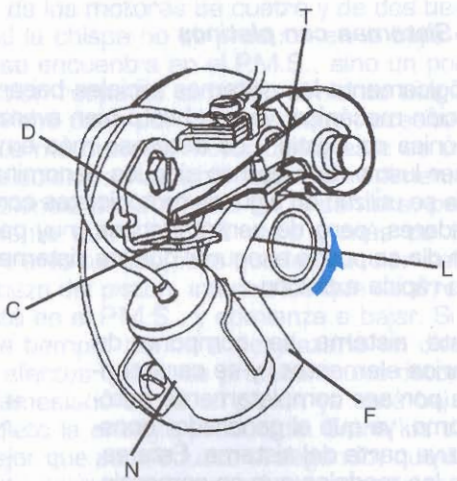
6.64. Bobina de alta tensión de una motocicleta con sus devanados primario y secundario.

La tensión generada normalmente no pasa de 20 V en regímenes medios, pero las bujías necesitan más de 10.000 V para que la chispa salte. Lo que se hace es aumentar la tensión a costa de la intensidad, que mientras en el alternador tiene valores medios, en la bujía son casi ridículos.

La forma de aumentar la tensión se efectúa mediante una bobina denominada "de alta", mostrada en la Fig 6.64, que no es más que un arrollamiento de hilos alrededor de otro con un centro común de hierro dulce.

El funcionamiento de la bobina de alta se basa en la inducción de una corriente de alto voltaje en una espira, por la acción de un campo magnético. Para ello, sobre un núcleo de hierro magnetizable H, se arrolla un cable C que crea un campo magnético en la zona, aumentado por la presencia del núcleo. Sobre este primer arrollamiento se devana una segunda bobina B.

Cuando el campo magnético creado por la bobina primaria desaparece, lo que ocurrirá si cesa de repente la corriente, se crea una corriente de alta tensión en la secundaria, que es la que se aprovecha para la bujía. El voltaje creado depende del número de espiras de la bobina secundaria, por lo que ésta se realiza con hilos muy finos para dar mayor numero de vueltas. La bobina primaria debe tener una gran intensidad de corriente, por lo que se realiza con hilo grueso que aumente el campo magnético. Por último es necesario que la corriente desaparezca lo más rápidamente posible del circuito primario.



6.65. Ruptor de platinos.

Para que la corriente desaparezca se emplean los platinos, que al separarse cortan el circuito que desde el generador alimentaba la bobina primaria.

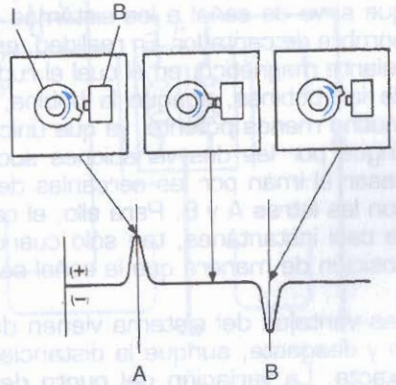
Hay un problema, y es que al desaparecer el campo magnético también se crea una corriente en el primario, de poco voltaje porque tiene un número pequeño de espiras, pero con intensidad. Esto puede provocar que salten chispas en los platinos, que a su vez aumentan la duración de la corriente en el primario, con sus perniciosos efectos sobre la tensión del secundario. Para evitarlo se instala un condensador en paralelo, que se encarga de almacenar la corriente dirigida a los platinos.

La bobina por tanto se conecta a la bujía por el secundario, mientras que el primario se conecta al generador a través de los platinos.

El sistema de regulación es bastante simple. En la Fig. 6.65 los dos contactos C y D que forman los platinos están sujetos a una placa fija F, normalmente situada en el interior del volante, y cerca de la bobina del generador. Uno de los contactos C es fijo, mientras que el otro D puede deslizarse mediante la acción de una leva L que gira solidariamente con el cigüeñal y que empuja la cola del contacto T. El sistema integra también un condensador N para evitar la llegada a los platinos de corriente desde el primario. Este elemento se carga de electricidad en el proceso de apertura de los platinos, descargándola cuando la corriente pasa a través de ellos.

Los platinos se van desgastando por la acción de la electricidad residual que sigue pasando, sobre todo si el condensador falla y por su propia naturaleza mecánica, por lo que hay que ajustar su distancia de apertura máximo con galgas calibradas, periodicamente.

El avance del encendido se puede realizar por varios métodos, pero en sistemas tan sencillos como los que se comentan, el avance suele ser fijo, y viene dado por la posición de la leva y de los platinos respecto del P.M.S. del pistón. Normalmente se puede regular este momento girando alrededor del eje que contiene la leva el plato en el que se sujetan los platinos, que varía el ángulo de apertura de los ruptores y por tanto el momento de salto de la chispa en la bujía.



6.66. Captador magnético de encendido y su señal.

En algunas motos veteranas de 4 T, el sistema de platinos se emplea con varias modificaciones para mejorarlo. Las principales son la alimentación a través de la batería en vez de con un volante, lo que mejora el arranque en frío y mantienen una mayor estabilidad del sistema, que repercute en la vida de los platinos. Otras son la modificación del avance del encendido mediante sistemas mecánicos, normalmente centrífugos, que realmente son obsoletos hoy en día.

- ***Encendido electrónico***

Los platinos no dejan de ser un sistema bastante limitado, debido a que por una parte requieren un ajuste periódico, además tienen una vida limitada, y al ser de tipo mecánico, están sometidos a inercias que los

desajustan a altos regímenes, lo que provoca el salto de la chispa en otros momentos a los deseados. Además la regulación del avance es complicada y limitada, al tener que ser de tipo mecánico.

Los primeros sistemas que intentaron eliminarlos mantuvieron los platinos, pero únicamente como elemento para conectar o desconectar un transistor, de manera que al pasar una corriente muy pequeña por ellos, su desgaste era mucho menos acusado. Sin embargo este sistema se perfeccionó, rápidamente, para eliminar por completo los platinos, sustituyéndolos por bobinas sin mantenimiento.

En este caso, como se observa en la Fig. 6.66, se emplea una bobina B situada de forma fija en el motor, y un imán móvil I en un eje solidario con el cigüeñal. Como ya se ha visto previamente, un campo magnético induce una corriente en una bobina, por lo que si el imán pasa junto a la bobina, se creará una corriente instantánea de baja intensidad. La forma de aprovechar este fenómeno es hacer girar el imán, de manera que en cada vuelta pase junto a la bobina. El campo magnético creado induce la corriente que sirve de señal a los sistemas posteriores. El conjunto suele recibir el nombre de captador. En realidad, es muy semejante a un alternador de tipo volante magnético, en el cual el ruptor se encontrará girando en el interior de las bobinas, aunque la bobina, que dispone de un núcleo interior es mucho menos potente, ya que únicamente debe dar una señal que se distingue por las dos variaciones sucesivas de tensión que se producen al pasar el imán por las cercanías de la bobina, y que se señalan en la Fig. con las letras A y B. Para ello, el campo magnético debe actuar de manera casi instantánea, tan sólo cuando la bobina y el imán coinciden en su posición de manera que la señal sea muy exacta en el tiempo.

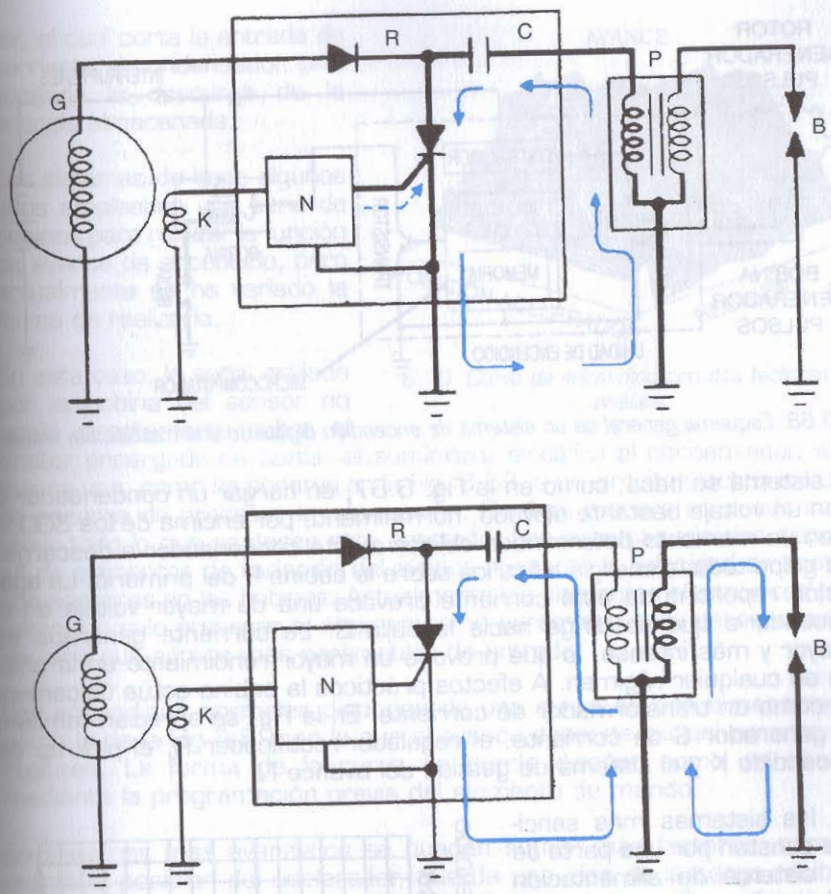
Las ventajas del sistema vienen dadas porque carece de mantenimiento y desgaste, aunque la distancia mínima de separación debe ser muy exacta. La variación del punto de avance sigue pudiéndose realizar al girar el imán o variar la posición de la bobina.

Lo normal es que el sistema envíe la corriente generada a un transistor, que a su vez oficia de desconectador de otro transistor, de modo que la corriente proveniente de la batería o del generador, deja de pasar a la bobina y se genera en el secundario la corriente de alta tensión.

Ocasionalmente se han empleado sistemas de activación ópticos pero han desaparecido y los de bobina e imán son los actualmente empleados.

- ***Sistemas CDI***

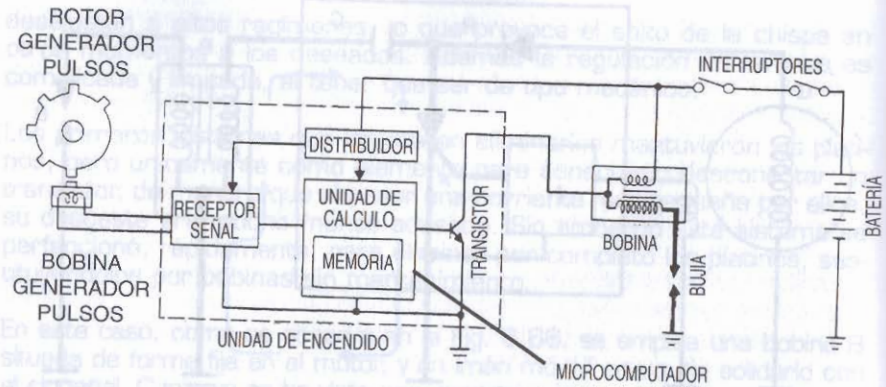
Actualmente, en motocicletas de altas prestaciones, los sistemas de encendido son en la práctica totalidad de tipo CDI, siglas de Capacitor Discharge Induction, (encendido por descarga de condensador).



6.67. Esquema de un encendido por descarga de condensador.

Este tipo de encendido es por un lado más preciso, por otro permite mantener el flujo de corriente en la bujía, y por otro permite que se varíe de manera tan ajustada como se desee el avance del encendido. Además está carente de mantenimiento, lo que le dota de unas ventajas tan elevadas sobre el resto de los sistemas, que ha acabado por eliminarlos, salvo en las cilindradas más pequeñas y aún en ellas se pueden encontrar en algunos casos.

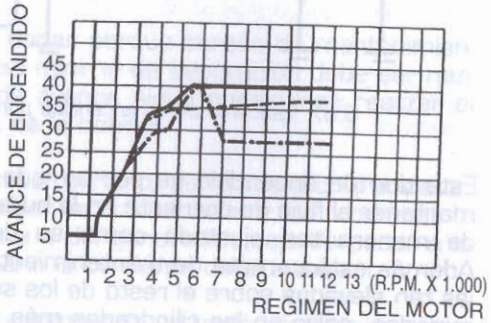
El esquema del sistema es diferente al de los vistos hasta ahora, ya que en este caso no es una bobina dotada de un devanado primario con un núcleo de hierro el que provoca la inducción de la corriente al crear un campo magnético, sino un condensador. Por tanto la descarga no es inductiva, sino capacitiva.



6.68. Esquema general de un sistema de encendido digital de una motocicleta actual.

El sistema se basa, como en la Fig. 6.67, en cargar un condensador C con un voltaje bastante elevado, normalmente por encima de los 300 V, y en un momento determinado obligar a este condensador a descargar de golpe toda la energía eléctrica sobre la bobina P del primario. La aparición repentina de esta corriente provoca una de mayor voltaje en el secundario que se dirige hacía la bujía B. La corriente generada es mayor y más intensa, lo que provoca un mayor rendimiento en la chispa en cualquier régimen. A efectos prácticos la bobina actúa únicamente como un transformador de corriente. En la Fig. se aprecian también el generador G de corriente, el regulador-rectificador R, el pick up de encendido K y el sistema de gestión del avance N.

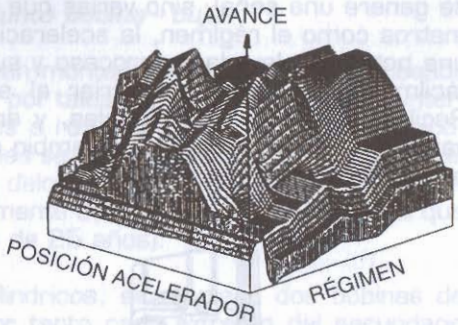
En los sistemas más sencillos constan por una parte de un sistema de alimentación del condensador, que puede ser o bien directamente desde la batería, o bien mediante una bobina en el generador que se emplea exclusivamente para ello.



6.69. Curvas de encendido de una Yamaha FZR 1000 con diferencias según la potencia máxima a obtener.

Actualmente el sistema más empleado es el segundo, que depende de la batería, por lo que una descarga de ella imposibilita la circulación de la moto. Además de este circuito que se encarga de generar la corriente de descarga, existe otro encargado de elegir el momento adecuado. En este caso, se emplea un sensor magnético formado por una bobina y un imán, que envía la señal a un tiristor, el cual corta la entrada de corriente al condensador, provocando la descarga de la energía almacenada.

Los sistemas de hace algunos años empleaban una serie de bobinas para realizar la función de avance de encendido, pero actualmente se ha variado la forma de realizarlo.



6.70. Curva de encendido con dos factores de análisis.

En esta caso, la señal enviada por la bobina del sensor no actúa directamente sobre el tiristor encargado de cortar el suministro eléctrico al condensador, sino que se une, como se observa en la Fig. 6.68, a un circuito electrónico que se encarga de procesar la información. De esta manera se puede complicar todo lo que se desee este apartado. Los sistemas iniciales disponían de elementos de variación del avance mediante la velocidad del motor, con sensores en las bobinas. Actualmente los elementos electrónicos permiten, no sólo procesar el régimen como parámetro para definir el avance, sino que admite más parámetros de entrada.

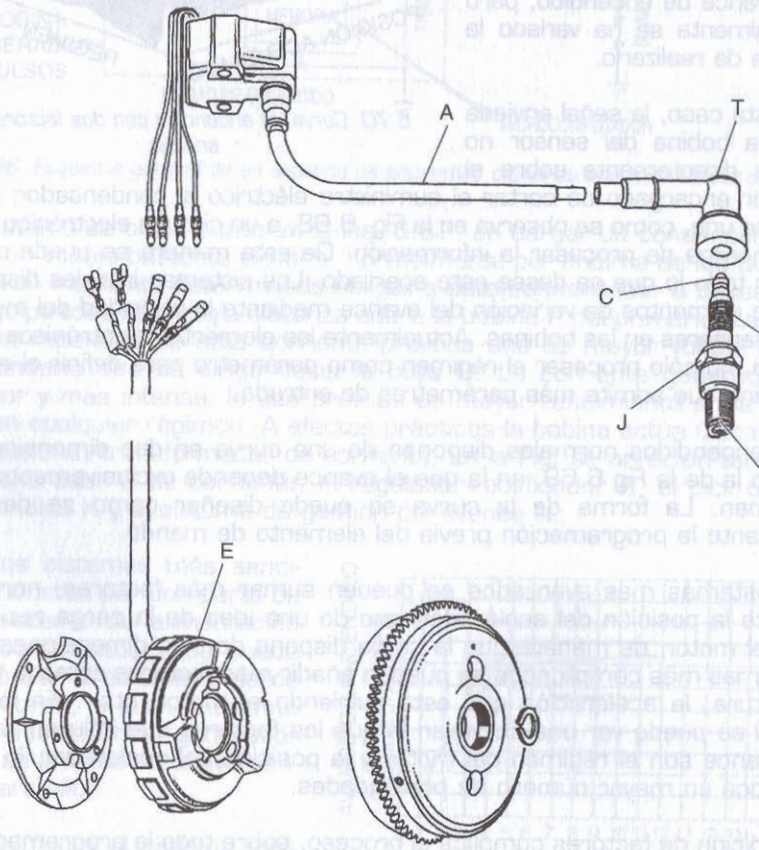
Los encendidos normales disponen de una curva en dos dimensiones, como la de la Fig 6.69, en la que el avance depende exclusivamente del régimen. La forma de la curva se puede diseñar como se desee, mediante la programación previa del elemento de mando.

En sistemas mas avanzados se pueden sumar más factores, normalmente la posición del acelerador, que da una idea de la carga recibida por el motor, de manera que la curva dispone de tres dimensiones. En sistemas más complicados se pueden añadir más factores como la temperatura, la aceleración que está sufriendo el motor, etc... En la Fig 6.70 se puede ver una curva en la que los factores que influyen sobre el avance son el régimen del motor y la posición del acelerador, lo que provoca un mayor número de posibilidades.

La adición de factores complica el proceso, sobre todo la programación, y obliga a disponer prácticamente de un ordenador, que sea capaz de procesar en sus chips todas la informaciones rápidamente y dar la señal al tiristor en el momento adecuado. Normalmente estos sistemas conjuntan otros como la inyección electrónica los sistemas antipatinamiento o los de reducción de consumo.

Los encendidos más avanzados son los denominados digitales. En este caso los sensores disponen de varios imanes de manera que no sólo

se genere una señal, sino varias que den información de varios parámetros como el régimen, la aceleración, etc... La central dispone de una potencia elevada de proceso y su programación se puede variar fácilmente sin más que variar el software mediante una tarjeta. Reciben el nombre de digitales, y en estos momentos, con ligeras variantes en los sistemas de cambio de programa, ya se emplean en motos muy avanzadas.



6.71. Esquema de un sistema de encendido desde el generador a la bujía.

El mecanismo de descarga del condensador en estos sistemas es similar, realizándose por la señal del ordenador sobre el tiristor, por medio de un diodo o de otro elemento electrónico.

• ***Encendidos estáticos por conjunto bobina - bujía***

En motores multicilíndricos, se han montado tradicionalmente encendidos de tipo estático, entendiendo por tales, aquellos en los que no intervienen elementos móviles, sujetos a rozamiento o contacto mecánico. Como es sabido, en los automóviles se ha empleado hasta hace poco el distribuidor, más conocido como delco, mientras que en las motocicletas se ha prescindido tradicionalmente del mismo (el último modelo que lo empleó desapareció hace más de 25 años).

En su lugar, en motores tetracilíndricos, se emplean dos bobinas de doble salida en alta, estando por tanto cada extremo del secundario conectado a una bujía. Dicho conexionado se lleva a cabo en las bujías de los cilindros con igual calado de cigüeñal (es decir, aquellos cuyos pistones realizan al unísono las carreras ascendentes y descendentes), de tal forma que una de las chispas siempre se pierde (la correspondiente al cilindro que se encuentra en cruce).

Esta disposición obliga al empleo de cables especiales para realizar el conexionado de las bujías con las bobinas, a pesar de lo cual siempre se producen caídas de tensión, que disminuyen la calidad de la chispa, en detrimento del rendimiento del motor. Por otra parte, dichos cables están expuestos a cortocircuitos, a poco que su aislante se deteriore con el paso del tiempo o bajo la acción del calor, algo que ocurre con más frecuencia de lo deseado, provocando inesperados fallos y/o pérdidas de rendimiento. Ello sin perjuicio del peligro que acarrea, dado el alto voltaje que poseen.

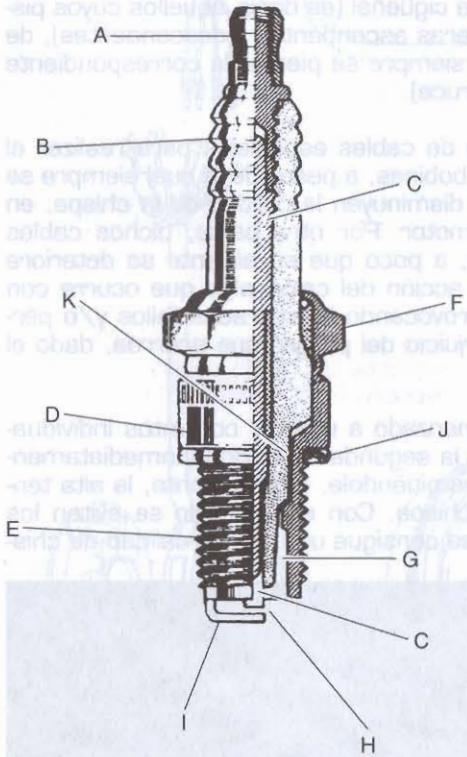
Para evitar todo ello, se han comenzado a montar conjuntos individuales bujía-bobina, de tal forma que la segunda se dispone inmediatamente por encima de la primera, transmitiéndole, directamente, la alta tensión necesaria para el salto de chispa. Con ello no sólo se evitan los inconvenientes citados, sino que se consigue una mayor calidad de chispa, lo cual mejora el rendimiento, así como el arranque. Las bobinas tan sólo disponen de la conexión correspondiente a la alimentación del primario, la cual está exenta, dado su menor voltaje, de la mayoría de inconvenientes que acarrea el traslado de la corriente de alta tensión desde la bobina a la bujía.

6.71 Bis. Bobina integrada en la bujía.

Ello también permite disponer de una curva característica de avance al encendido para cada cilindro, en función de las diferentes condiciones de funcionamiento de cada uno de ellos, con lo que se mejora la uniformidad de giro del motor. Por regla general, estos sistemas son acompañados de un sistema de alimentación por inyección electrónica, compartiendo ambos la centralita de gestión de los mismos, en beneficio del funcionamiento individual de cada uno de ellos.

6. BUJÍA

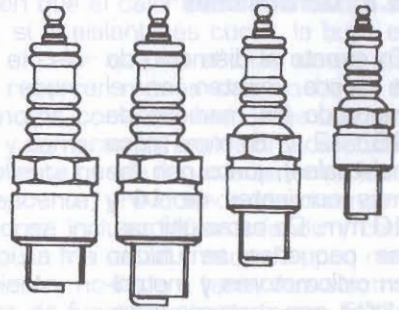
6.1. Introducción



6.72. Bujía con sus diferentes elementos.

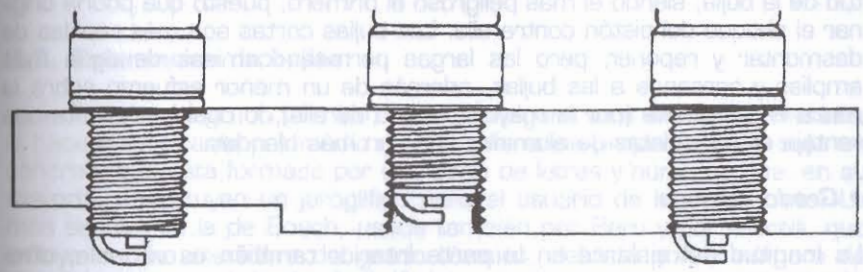
La bujía es el elemento del motor que tiene por finalidad provocar la combustión de la mezcla carburada en el interior del cilindro en el momento adecuado. Ello se logra haciendo saltar una chispa eléctrica entre sus electrodos, que origina la inflamación de la masa gaseosa cercana a ellos, propagándose ésta después de manera espontánea. Su funcionamiento se basa en el fenómeno físico del "arco voltaico", que básicamente consiste en hacer pasar la corriente eléctrica entre dos terminales sumergidos en un medio muy poco conductor como puede ser el aire y separados una cierta distancia entre sí. La manera de conseguirlo se lleva a cabo estableciendo una diferencia de tensión suficientemente elevada entre ambos, con lo que la corriente iniciará su paso de forma brusca y se mantendrá si ésta lo hace.

En el momento oportuno, la corriente del encendido E llega a la bujía J tal y como se ve en la Fig. 6.71 por el cable A, unido al terminal T del electrodo central C, que penetra en el interior de la cámara de explosión, y que está rodeado y separado por el aislante B del cuerpo metálico, por el cual salta a masa cerrando el circuito. El aislante B suele ser una porcelana a base de óxido de aluminio (corindón), pues el resto resulta atacado por el tetraetilo de plomo.


6.73. Bujías de diferentes tamaños.

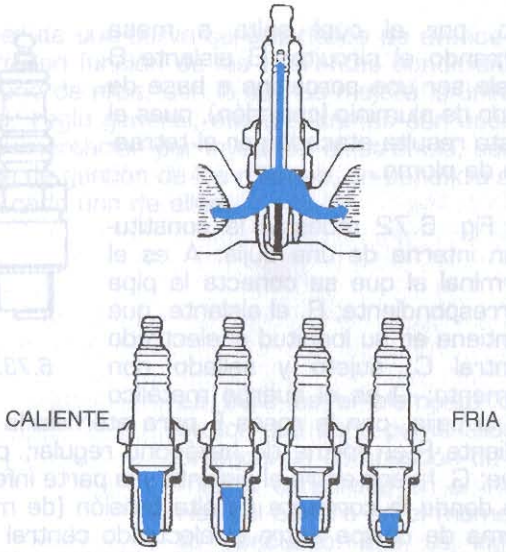
La Fig. 6.72 muestra la constitución interna de una bujía: A es el terminal al que se conecta la pipa correspondiente; B, el aislante, que contiene en su longitud el electrodo central C, sujeto y sellado con cemento; D es el cuerpo metálico de la bujía, con la rosca E para atornillarla al cilindro, y la parte más saliente F en forma de hexágono regular, para hacerla girar con una llave; G, hueco entre el aislante y la parte inferior del cuerpo; H, el espacio donde la corriente de alta tensión (de más de 10.000 V) salta en forma de chispa entre el electrodo central y el de masa I que forma parte del cuerpo de la bujía. El espacio es de alrededor de seis décimas de milímetro. La bujía se aprieta herméticamente al motor con interposición de una junta o arandela (fabricada de amianto forrado de cobre u otro metal dúctil) en J, que es la parte que apoya el cuerpo contra la culata del motor. El aislante viene sujeto al cuerpo metálico en forma estanca por las juntas interiores K.

La Fig. 6.73 muestra otros tipos de bujías de distintos diámetros, y en ellas puede apreciarse la forma de tuerca hexagonal que tiene el cuerpo para poder apretar la bujía en su alojamiento o extraerla, algo que siempre se hará con una llave de tubo de la medida exacta. El apriete no debe ser excesivo, sobre todo en las culatas de aluminio, para no estropear el fileteado de la rosca en aquéllas. Conviene atornillarla a mano para apreciar si toma mal la rosca, hasta que no se pueda más; después se acaba de apretar con una llave de tubo o llave específica de bujías hasta un par que puede variar entre 0.5 mkg en las de rosca de 8 mm y 2.5 mkg en las de 14 mm de rosca.


6.74. Distintos tipos de longitud de la rosca de la bujía y sus problemas de instalación.

6.2. Dimensiones

En cuanto al diámetro de la rosca, existen en el mercado las medidas de 18, 12 y 8 mm (poco habituales), junto con las más corrientes de 14 y 10 mm. De estas últimas, las pequeñas se utilizan en ciclomotores y motocicletas con motores dotados de culatas de cuatro válvulas por cilindro, a causa del poco espacio disponible; las grandes en el resto. Por lo que se refiere a la longitud de la zona roscada, dentro de cada uno de los anchos citados existen variedad de ellas; cada motor requiere una adecuada, que es la que sitúa el principio de la rosca de la bujía enrasada con la parte interior de la culata o un poco menos. Las más corrientes son las de 12,7 y 19 mm, habitualmente denominadas de cuello "corto" y "largo" respectivamente. En la Fig. 6.74 se aprecia cuáles son los errores posibles en la elección de la longitud de la bujía, siendo el más peligroso el primero, puesto que podría originar el choque del pistón contra ella. Las bujías cortas son más rápidas de desmontar y reponer, pero las largas permiten camisas de agua más amplias y cercanas a las bujías, además de un menor esfuerzo sobre la rosca en el apriete (por la mayor longitud de ella), lo cual representa una ventaja en las culatas de aluminio, que son más blandas.



6.75. Sistema de refrigeración de la bujía, y varios modelos de distintos grados térmicos.

6.76. Temperaturas de funcionamiento de las bujías respecto de la velocidad de marcha.

• *Grado térmico*

La longitud del aislante en la parte interior también es variable, ofreciendo una evacuación más o menos fácil al calor interno que recibe de los gases de la combustión. El modo en que el calor pasa a la culata se aprecia en la Fig. 6.75. Según se ve, si el aislante es corto, la bujía es fría, es decir, evacúa más fácilmente el calor que en el caso de un aislador largo, debido a que tiene que recorrer menos camino hasta la zona de disipación. Según el tipo de motor, conviene usar unas u otras, pues en un motor de alta compresión y cámaras de explosión sometidas a elevadas temperaturas, una bujía caliente puede llegar a tener su electrodo o alguna parte metálica incandescente, provocando el autoencendido, la perforación del pistón pudiéndose incluso llegar a fundir y caer al interior del motor. En cambio, una bujía fría en un motor de poco rendimiento y temperatura de funcionamiento, no llega a tener sus electrodos y aislador a la debida temperatura de funcionamiento (entre 500 y 600 grados), y el combustible que en ellos se deposita por dentro no se quema, convirtiéndose en hollín grasiento y engrasándose la bujía, de modo que se interrumpe la chispa al aislarse los electrodos por recubrimiento de hollín.

La Fig. 6.76 es una gráfica donde se representan las zonas correctas de funcionamiento en cuanto a temperaturas de las bujías comerciales en función de la velocidad de conducción. En ella se aprecia que entre 450 y 1000 grados se acepta el correcto funcionamiento de cualquiera de ellas. Por debajo de la primera, se producen fallos en la combustión que originan contaminación debida también a la lentitud con que se produce; por encima de la segunda se puede dar el autoencendido como ya se citó. También es de destacar que el rango de velocidades para el que está preparada una bujía fría es más elevado que el de otra caliente. Algunas bujías modernas son "multigrado", es decir, cumplen las especificaciones de su graduación y de las inmediatamente cercanas en la escala; suele ser una característica de algunas especiales para motores de dos tiempos. Por otra parte, el uso que se haga de la moto influye en el tipo de bujía, pues si rueda trayectos cortos en clima seco, deberá llevar una de un grado más caliente de la normal; sin embargo, si lo hace en recorridos largos por regiones cálidas, sobre todo en verano, convendrá otra un grado más fría. Habitualmente, los fabricantes dan un grado térmico de referencia y aconsejan los inmediatamente anterior y superior para situaciones concretas.

6.3. Referencias de bujías

La indicación del grado térmico, junto con alguna otra en ciertas marcas, la hace el fabricante por medio de una referencia propia de cada bujía en concreto que está formada por una serie de letras y números que, en su mayoría, constituyen un jeroglífico para el usuario de la motocicleta. La más sencilla es la de Bosch, usada también por Beru y por Marelli, que incluye la cifra medidora del grado térmico, definida por el número de segundos que puede funcionar en ciertas condiciones de ensayo sin que

BUJÍA MARCA NGK				
D	P	8	E	A-9
DIÁMETRO ROSCA	TIPO	GRADO TÉRMICO	CUELLO	CARACT. ESPECIALES
A: 18 MM	P: ELECTRODO PROYECTADO	4 (CALIENTE)	E: 19 MM	A, Z: TIPO ESPECIAL
B: 14 MM	R: RESITENCIA ANTIPARASIT.	5	H: 12.7 MM	S: ELECTRODO COBRE
C: 10 MM		6		V: ELECTRODO FINO
D: 12 MM		7		K: ELECTRODO LATERAL
		8		9: DISTANCIA ENTRE
		9 (FRIA)		ELECTRODOS (0.9 MM)

BUJÍA NIPPON DENSO (ND)				
X	24	E	P U	9
DIÁMETRO ROSCA	GRADO TÉRMICO	CUELLO	CARACT. ESPECIALES	DISTANCIA ELECT.
M: 18 MM	14 (CALIENTE)	E: 19 MM	P: ELECTRODO PROYECTADO	"9", INDICA 0.9 MM
W: 14 MM	16	F: 12.7 MM	L: BUJÍA ESPECIAL	NORMALMENTE 0.7
X : 12 MM	20		R: RESIST. ANTIPARASITARIA	
U: 10 MM	22		S: ELECTRODO NO PROYECT.	
	24		U: ELECTRODO CON PERFIL U	
	27 (FRIA)			

6.77. Simbología de las bujías NGK y Nippon Denso.

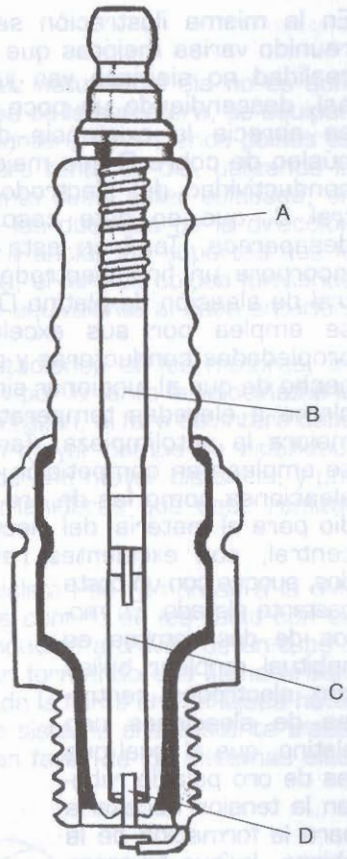
se produzca el autoencendido por excesivo calentamiento de sus electrodos. El número 45 corresponde a la más caliente y el 500 a la más fría, aunque ambas pertenecen a tipos extremos poco usados. Los grados más corrientes van de 95 a 260. Cuanto más alto es el número, más lo es la resistencia al autoencendido por ser más fría.

La marca NGK, de muy extendido uso por su origen nipón y por ser material original en varias marcas, al igual que la Nippon Denso, refleja en sus referencias más características que el simple grado térmico de la bujía en cuestión. En la Tabla 6.77 se aprecia el significado de todos los números y letras que lo forman. La primera letra se corresponde con una clave que da el diámetro de la parte roscada; la segunda se refiere a si la bujía es de tipo normal o incorpora una resistencia; a continuación, el primer número da idea del grado térmico, comenzando por el 4 para la más caliente y terminando en 9 para la más fría; la letra que sigue se refiere a la longitud de la rosca y, por último, una letra que se refiere al tipo de electrodo junto con un número que indica las décimas de milímetro de separación que debe haber entre los electrodos central y de masa para el correcto funcionamiento.

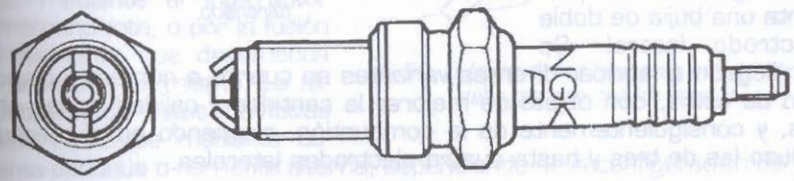
Por último se hará referencia a las bujías de Nippon Denso, también muy utilizadas. En este caso, la primera letra se refiere como en el caso anterior al diámetro de la rosca; a continuación un número relacionado con el grado térmico, que va desde el 14 para la más caliente al 27 para la más fría. La segunda letra se escoge entre la E si la longitud de la parte roscada es de 19 mm y la F si es de 12,7 mm; la última letra señala si se trata de un tipo especial, como las de electrodo lateral en U, y finalmente aparece un 9 si la distancia entre electrodos es de nueve décimas y si no, se supone que son siete.

6.4. Bujías especiales

En la Fig. 6.78 se aprecia la constitución interna de una bujía dotada de diversos avances que han ido incorporándose a la fabricación con el paso del tiempo y el avance de la investigación consiguiente. En primer lugar, puede verse que incorpora una resistencia A de supresión de interferencias, que generalmente tiene un valor de entre 5.000 y 10.000 Ohmios. Este refinamiento es exigido por la normativa vigente en gran número de países, y su objetivo es reducir las interferencias en la recepción de emisoras de radio o televisión en aparatos cercanos a la motocicleta. Su interés es aun mayor que en el automóvil, dado que ésta carece del blindaje que supone una carrocería de acero.

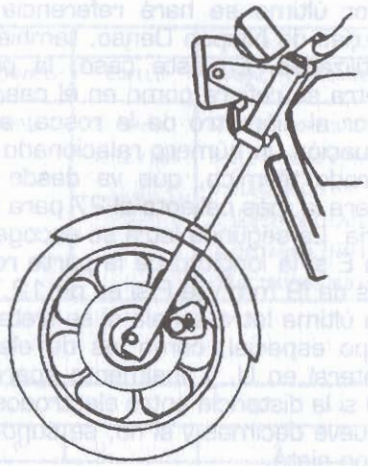


6.78. Corte de una bujía equipada con electrodo central de platino y resistencia antiparasitaria interna.

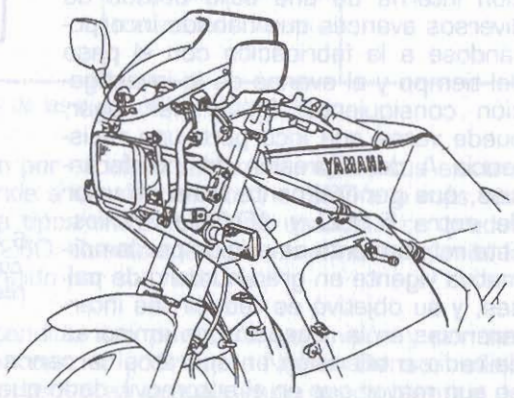


6.79. Bujía de doble electrodo de masa.

En la misma ilustración se han reunido varias mejoras que en la realidad no siempre van juntas: así, descendiendo un poco más, se aprecia la existencia de un núcleo de cobre B que mejora la conductividad del electrodo central C, que en este caso casi desaparece. También esta bujía incorpora un fino electrodo central de aleación de platino D, que se emplea por sus excelentes propiedades conductoras y por el hecho de que al funcionar sin problema a elevadas temperaturas, mejora la autolimpieza. También se emplean en competición otras aleaciones como las de oro paladio para el material del electrodo central, con excelentes resultados, aunque con un coste bastante elevado. En motos de dos tiempos es habitual emplear bujías con electrodos centrales de aleaciones con platino, que al igual que las de oro paladio rebajan la tensión necesaria para la formación de la chispa, lo que favorece su utilización en motores con mayor contaminación en los gases combustibles por el lubricante, y el mayor número de chispas que deben generarse. Por último, en la Fig. 6.79 se representa una bujía de doble electrodo lateral. Se han llegado a fabricar diversas variantes en cuanto a número y disposición de éstos, con objeto de mejorar la cantidad y calidad de las chispas, y consiguientemente de la combustión, existiendo en el mercado incluso las de tres y hasta cuatro electrodos laterales.



6.80. Situación habitual del faro delantero en las motos que no equipan carenado.



6.81. Situación del faro delantero en las motos con carenado.

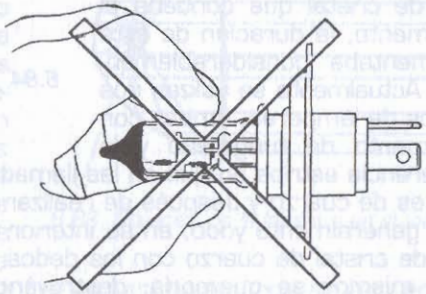
7. ILUMINACIÓN

Para circular por la noche, o cuando la luz natural del día no es suficiente como para tener una buena visibilidad de la carretera, se equipan las motocicletas con faros en su parte delantera. En muchos países es obligatorio llevar encendido el faro delantero tanto de día, utilizando la luz de cruce, como de noche. Este elemento suele estar colocado, en las motos que no tienen carenado, entre las dos tijas de la dirección (Fig. 6.80), aprovechándolas a su vez para anclar los soportes que lo sujetan. En las motos que utilizan carenado, el faro se coloca formando parte del mismo (Fig. 6.8 1), a una altura equivalente al caso anterior.

Como consecuencia del aumento de prestaciones de los motores, se mejora el rendimiento de las motocicletas y por lo tanto la velocidad a la que se puede circular es superior. Por esta razón, el faro delantero debe ofrecer en la iluminación de la calzada un mayor campo de visibilidad, para permitir que el conductor disponga de una mayor distancia, y por lo tanto más tiempo, para prevenir las maniobras que debe realizar durante la conducción.

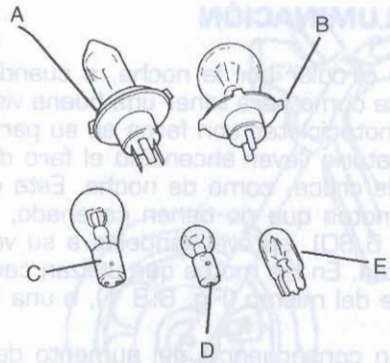
Los inicios de la iluminación en las motocicletas se remontan a la utilización de carburos, los cuales liberan gas cuando se les rocía con un goteo continuo de agua. Este gas era conducido a través de un tubo a unos finos surtidores, donde se quemaban formando una llama brillante. Mediante un reflector parabólico la luz de la llama era reflejada hacia delante produciendo un haz brillante. Este sistema era bastante trabajoso y poco a poco se fue abandonando en favor de los sistemas eléctricos.

La iluminación eléctrica se basa en la luz que genera el filamento incandescente de una bombilla. Este efecto es producido por el calentamiento del filamento, el cual se pone al rojo vivo y después al blanco, y no abandona este estado hasta que no se le corta el fluido eléctrico mediante el interruptor correspondiente, o por la fusión del filamento que desemboca en la rotura del mismo. La alimentación de estas bombillas puede realizarse mediante corriente continua o corriente alterna, dependiendo de la configuración del sistema eléctrico. La incandescencia del filamento se mantiene en ambos tipos de alimentación desde que se cierra el circuito mediante el inte-



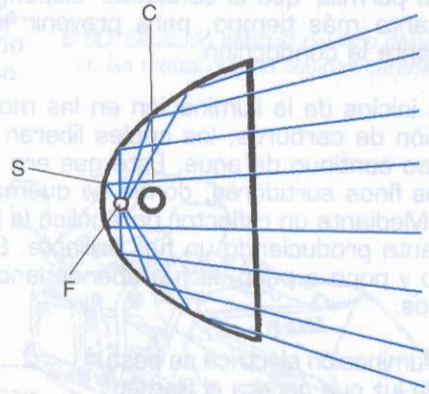
6.82. El bulbo de las lámparas halógenas no debe tocarse con las manos.

rruptor correspondiente hasta que éste es abierto, exceptuando el caso de rotura de la misma. Es totalmente falsa la creencia de que, cuando la alimentación de la bombilla se realiza con corriente altema, el filamento se enciende y apaga tantas veces como ciclos tenga dicha corriente. Esto es totalmente ilógico ya que el filamento tiene una inercia térmica, que le impide abandonar el estado incandescente en el que se encuentra con la rapidez necesaria como para apagarse, en el intervalo de tiempo en que la tensión de alimentación disminuye como consecuencia del ciclo alterno de la corriente.



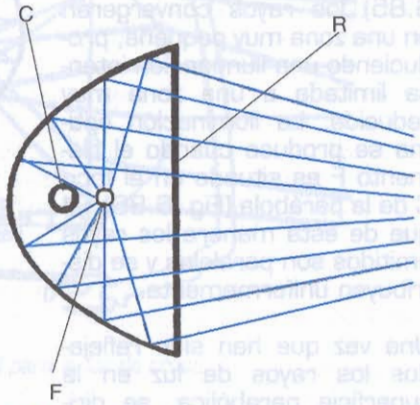
6.83. Distintos tipos de bombillas.

La duración de las bombillas al principio era bastante limitada debido a que el calor destruye el filamento, si está en contacto con el aire ya que se oxida y se funde. Posteriormente se descubrió que, produciendo el vacío en la ampolla de cristal que contiene al filamento, la duración de éste aumentaba considerablemente. Actualmente se utilizan dos tipos de lámparas, ambas con filamento de tungsteno y la diferencia estriba en que en las llamadas "halógenas" la ampolla de cristal es de cuarzo y después de realizar el vacío se introduce un gas inerte, generalmente yodo, en su interior. Es importante no tocar la ampolla de cristal de cuarzo con los dedos puesto que la grasa presente en los mismos se quemaría, destruyéndola, tal y como indica la figura 6.82. La duración de las lámparas halógenas es superior a la de las normales. En estas últimas, el filamento de tungsteno emite unos vapores que se adhieren al cristal disminuyendo la intensidad luminosa, mientras que en las halógenas el gas inerte impide que estos vapores se adhieran al cristal y los devuelve al filamento. Para que se produzca este efecto la bombilla debe estar por encima de los 250 grados centígrados, por esta razón se utilizan bulbos de cristal pequeños y se construyen en cristal de cuarzo, ya que el mantenimiento de elevadas temperaturas provocaría la rotura a un cristal normal.



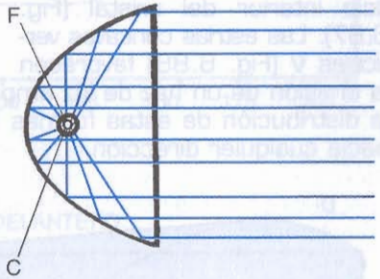
6.84. Situación de la lámpara entre el foco y la parábola.

La unidad utilizada para medir la intensidad luminosa es la "candela" (cd) y la unidad de flujo luminoso es el "lumen". Dependiendo del tipo de bombilla, el rendimiento obtenido puede variar. Actualmente se utilizan las lámparas que superan los 20 lm/w. La potencia eléctrica consumida por la lámpara con filamento se sitúa en torno a los 35-45 W, mientras que las que tienen filamento halógeno consumen alrededor de los 55-60 W. En la Fig 6.83 se pueden observar varios tipos de bombillas empleadas en motocicletas. La señalada como A es una halógena de faro delantero, la B una no halógena, la C una bombilla de doble filamento empleada en el faro trasero, mientras que las D y E se usan en relojes y chivatos y tienen poca intensidad.



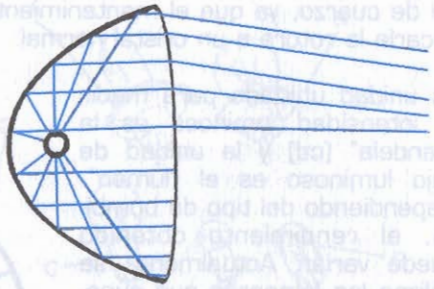
6.85. Situación de la lámpara entre el foco y el cristal.

En el faro delantero, la lámpara va montada en un reflector parabólico, de tal manera que los rayos de luz producidos por este elemento luminoso son reflejados hacia delante, siguiendo todos ellos direcciones paralelas. Para conseguir el paralelismo necesario en los rayos que componen el haz de luz se estudia cuidadosamente la forma que tiene la superficie reflectante, así como el lugar donde debe ir situada la lámpara, para que el filamento que contiene esta fuente luminosa quede situado en el foco de la parábola. Por esta razón la lámpara debe estar fabricada con precisión, ya que de esta manera, al montarla, el filamento quedará situado en el foco de la parábola, y los rayos reflejados saldrán del faro con el paralelismo necesario. Si este filamento F es colocado entre el foco C de la parábola y la superficie reflectante S (Fig. 6.84), los rayos de luz emitidos tomarán direcciones divergentes, dispersándose excesivamente la luz y perdiendo demasiada intensidad la superficie iluminada,



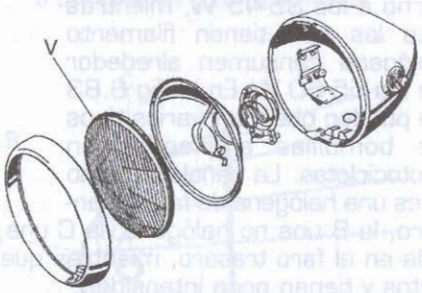
6.86. Situación de la lámpara en el foco.

con lo cual se crea una iluminación deficiente. Si es colocado entre el foco C de la parábola y el cristal del faro R (Fig. 6.85) los rayos convergerán en una zona muy pequeña, produciendo una iluminación intensa limitada a una zona muy reducida. La iluminación óptima se produce cuando el filamento F es situado en el foco C de la parábola (Fig. 6.86), ya que de esta manera los rayos emitidos son paralelos y se distribuyen uniformemente.

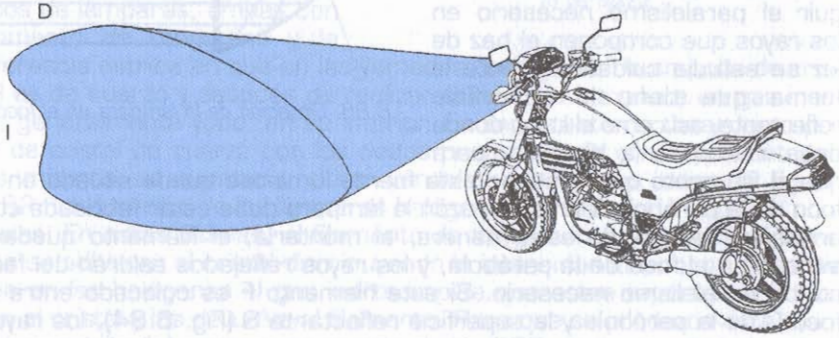


6.87. Desviación de los rayos lumínicos al pasar por las estrías horizontales del cristal.

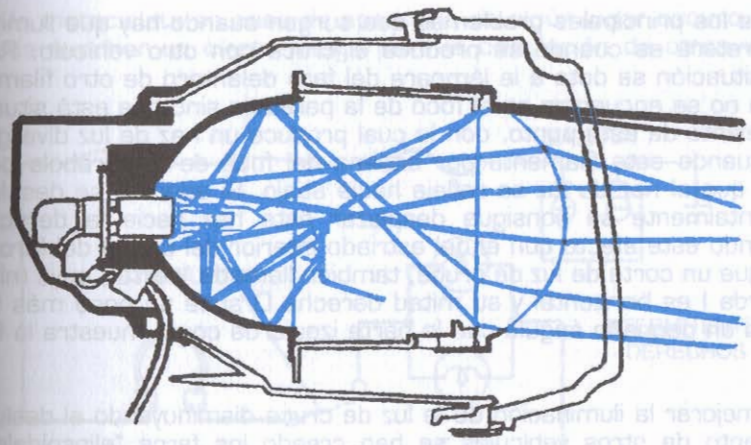
Una vez que han sido reflejados los rayos de luz en la superficie parabólica, se dirigen al cristal del faro, produciéndose su refracción, es decir, un cambio de dirección, al atravesar el cristal. Para evitar que una parte del haz luminoso se dirija hacia el cielo, se curva aún más de lo que es la superficie interior del cristal (Fig. 6.87). Las estrías cóncavas verticales V (Fig. 6.88) favorecen la emisión de un haz de luz amplio y uniforme. Un cuidadoso estudio de la distribución de estas formas interiores permiten dirigir el haz de luz hacia cualquier dirección.



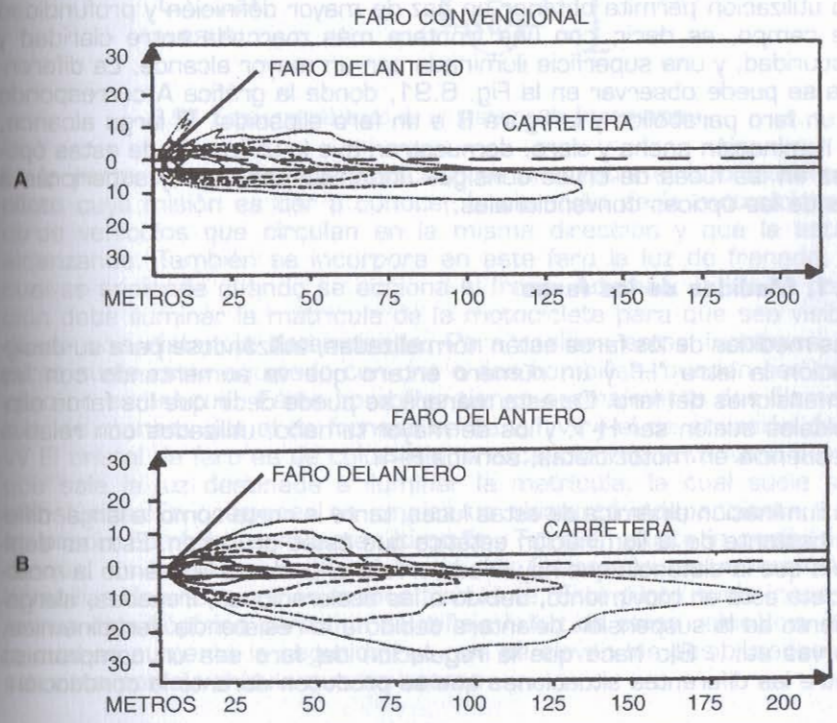
6.88. Estrías verticales del cristal de un faro delantero.



6.89. Forma del halo de la luz de cruce en los países de circulación por la derecha.



6.90. Faro elipsoidal para la luz de cruce.



6.91. Comparación entre la zona iluminada de la carretera de un faro parabólico y uno halógeno en anchura y longitud.

Uno de los principales problemas que surgen cuando hay que iluminar la carretera es cuando se produce el cruce con otro vehículo. Para esta situación se dota a la lámpara del faro delantero de otro filamento que no se encuentra en el foco de la parábola sino que está situado por delante de este punto, con lo cual produce un haz de luz divergente, situando este filamento por encima del foco de la parábola para hacer que el haz de luz se refleja hacia abajo. Si además se desplaza horizontalmente se consigue desplazar este haz hacia la derecha. Apoyando este efecto con el del estriado interior del cristal del faro se consigue un corte de luz de cruce, también llamada "corta", cuya mitad izquierda I es horizontal y su mitad derecha D sube un poco más formando un pequeño ángulo con la parte izquierda como muestra la Fig. 6.89.

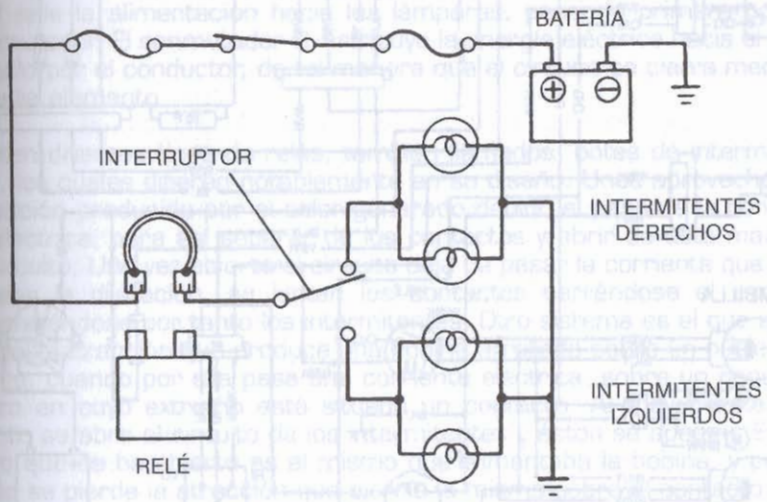
Para mejorar la iluminación de la luz de cruce disminuyendo el deslumbramiento de otros vehículos se han creado los faros "elipsoidales", como el de la Fig. 6.90. La particularidad que presentan estos faros es la utilización de superficies de reflexión de forma elíptica en vez de parabólica. Su tamaño es mucho más reducido que los faros normales, pero su utilización permite obtener un haz de mayor definición y profundidad de campo, es decir, con una frontera más marcada entre claridad y oscuridad, y una superficie iluminada con un mayor alcance. La diferencia se puede observar en la Fig. 6.91, donde la gráfica A corresponde a un faro parabólico y la figura B a un faro elipsoidal. El largo alcance, la iluminación ancha y clara, demuestran que la utilización de estas ópticas en las luces de cruce consigue unos resultados muy superiores a los de las ópticas convencionales.

7.1. Medidas de los faros

Las medidas de los faros están normalizadas, utilizándose para su designación la letra "H" y un número entero que va aumentando con las dimensiones del faro. De esta manera se puede decir que los faros elipsoidales suelen ser H-1, y los de mayor tamaño, utilizados con relativa frecuencia en motocicletas, son los H-4.

La iluminación dinámica de estas luces, tanto la corta como la larga, difiere bastante de la iluminación estática que éstas producen. Esto es debido a que la distancia que hay desde el faro al suelo varía cuando la motocicleta está en movimiento, debido a las aceleraciones, frenadas, alargamiento de la suspensión delantera debido a la resistencia aerodinámica, curvas etc... Ello hace que la regulación del faro sea un compromiso entre las diferentes situaciones que se producen durante la conducción.

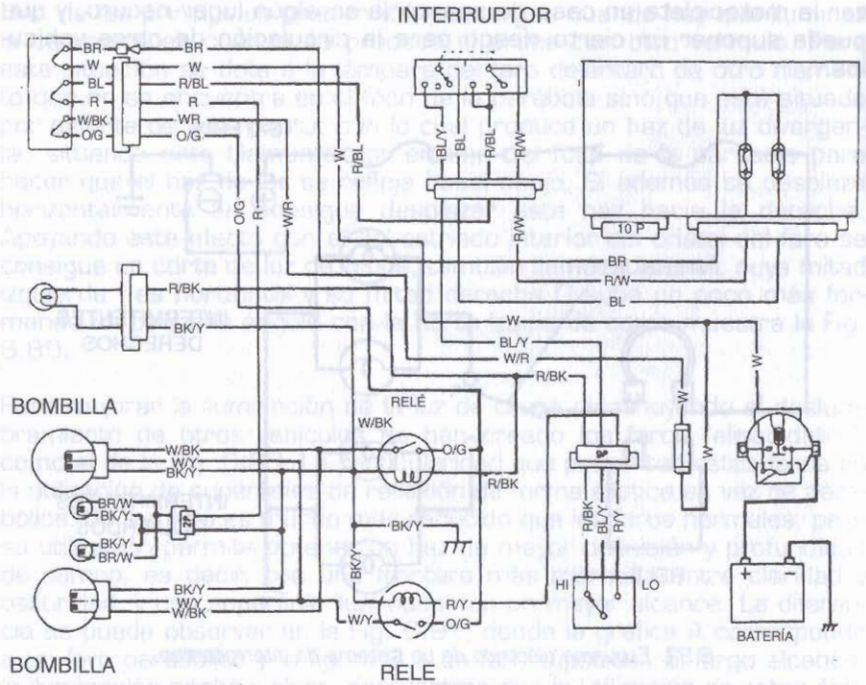
El faro delantero también suele disponer de una pequeña bombilla llamada "de posición" de alrededor de 5 W, que se utiliza para señalizar la motocicleta en caso de aparcarla en algún lugar oscuro, y que pueda suponer un cierto riesgo para la circulación de otros vehículos.



6.92. Esquema eléctrico de un sistema de intermitentes.

En la parte trasera de la motocicleta se encuentra el faro trasero o piloto cuya misión es dar a conocer la situación de la motocicleta a otros vehículos que circulan en la misma dirección y que la están alcanzando. También se incorpora en este faro la luz de frenado, la cual se enciende cuando se acciona el freno. Además, la luz de posición debe iluminar la matrícula de la motocicleta para que sea visible desde una distancia determinada. Para realizar estas funciones, el piloto suele estar equipado con una o dos bombillas, pueden ser más pero no es habitual. Estas bombillas tienen normalmente dos filamentos, de manera que el de frenado es de 21 W y el de situación de 5 W El cristal de faro es de color rojo, a excepción de la ventana por la que sale la luz destinada a iluminar la matrícula, la cual suele ser translúcida. En ocasiones se emplea un elemento independiente, con su propia bombilla, para este último fin. También existe la posibilidad de que, en lugar de una bombilla de dos filamentos, se monten dos bombillas de uno, pero es menos frecuente. Este piloto suele incorporar un catadióptrico para que se refleje la luz de otros vehículos, con lo cual se aumenta la seguridad ya que se elevan las posibilidades de ser visto por el vehículo que se acerca.

En la actualidad casi el cien por cien de las motocicletas de carretera cuentan con indicadores de dirección, también llamados "intermitentes",



6.93. Esquema de funcionamiento de un relé que evita el paso de la corriente por el interruptor.

los cuales están situados a ambos lados de la motocicleta, dos en la parte delantera y otros dos en la trasera. En algunas motos de uso mixto carretera/campo también se montan, principalmente en las motos tipo trail. Los intermitentes tiene como misión avisar a los demás conductores de la maniobra que se va a realizar mediante el parpadeo de los mismos. La dirección elegida para efectuar la maniobra se indica mediante la iluminación alternativa del intermitente situado en el lado correspondiente. También se usan para señalizar una situación de emergencia, y en este caso se encienden los cuatro a la vez. Un caso particular es el impuesto por la reglamentación americana, la cual exige que cuando la luz delantera está encendida los dos intermitentes delanteros tienen que encenderse también con una intensidad menor a la de destello. Las bombillas utilizadas en estos indicadores suelen ser de 10, 15 ó 21 W.

Para el funcionamiento del sistema de intermitencia es necesaria la utilización de un elemento que condicione la cadencia de destellos de estos elementos. Estos destellos están regulados por el código de la circulación y pueden oscilar entre las 60 y las 120 pulsaciones por minuto. Un esquema clásico de una instalación de intermitentes es la representada en la Fig. 6.92. En ella se puede observar cómo la fuente de alimentación, que suele ser una batería, alimenta al relé de intermitencia R y del cual sale la alimentación hacia las lámparas, pasando primero por el conmutador. El conmutador C distribuye la energía eléctrica hacia el lado elegido por el conductor, de tal manera que el circuito se cierra mediante este elemento.

Existen diversos tipos de relés, también llamados "botes de intermitencia", los cuales difieren notablemente en su diseño. Unos aprovechan la dilatación producida por el calor generado debido al paso de la corriente eléctrica, para así separar de los contactos y abrir de esta manera el circuito. Una vez abierto el circuito deja de pasar la corriente que provocaba la dilatación, se juntan los contactos cerrándose el circuito encendiéndose por tanto los intermitentes. Otro sistema es el que aprovecha la atracción que produce una bobina arrollada sobre un núcleo de hierro, cuando por ella pasa una corriente eléctrica, sobre un pequeño brazo en cuyo extremo está situado un contacto. Al mover este elemento se abre el circuito de los intermitentes y éstos se apagan. El circuito que se ha abierto es el mismo que alimentaba la bobina, y por lo tanto se pierde la atracción que ejercía la misma sobre el contacto y se vuelve a cerrar el circuito.

En los últimos años, se ha extendido el empleo de los denominados relés, en la mayoría de los circuitos eléctricos de la motocicleta. Su misión principal es alimentar, lo más directamente posible, el elemento de consumo correspondiente, desde la batería o fuente de alimentación, evitando tener que hacer circular la corriente que alimenta al mismo, por los dispositivos de control y conexionado del circuito.

Se evitan así caídas de tensión, que provocan alimentaciones deficientes de los elementos de consumo, al no llegar los mismos valores de intensidad y voltaje a los mismos, como consecuencia de la citada disminución del voltaje. Dichas caídas de tensión, son fruto de la presencia en el circuito de una resistencia en serie, provocadas por un lado, por la excesiva longitud del cable, al poseer una longitud mayor, dado que su recorrido se incrementa, con lo que su resistencia ya no es de menospreciar y, dado que está intercalada en el circuito, está en serie con el mismo. Esto es algo que se puede solucionar mediante el aumento de la sección del cable, si bien, la complejidad del circuito sigue siendo la misma.

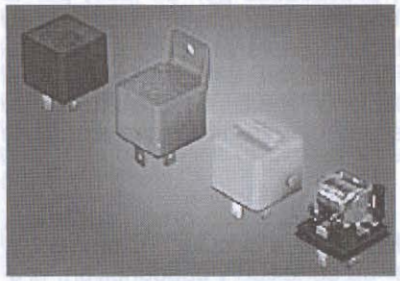
Por otro lado, también se evita el que en circuitos con gran intensidad, como el de alumbrado, por el que pueden llegar a circular 10 amperios, se produzcan arcos eléctricos al realizar su conexión y desconexión, precisamente por el alto valor de intensidad que circula por el mismo.

Dichos arcos eléctricos, producen el desgaste de los elementos de mando (interruptores y conmutadores) al foguearse, teniendo como consecuencia un mal contacto eléctrico en los mismos, lo cual no deja de ser una resistencia en serie, acoplada en el circuito, que a su vez provoca, por un lado una caída de tensión, y por otro una limitación de la intensidad que circula por el circuito, disminuyendo por tanto el voltaje e intensidad que llegan al elemento de consumo.

Básicamente, un relé está formado por un electroimán, cuyo campo magnético actúa sobre un interruptor, muy dimensionado, y por tanto de gran robustez. Dicho interruptor, es el que controla el accionamiento del circuito cuyo elemento de consumo se pretende proteger de caídas de tensión. El circuito que alimenta la bobina del electroimán, cuya intensidad es bajísima (apenas miliamperios), es controlado desde el cuadro de mandos por el conductor, mediante los interruptores y conmutadores habituales, sin que circule por ellos la corriente que alimenta al circuito principal, evitándose sus efectos negativos ya comentados.

La numeración de sus terminales está normalizada, de tal forma que se denomina con el número 30, al terminal de entrada de corriente desde batería al interruptor del relé, y con el número 87 al terminal de salida de corriente hacia el elemento de consumo. En cuanto a la numeración de los terminales de la bobina del electroimán, se denomina con el número 85, al terminal que conecta a masa la citada bobina, y con el número 86 al terminal por el que se alimenta la citada bobina, desde el cuadro de mandos.

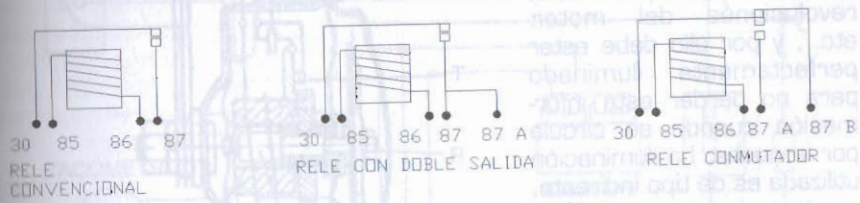
Esta numeración ha de ser respetada, aún cuando en la mayoría de los casos se puedan invertir las conexiones de un mismo elemento (interruptor o bobina), sin que el funcionamiento se vea por ello afectado. Ello es debido, a que los relés se suelen integrar en cajas portarrelés, muchas veces unidas a la caja de fusibles, en la que la conexión de los cables viene impuesta desde fábrica. En cualquier caso, debido a la propia disposición de los terminales en el relé, su posición de montaje en dichos soportes es única, por lo que su conexionado no se ve afectado, debiéndose aplicar la precaución en el caso de que el relé vaya dispuesto individualmente.



6.93 A. Relés

A partir del relé convencional ya descrito, existen diversas variantes del mismo, que complementan y amplían sus funciones. En algunos casos, se montan dos relés integrados en una misma carcasa, pero con funcionamiento independiente. En otros, se disponen dos terminales 87 (A y B), que a su vez pueden estar conectados en paralelo, conectándose y desconectándose ambos a la vez o de forma alternativa, de tal forma que en posición de reposo (con la bobina del relé sin alimentar) se transmita la corriente desde el terminal 30 a uno de ellos (87 A), y al alimentarse la bobina se desconecte éste, pasando a conectarse el otro (87 B). En este caso, el relé también actúa como un conmutador.

En ciertos relés, que controlan el funcionamiento de elementos electrónicos, de naturaleza delicada, se dispone un diodo en el circuito de accionamiento de la bobina del electroimán, de tal forma que ésta sólo pueda ser alimentada desde 86 a 85, y no en sentido contrario, evitándose problemas de conexionado, así como posibles accionamientos incontrolados por corrientes de retorno.



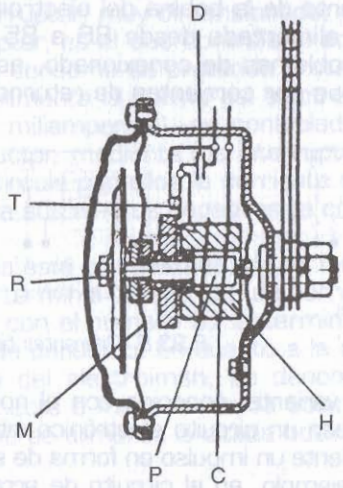
6.93 B. Diferentes tipos de relés.

Existe otra variante, conocida con el nombre de relés taquimétricos, los cuales poseen un circuito electrónico interno, que les permite ser gobernados mediante un impulso en forma de señal eléctrica. En motocicletas se usan, por ejemplo, en el circuito de arranque, impidiendo el conexionado accidental del mismo cuando el propulsor está en marcha, con lo que se evitan costosas averías. Para ello, su circuito interno realiza la desconexión de la alimentación de la bobina del electroimán, a partir de la señal, recibida desde el alternador, de que el motor está en marcha, lo cual se detecta, al aumentar la tensión de funcionamiento. En otros casos, se utiliza también para controlar la alimentación de la bomba eléctrica de gasolina (en motores de inyección o con el depósito fuera de su posición habitual), evitándose su funcionamiento con el contacto puesto y el motor parado, para así eliminar el riesgo de inundaciones e incendios. En este caso, el relé se activa al recibir señal desde el motor de arranque, cuando se procede a la puesta en marcha del motor, manteniéndose posteriormente conectado con la señal enviada por el alternador.

Para efectuar la comprobación del relé, se procederá a alimentar la bobina del electroimán, conectando el terminal 85 a masa y el 86 a positivo de batería, verificándose a continuación que existe continuidad entre los terminales 30 y 87, debiéndose interrumpir dicha continuidad, al dejar de alimentar a la bobina del electroimán. No obstante, dado el bajo coste de estos elementos, es aconsejable su sustitución, en cuanto surja la más mínima duda acerca de su funcionamiento, pues a veces,

con la citada comprobación se constata su aparente correcto funcionamiento, cabiendo la posibilidad, de que un pequeño cortocircuito en la bobina del electroimán, provoque fallos de funcionamiento, al disminuir la intensidad del campo magnético generado por la misma, y ello sea inapreciable a la hora de realizar dicha comprobación. En caso de sustitución habrá de verificarse que el nuevo relé es de características similares al sustituido. En el caso de los relés taquimétricos, su comprobación es aconsejable realizarla por sustitución.

Otro elemento que requiere también iluminación es el cuadro de instrumentos, que informa al conductor de la velocidad a la que circula, revoluciones del motor, etc... y por ello debe estar perfectamente iluminado para no perder esta información cuando se circula por la noche. La iluminación utilizada es de tipo indirecto, es decir, la luz emitida por las bombillas no llega directamente al conductor, para no molestarle, sino que se va reflejando en varias superficies de manera que destaca los elementos que necesitan ser visibilizados y apenas molesta. Las bombillas utilizadas en este caso son de unos 5 W.



6.94. Elementos que forman una bocina tradicional.

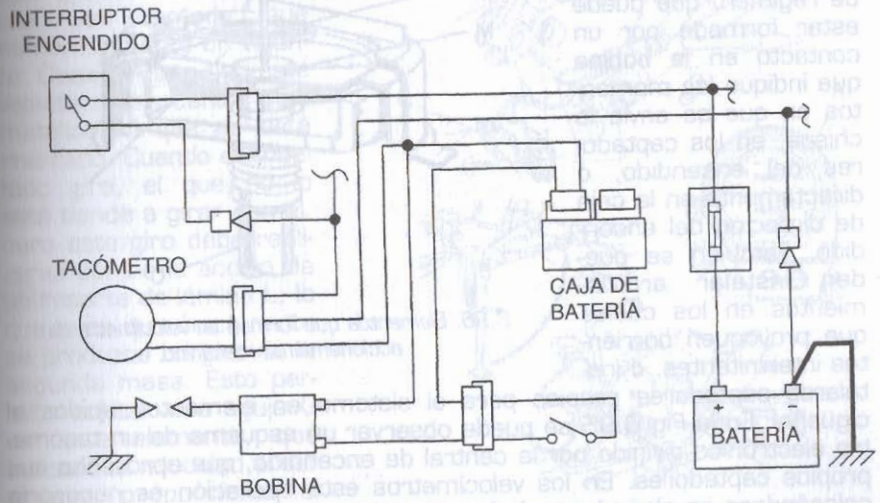
8. INSTRUMENTOS

Las motocicletas modernas están dotadas habitualmente de numerosos elementos accesorios. Hace algunos años, salvo los sistemas de alumbrado y claxon, algunos de control como chivatos o los habituales velocímetros y tacómetros, las motocicletas no incorporaban ningún accesorio ni instrumentación complementaria.

Hoy en día sin embargo, incluso en los modelos de menor cilindrada es normal disponer de indicadores de nivel de combustible, temperatura del refrigerante si lo hay, chivatos con numerosas funciones y varios sistemas de seguridad que impiden el funcionamiento de la moto en determinadas circunstancias.

Todos ellos funcionan mediante circuitos eléctricos de mayor o menor complicación, conjugando un sensor, un circuito y un elemento indicador.

El sistema de alumbrado ya se ha tratado, y es éste junto con el claxon, el habitual en todas las motos sin excepción. El claxon es un elemento destinado a producir sonido, normalmente por vibración, mediante el paso de una corriente eléctrica. El sistema más habitual es similar al de la Fig 6.94 y consta de un núcleo de hierro H sobre

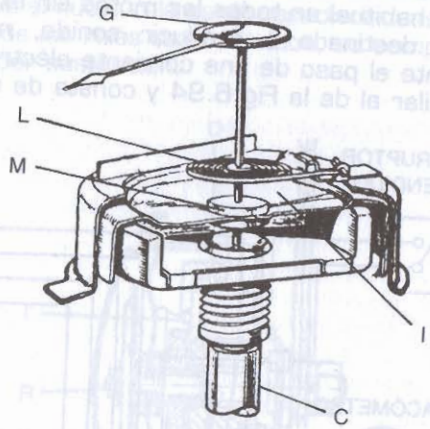


6.95. Esquema del tacómetro de una Kawasaki 750 c.c.

el que se arrolla un conductor C, de modo que, al pasar la corriente, se produce un campo magnético. Este campo atrae un pistón de hierro P hacia él, que a su vez está conectado con una membrana M que produce sonido al cambiar de posición. Para conseguir un movimiento continuo, lo que se hace es obligar a que la corriente deje de pasar por el electroimán cada vez que éste atraiga a la pieza solidaria con la membrana. La forma es muy simple, únicamente hay que construir el contacto, de modo que su desplazamiento corte el circuito. Cuando éste se interrumpe, la membrana tiende a volver a su posición inicial, produciendo de nuevo sonido y desplazando al pistón hasta el punto donde se vuelve a la conexión inicial, de manera que el proceso se repite constantemente. Las bocinas suelen disponer de condensadores D o elementos electrónicos para evitar el chisporroteo en los contactos y también un tornillo R que regula la distancia inicial del pistón al imán, de manera que se puede variar la frecuencia de actuación, y por tanto el tono.

Otros elementos de funcionamiento eléctrico muy comunes son los tacómetros. Hay modelos tanto electrónicos como mecánicos. Los primeros funcionan a base de impulsos eléctricos, mientras que los segundos lo hacen recibiendo la información de un cable giratorio.

El funcionamiento de los primeros también puede ampliarse a los velocímetros de este tipo. Constan de un sensor de régimen, que puede estar formado por un contacto en la bobina que indique los momentos en que se envía la chispa, en los captadores del encendido, o directamente en la caja de dirección del encendido. También se pueden instalar arrollamientos en los cables que provoquen corrientes intermitentes, o instalarse captadores propios para el sistema en elementos unidos al cigüeñal. En la Fig 6.95 se puede observar un esquema de un tacómetro electrónico dirigido por la central de encendido, que aprovecha sus propios captadores. En los velocímetros esta operación es necesaria colocándose en algún lugar de la transmisión secundaria con un imán y una bobina suplementarias.



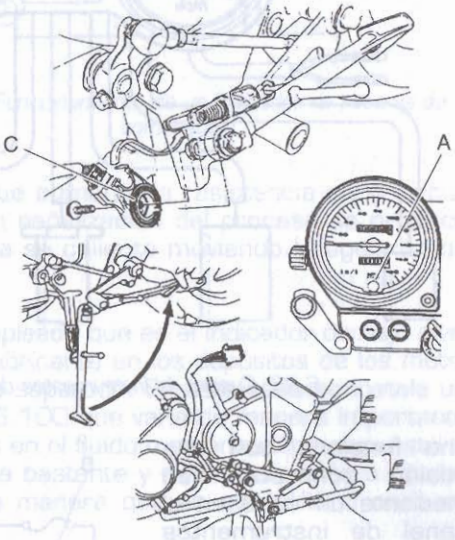
6.96. Elementos que forman un velocímetro de accionamiento mecánico.

La señal del número de chispas o de las revoluciones de la rueda llega al reloj, donde, por medio de un circuito electrónico que consta de varios transistores y diodos de protección, así como de condensadores para evitar las oscilaciones, se cuenta el número de impulsos, convirtiéndolos en una señal de intensidad variable proporcionalmente, de manera que ésta provoca el giro de una aguja sobre un electroimán. Conforme aumenta la intensidad, la aguja tiende a girar contra la acción de un muelle, de manera que se produce un desplazamiento concreto que depende de la intensidad del campo y de la dureza del muelle. Como ésta es constante, a más intensidad más giro. En el exterior se coloca una esfera calibrada, aunque se reaiiza el sistema de manera que el giro sea totalmente proporcional al régimen, para que no haya diferencias en el desplazamiento en ningún punto del campo de régimen. Los velocímetros funcionan exactamente igual.

En ocasiones se pueden instalar paneles de lectura digitales, mediante una pantalla de cuarzo. En este caso es necesario contar con un sistema auxiliar que procese los impulsos y los traduzca en señales para el LED.

Los tacómetros y velocímetros mecánicos, como el de la Fig. 6.96, toman la información del número de revoluciones que da un cable C. Este toma el movimiento del motor o de la rueda, según sea su función, con un número de vueltas concreto por revolución del cigüeñal o de la rueda.

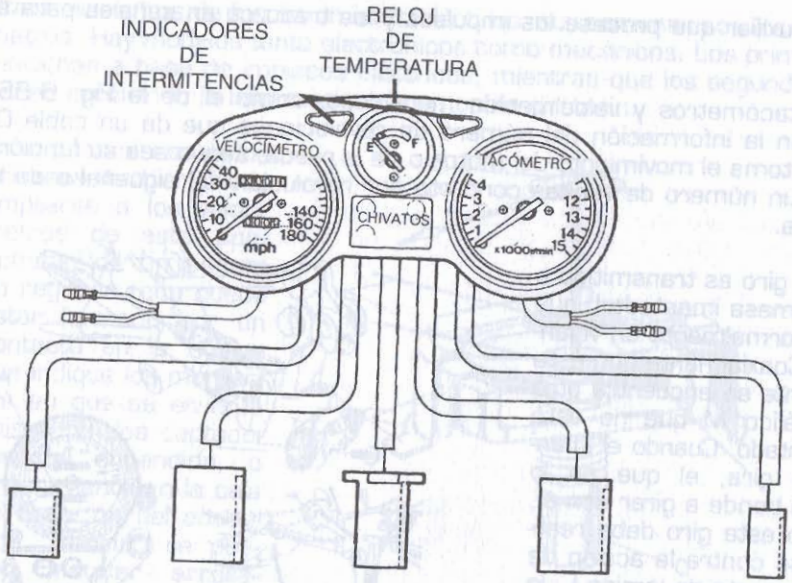
Este giro es transmitido a una masa imantada I, que es normalmente un volante. Coaxialmente con este volante se encuentra otro metálico M que no está imantado. Cuando el imantado gira, el que no lo está tiende a girar con él, pero este giro debe realizarse contra la acción de un resorte de lámina L, lo que hace que únicamente se produzca un giro de la segunda masa. Esto permite sujetar una aguja G en este elemento, que indicará la velocidad al ser el giro proporcional al régimen de revoluciones del cable de accionamiento.



6.97. Sensor de posición de la pata de cabra de una motocicleta Honda.

Hay otros sistemas que funcionan a base de desmultiplicaciones del giro del cable, pero son bastante caros y poco empleados. Un sistema similar a este último sí que se emplea en los cuentakilómetros, que no son más que marcadores que giran en consonancia con las revoluciones de la rueda mediante reducciones muy importantes.

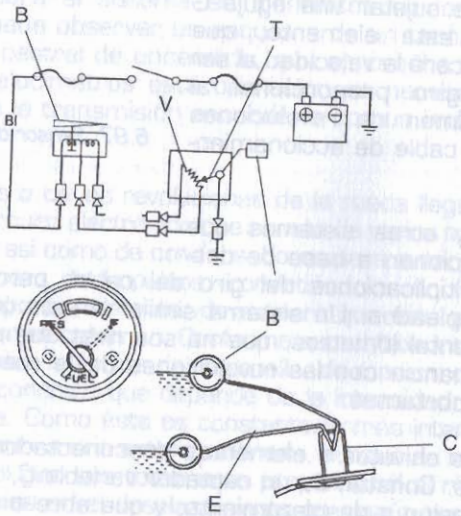
Los chivatos y elementos desconectadores suelen ser bastante sencillos. Constan de un captador variable C, que puede funcionar a base de presión o desplazamiento, y que abre o cierra un circuito eléctrico con un avisador A o un puente en la desconexión del motor. Normalmente hay sensores de punto muerto, de presión y temperatura de aceite ya comentados en sus apartados, de pata de cabra extendida como el de la Fig 6.97, de una marcha insertada o de embrague accionado. Cada



6.98. Cuadro de instrumentos de una motocicleta Suzuki.

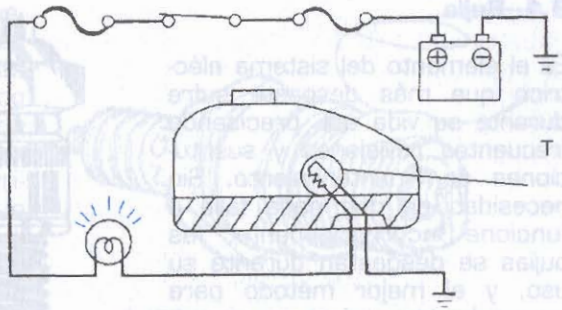
uno funciona con una misión concreta bien mediante un aviso en el panel de instrumentos como se observa en la Fig. 6.98, o bien mediante la acción en algún circuito eléctrico.

Los relojes de nivel de gasolina funcionan mediante un elemento llamado "aforador" que se observa en la Fig 6.99 y que se introduce en el depósito de gasolina, y que dispone de una boya B que va elevándose y hundiéndose conforme lo hace el nivel de combustible en el interior del depósito. Esta boya está conectada mediante un eje E rotatorio a un



6.99. Funcionamiento de un indicador de nivel de combustible.

captador C consistente en un contacto T y una resistencia variable V. Si el captador se encuentra en el principio de la resistencia, ésta es muy pequeña y por el circuito pasa una mayor intensidad. Según se vacía el depósito y la boya desciende, el contacto va deslizando sobre la resistencia hacia su extremo, de manera que aumenta la resistencia en el circuito y su intensidad disminuye. La señalización del proceso se produce con una lámina bimetálica B que se calienta moviendo la aguja o con otro tipo de sistema.



6.100. Funcionamiento de un indicador de reserva de combustible.

Hay un instrumento bastante empleado que es el indicador de bajo nivel tanto de combustible como de lubricante en los depósitos de los motores de dos tiempos con engrase separado. En este caso se instala un termistor T, que se ve en la Fig 6.100 que varía de manera importante su resistencia si está introducido en el fluido o se encuentra expuesto al aire ya que su refrigeración varía bastante y se calienta más o menos con el paso de la corriente, de manera que en este último caso se enciende la luz del indicador.

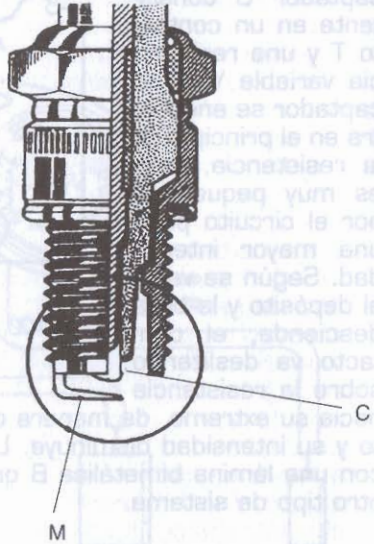
En las motocicletas cada vez se incorporan más accesorios, pero su funcionamiento suele estar basado en componentes electrónicos, que poco a poco van integrándose en un conjunto compacto encargado de todas las funciones.

9. AVERÍAS Y MANTENIMIENTO

Si hay una característica común a todas las averías eléctricas, ésta consiste en que es más difícil la diagnosis de la avería que su propia reparación. La gran mayoría de los componentes eléctricos no son reparables ni ajustables, como ocurre con toda la electrónica moderna. El fabricante acostumbra a construir cajas de plástico cerradas o selladas con silicona, que no pueden ser abiertas sin ser destruidas. Hoy día se incorporan elementos de vida prácticamente ilimitada, sustituyendo a otros que necesitaban un mantenimiento frecuente. También es aconsejable sustituir elementos, como por ejemplo las bujías, para evitar una reparación laboriosa sobre los propios elementos.

9.1. Bujía

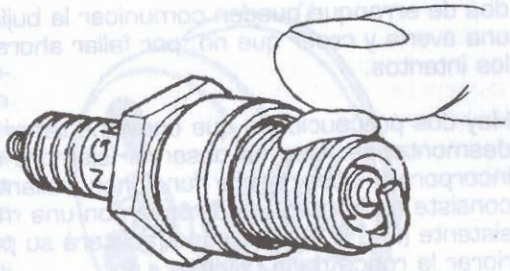
Es el elemento del sistema eléctrico que más desgaste sufre durante su vida útil, precisando frecuentes revisiones y sustituciones de, mantenimiento. Sin necesidad de que nada falle o funcione incorrectamente, las bujías se desgastan durante su uso, y el mejor método para comprobarlo consiste en comparar una bujía nueva y otra muy usada. Se observará cómo el electrodo central C cambia su forma cilíndrica por una semiesférica, y el electrodo de masa M se afila como la punta de un destornillador plano, como se observa en la Fig. 6.101. El mayor problema que presenta este desgaste es el aumento de la distancia entre los electrodos, lo que dificulta el salto de la chispa, y llega a impedirlo. Se debe ser escrupuloso en la elección de la bujía exacta recomendada por el fabricante, así como en la distancia existente entre los electrodos y en la sustitución periódica de mantenimiento.



6.101. Desgaste de una bujía en la zona de electrodos.

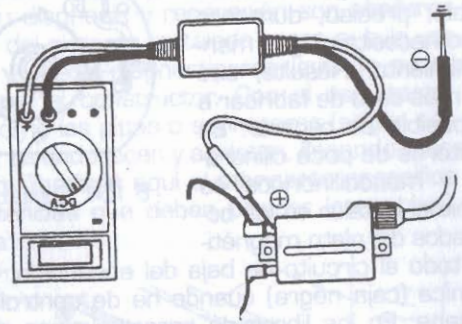
La avería más frecuente en otros tiempos en la bujía era su inutilización por depósitos que impiden la producción de la chispa. Esta avería se presenta sobre todo en motores de dos tiempos, y se llama vulgarmente "perla". La carbonilla, tanto si forma una perla que une los electrodos como si se deposita a modo de película que los comunica sobre la porcelana aislante, es conductora, y transmite la corriente de alta sin producir chispa. Para que esta avería se presente en un motor de dos tiempos, sólo es necesario aumentar la cantidad de aceite de la mezcla o el tarado de la bomba de engrase, mientras que en los motores de cuatro tiempos, la presencia de carbonilla es sólo el síntoma de una avería mucho peor que permite el paso de aceite a la cámara de combustión. No debe interpretarse que siempre que se comunique una bujía en un motor de cuatro tiempos se deba a aceite, pues en muchas ocasiones la bujía se ensucia con otros elementos. Una dosificación excesivamente rica, o el uso insistente a bajas vueltas de un motor pensado para funcionar a regímenes altos pueden hacer insuficiente el proceso de autolimpieza que elimina los residuos depositados.

Una causa común de avería es el cambio de las características previstas por el fabricante, pudiendo esto ocasionar la parada del motor o su destrucción. La forma del recubrimiento de porcelana que separa los electrodos de la bujía, así como su profundidad, determinan el grado térmico de ésta, o lo que es lo mismo, su capacidad para evacuar calor. Si se instala una bujía más fría de la cuenta, se forman depósitos que llegan a comunicar los electrodos y la hacen fallar. Si, por el contrario, se instala una bujía demasiado caliente, evacúa menos calor del previsto, y se forma un punto caliente en el motor, con las consecuencias nada beneficiosas que ello comporta. El citado punto caliente origina tensiones térmicas que conducen a deformaciones permanentes, y la incandescencia de la bujía produce detonaciones indeseadas. En ocasiones, dicha detonación provoca la perforación de la cabeza del pistón.



6.102. Aplicación de grasa a la rosca de una bujía.

Otra avería que proyecta partículas dentro de la cámara de combustión, es la rotura de la porcelana aislante, con gran peligro de rayar el cilindro si se intercalan virutas de material cerámico entre el pistón y la camisa. Lo normal es que la bujía falle antes de que ocurra nada irreparable, pero en ocasiones es difícil observar a simple vista grietas que, bajo la presión de la cámara de combustión, se agrandan y malogran el aislamiento. Es la causa más normal por la que algunas bujías producen una chispa más que correcta al probarla fuera del motor, y después fallan al instalarlas.



6.103. Comprobación de la bobina de alta.

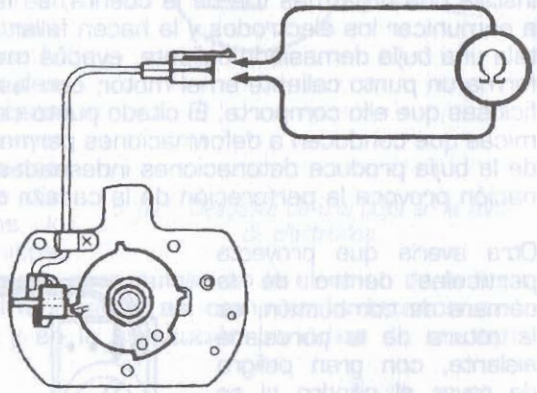
En este último y en todos los problemas con las bujías, el método de diagnosis más rápido y seguro consiste en probar con otra bujía nueva. Si el fallo era de la bujía, diagnosis y reparación se unen en una misma operación. Si el fallo proviene de otro elemento, se reproducirá también con la bujía nueva. Nunca debe olvidarse que muchos intentos frustra-

dos de arranque pueden comunicar la bujía, y llegar el caso de arreglar una avería y creer que no, por fallar ahora la bujía comunicada durante los intentos.

Hay dos precauciones que conviene tener con las bujías al montarlas y desmontarlas. Una es observar siempre el estado de la arandela que incorporan, pues ejerce funciones sellantes y blocantes. La segunda consiste en impregnar la rosca con una mínima cantidad de grasa consistente (Fig. 6.102), lo que facilitará su posterior desmontaje sin deteriorar la rosca de la culata.

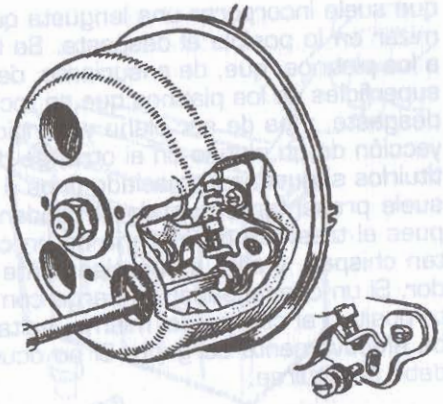
9.2. Encendido

El encendido es uno de los elementos que ha sido transformado por la electrónica, desapareciendo por ello de los programas de mantenimiento. El empleo de encendidos electrónicos sólo comporta ventajas, pues es más fiable, preciso, duradero y no necesita ningún mantenimiento. Resulta, eso sí, más caro de fabricar e imposible de reparar. En motores de poca cilindrada y monocilíndricos es habitual instalar en los bobinados del plato magnético todo el circuito de baja del encendido, sumándole una centralita electrónica (caja negra) cuando ha de controlar la apertura de la válvula de escape. En los libros de características editados por los fabricantes se especifican los valores de resistencia eléctrica que deben dar las diferentes bobinas (Fig. 6.103), así como el método para comprobar la "caja negra", nombre dado comúnmente al sistema transistorizado de gestión del encendido. Cuando se sospecha que esta última es la averiada, comporta un cierto riesgo probar con otra unidad, pues podría resultar también estropeada. En cualquier caso, la única reparación fiable de los elementos citados consiste en su sustitución, en unos casos por resultar más cara la reparación que la propia pieza, y en otros por no ser desmontable.



6.104. Comprobación de la resistencia de la bobina del "pick up".

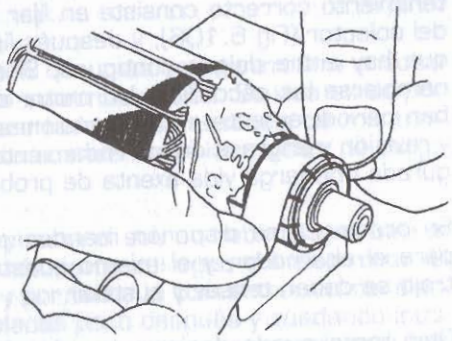
Cuando el motor crece en cilindrada y número de cilindros, se instalan encendidos que no necesitan bobina de baja dentro del plato, y sólo conservan el captador o "pick up", que se encarga de leer la posición del cigüeñal. Esta disposición necesita de la batería para funcionar, sumándose el mal estado de ésta a las posibles causas de una avería, pero desapareciendo a cambio la bobina de baja. Es mucho más frecuente la avería del captador que la de la centralita de encendido, pero, una vez más, la reparación pasa por la sustitución. El diagnóstico del estado del captador se efectúa midiendo su resistencia (Fig. 6.104), dato especificado por el constructor. En el caso de la caja negra, el diagnóstico se complica, siendo habitual que sea necesario un útil específico fabricado y vendido por el constructor.



6.105. Regulación de la distancia entre los contactos de los platinos.

Estos dos sistemas mencionados son los que equipan a la práctica totalidad de las motocicletas fabricadas hoy día, y, aunque los circuitos de alta de ambos tienen diferencias, su diagnosis y reparación son similares. El tipo de bobina de alta depende del sistema instalado, pero si falla, se ha de sustituir indefectiblemente, y puede diagnosticarse leyendo su resistencia del modo especificado por el constructor. Con el uso, tanto los cables de alta de las bobinas, como las pipas o supresores (según sea un motor de dos o cuatro tiempos) se endurecen y agrietan, llegando a comunicarse y precisar la sustitución. También aquí el fabricante especifica en sus tablas de datos, las resistencias que deben ofrecer los cables, las pipas y los supresores. Estos últimos incorporan una resistencia colocada con el fin de eliminar las interferencias producidas en radio y televisión.

Los encendidos por ruptor, más conocidos por "platinos", están prácticamente en desuso, y necesitan frecuentes revisiones de mantenimiento. Se ha de regular la apertura de platinos (Fig. 6.105), que varía con el uso por el desgaste sufrido por los propios platinos y por la leva de accionamiento,



6.106. Limpieza y lijado de los segmentos del colector de un motor de arranque.

que suele incorporar una lengüeta que se impregna en grasa para minimizar en lo posible el desgaste. Se ha de evitar que dicha grasa llegue a los platinos, que, de ensuciarse, dejarían de funcionar. El estado de las superficies de los platinos que se tocan al cerrar determina su grado de desgaste, y ha de ser plano y coincidir perfectamente. Cuando hay proyección de un platino en el otro, se deben lijar hasta planificarlos, y sustituirlos si quedan demasiado finos o no confrontan bien. Este problema suele presentarse cuando el condensador no funciona correctamente, pues el trasvase de materia de un contacto al otro ocurre cuando saltan chispas, y esto es precisamente lo que debería evitar el condensador. Si un condensador se carga con una batería, al acercar su contacto positivo al cuerpo del mismo, saltará una chispa que indica que estaba efectivamente cargado. Si no ocurre así, ha perdido su capacidad y debe sustituirse.

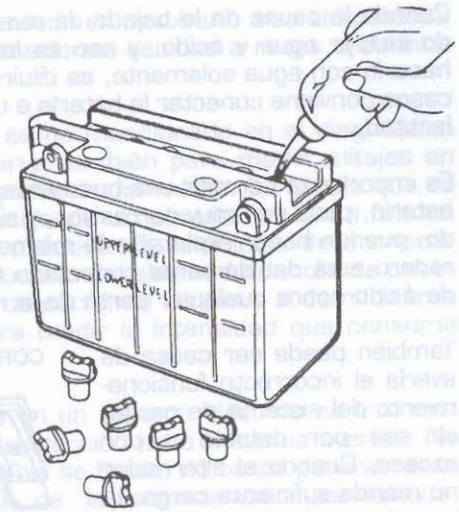
En las operaciones de mantenimiento de estos encendidos hay que incluir las del sistema de avance centrífugo, asegurándose de que sus ejes están perfectamente engrasados, sus muelles mantienen la tensión, y el conjunto se desplaza sin dificultad. Cuando un motor dotado de este tipo de encendido no es capaz de subir de medio régimen ni en vacío, muy habitualmente se debe al avance centrífugo.

9.3. Alternador y motor de arranque

Presentan, en ambos casos, unos bobinados en el estator y otros en el rotor, que pueden ser comprobados midiendo sus resistencias. Los extremos de las bobinas del rotor, acaban en un colector formado por unas placas de cobre dispuestas formando un cilindro y aisladas entre sí. Estas placas se llaman "delgas" y sufren un desgaste que dificulta el buen apoyo de las escobillas. Además, durante el funcionamiento se desprende un polvo de cobre que comunica las delgas entre sí. El mantenimiento correcto consiste en lijar suavemente la superficie cilíndrica del colector (Fig 6.106), y después limpiar cuidadosamente las ranuras que hay entre delgas contiguas. Si su desgaste es acusado, deberán cambiarse las escobillas. Un motor de arranque o alternador que reciban periódicamente estas atenciones, seguidas de una buena limpieza, y revisión y engrase de los rodamientos sobre los que giran, tienen asegurada una larga vida exenta de problemas.

En ocasiones se disponen mandos por cadena o por correa dentada para el alternador, y el mismo constructor indica cada cuánto kilometraje se deben tensar y sustituir.

Otro tanto puede decirse para los sistemas de ataque del motor de arranque, ya sean por embrague unidireccional, bendix desplazable, embrague centrífugo, etc... Cuando necesitan mantenimiento específico, lo indica el fabricante, siendo general la necesidad de mantenerlos limpios y engrasados.



6.107. Ajuste del nivel de electrólito de la batería mediante la adición de agua destilada.

Diagnosticar que el problema de arranque se debe al motor suele ser sencillo, pues la moto arranca perfectamente a empujón, y no responde al relé de arranque (que suena al funcionar) ni aun cuando se ayude a la batería de cualquier modo.

Si lo que falla es el alternador, el primer síntoma que aparece es la descarga de la batería, que se acelerará considerablemente si se utiliza alumbrado u otros sistemas auxiliares. Para achacar el fallo o descartar al alternador se efectúan medidas en su conexión al regulador, teniendo que medirse la corriente que produce, con el motor en marcha, con una escala de corriente alterna. También se pueden medir las resistencias de los bobinados y compararlas con las especificaciones de fábrica.

Cuando el alternador va incluido en el plato magnético, el mantenimiento es nulo, pues no tienen escobillas, siendo igual el método para comprobar su estado.

9.4. Batería

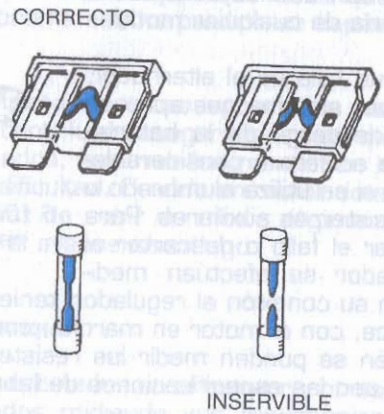
Es el elemento del sistema eléctrico que más mantenimiento precisa para su buen funcionamiento y para su conservación. Su vida es de por sí bastante corta, drásticamente acortada por la ausencia de mantenimiento, deteriorándose rápidamente cuando bajan los niveles de carga o de electrolito (Fig 6.107).

Cuando la batería se encuentra expuesta al sol, es habitual que baje el nivel, debiéndose a la evaporación de parte del agua del electrolito. El ácido no sufre dicha evaporación, y por tanto la concentración del electrolito aumenta, sulfatándose las placas poco después y quedando inutilizables. El hecho de quedarse las placas expuestas al aire acelera el proceso. No debe demorarse la reposición de agua destilada que devuelva el nivel y la concentración adecuadas al electrolito.

Cuando la causa de la bajada de nivel es una caída, el electrolito perdido incluye agua y ácido, y eso es lo que habrá que reponer, pues de hacerlo con agua solamente, se diluirá en exceso el ácido. En estos dos casos conviene conectar la batería a un cargador y reponer la carga con lentitud.

Es importante permitir una buena respiración a los gases que expulsa la batería, pues son muy corrosivos, y si el respiradero se encuentra tapado, pueden hacer explotar a la misma. Debe comprobarse que el respiradero está debidamente conectado a un desagüe que impida el goteo de ácido sobre cualquier parte de la motocicleta.

También puede ser causa de avería el incorrecto funcionamiento del sistema de carga, ya sea por defecto o por exceso. Cuando el alternador no manda suficiente carga, la batería se va descargando y acaba desfalleciendo. Cuando el sistema de carga manda un excesivo número de voltios, la batería se calienta y el electrolito hierve y se gasifica, saliendo por el respiradero y dejando bajo el nivel.



6.108. Fusible en buen estado y fundidos de varios tipos.

El mantenimiento correcto consiste en mantener el nivel y la carga mediante revisiones periódicas, y en proteger los polos de la batería y sus contactos con vaselina o productos específicos existentes para evitar la sulfatación.

9.5. Sistema eléctrico

Cuando el fallo proviene de uno de los cables o de sus conexiones, los síntomas serán los del fallo del sistema al que pertenezca. Una vez que se conoce el cable sospechoso, tarea más fácil si se dispone del plano del sistema eléctrico, se comprueba su continuidad con un polímetro, así como su aislamiento de masa. Si se mide correctamente, y el cable está en buen estado, la resistencia leída será prácticamente nula. Se debe comprobar la buena interferencia de los contactos, así como la inexistencia de sulfato entre ellos. Las conexiones que deban hacerse por reparación o por instalación de elementos auxiliares, deben ser cuidadosamente soldadas y aisladas. Cuando el cableado ha de ser manipulado, deberá ponerse especial cuidado en devolverlo a su sitio exacto, modo de evitar posteriores complicaciones debidas a roces o calentamientos.

Es habitual que el polímetro que se ha mencionado en el diagnóstico de la continuidad de un cable, sirva también para medir voltajes en corriente alterna y continua, así como amperímetro. La escala que se utiliza para determinar la resistencia de un circuito se llama "ohmetro", y es la más utilizada en la práctica. El voltímetro de corriente alterna se usa para medir la producción del alternador, antes de pasar por el rectificador, utilizándose el de corriente continua si se mide tras éste. El amperímetro se usa para medir la intensidad que consume cualquier elemento eléctrico.

En cada circuito de los existentes en un sistema eléctrico se intercala siempre un fusible, que con su destrucción evita mayores averías. No debe olvidarse, que cuando un fusible se funde, no basta generalmente con sustituirlo, pues la causa de la sobretensión permanece. Normalmente se instalan en una caja llamada "de fusibles" que los agrupa y facilita su inspección. En la Fig. 6.108 se puede observar como diferenciar su estado. Es muy importante no variar las características del fusible, pues si se aumentan sus amperios máximos desaparece su función de protección, y si se disminuyen, se fundirá sin motivo al conectarse el circuito.

Conviene revisar en las operaciones de mantenimiento el buen estado de unos interruptores situados en la articulación de la pata de cabra, de la maneta de embrague, de la maneta de freno delantero y del pedal de freno trasero. Estos dos últimos cierran el circuito de la luz de frenada cuando se acciona cualquiera de los frenos. El instalado en el pedal de freno trasero se regula roscando o desenroscando su alojamiento para hacer que se encienda en el momento oportuno. Cuando falla la luz de frenada, si lo hace sólo con uno de los frenos, se deberá revisar el interruptor afectado o su cableado. Si falla con los dos frenos, el motivo más normal es una lámpara fundida, o en ocasiones el casquillo que la aloja. El interruptor de pata de cabra trabaja en colaboración con el de la maneta de embrague y, al soltarla para emprender la marcha, provoca la parada del motor. Cuando se asocia el interruptor de pata de cabra con el sensor de punto muerto, la parada sobreviene al abandonar éste para insertar una marcha. El fallo de estos sistemas provoca curiosas averías, fáciles de diagnosticar si se piensa un momento con tranquilidad. Pararse a pensar un instante ante cualquier avería, lejos de ser una pérdida de tiempo, suele ahorrarlo. Esto se acentúa cuando se trata de averías eléctricas, por lo común difíciles de encontrar.

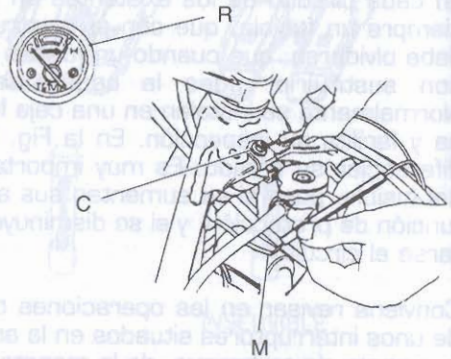
Otro elemento auxiliar que puede ser regulado es el claxon, cuyo tono e intensidad se modifican girando un tornillo situado en la parte trasera

del mismo. Es importante conservar el anclaje elástico del claxon, que aumenta su sonoridad y alarga considerablemente su vida.

En cuanto a los sistemas de intermitencia, su fallo más habitual consiste en que uno de los pilotos se enciende y se queda fijo o parpadea a demasiada velocidad, mientras que el otro permanece apagado. Se habrá de sustituir la lampara fundida, teniendo cuidado de instalar una de la misma potencia. Cuando los dos pilotos se encienden pero no parpadean, lo habitual es que se deba a una potencia excesiva de las lámparas, o a una avería en el relé de intermitencia. Ello puede provocar también que no se encienda ninguno de los pilotos.

9.6. Reguladores y relés

La avería de un regulador de corriente eléctrico, se diagnostica fácilmente pues provoca una sobrecarga en la batería y la hace hervir. Esto sucede cuando el regulador deja de cumplir su misión de cortar el paso de la corriente cuando sobrepasa la tensión de carga. Si el fallo hace que el regulador cierre demasiado pronto, conducirá a la descarga de la batería. Estos mismos síntomas se dan en el caso de reguladores electrónicos, aunque con mucha menos frecuencia. En este último caso la sustitución del regulador averiado es aconsejable también en los eléctricos, pues su reparación no resulta fiable.



6.109. Comprobación del reloj de temperatura de una motocicleta Honda refrigerada por agua.

En muchos sistemas de carga, el rectificador de corriente aparece aislado del regulador, y suele consistir en un puente de diodos. Con ellos se convierte en continua la corriente alterna producida por el alternador, y su fallo conduce a la descarga de la batería. Para detectar esta avería, se tendrá en cuenta que el alternador produce la corriente alterna especificada por el constructor, y sin embargo, no llega suficiente tensión al regulador. En los reguladores electrónicos se suele incluir el rectificador, siendo inseparables y obligando la avería de uno a la sustitución de ambos.

En lo que se refiere a relés, los más habituales son el de arranque y el de intermitencia. Ambos suelen ser indesmontables, aparte de que el hilo de los bobinados es tan fino que impide su manipulación. Quien

intenta reparar un relé, en lugar de sustituirlo, pierde tiempo y paciencia y acabará por cambiarlo.

Cómo se detecta el fallo del relé de intermitencia ha sido ya explicado. Para comprobar el de arranque, basta escucharlo al oprimir el botón dispuesto al efecto, pues emite un claro sonido al cerrar el circuito del motor de arranque. Es muy habitual hoy día instalar un fusible principal en las inmediaciones del relé de arranque, que cuando se funde, deja sin corriente a todo el sistema eléctrico.

9.7. Instrumentación

La primera precisión que debe hacerse sobre las averías de la instrumentación es distinguir las averías evidentes de las que permanecen sin manifestarse hasta que causan una avería mayor. Si falla el cuentavueltas o el cuentakilómetros, es constatable a primera vista. pero un mal funcionamiento del chivato de presión de aceite puede ocasionar la destrucción del motor antes de que se note nada raro. Un repaso periódico de los elementos de la instrumentación puede ayudar a evitar estos fallos.

En primer término del cuadro de mandos, se destacan normalmente tacómetro y velocímetro. Este último está accionado por medio de un cable flexible cuya rotura es la causa más habitual de avería. El grupo cónico, normalmente de material plástico, es la segunda causa de avería mas probable, quedando en último lugar la posibilidad de que falle el mismo cuentakilómetros. Esto último no suele ocurrir, siendo necesario sustituirlo si falla por no ser desmontable. Cuando fallan los dos primeros elementos. dejan de funcionar tanto cuentakilómetros como velocímetro.

Hay fabricantes que utilizan cuentavueltas mecánicos que funcionan del mismo modo que el cuentakilómetros, pero son mucho más fiables, pues toman el movimiento del motor y no sufren flexiones debidas a la suspensión.

La alternativa a los tacómetros de mando mecánico la constituyen los electrónicos, que leen los impulsos de una bobina o de la caja negra del encendido y mediante métodos electrónicos hace moverse la aguja. Tanto estos tacómetros como los explicados anteriormente y los cuentakilómetros son muy duraderos, y se sustituyen sólamente si son destruidos tras un impacto.

Cuando el fallo sobreviene en el reloj de temperatura del líquido refrigerante, se debe proceder del modo que se observa en la Fig. 6.109. Se desconecta el cable C que llega al captador de temperatura, y se comprueba el estado del reloj R conectándolo a la masa M. Si la aguja sube hasta arriba en la escala, el causante de la avería es el captador de temperatura. Este método para determinar la avería

coincide con el de las averías del ventilador instalado en el radiador de los motores refrigerados por agua.

También se procederá del mismo modo cuando no funcione correctamente el chivato de presión de aceite, que se enciende siempre que está dado el contacto y el motor está parado. Se desconecta el cable que une el manocontacto y el chivato y se toca con él en masa. Si el chivato se enciende, entonces el manocontacto es el averiado. Si no se enciende, lo normal es que la lámpara del chivato esté fundida.

Una vez más se repite el método de diagnóstico para comprobar el estado del aforador, pero en esta ocasión no se toca masa, sino que se conectan ambos cables procedentes del reloj y éste debe marcar depósito lleno. Si ocurre así, el causante de la avería es el reostato instalado en el interior del depósito.

El piloto de punto muerto funciona por medio de un contacto instalado en el selector de cambio y que sólo conecta a masa cuando se encuentra en la posición citada. Nuevamente se utiliza el mismo método de diagnosis, y si, conectando a masa el cable que viene del chivato éste se enciende, el contacto deberá ser sustituido. Si no ocurre así, se debe revisar la lámpara y la toma de corriente.

La causa más frecuente de fallo del piloto de luz larga, es que se funda su lámpara, debiendo revisarse en otro caso su conexión con el mando de luces.

El mismo procedimiento sirve para el caso de los avisadores de luz de intermitencia.

Cuando deja de encenderse el piloto de pata de cabra extendida, la causa de la avería puede estar en el interruptor o en la lámpara. Si se conectan los cables que llegan a aquél y no se enciende ésta, el fallo está en la lámpara, pudiendo extraerse la conclusión contraria si funciona correctamente.

Los chivatos de reserva de gasolina se reparan como uno de presión de aceite, pues el principio de funcionamiento es el mismo. El problema principal de este avisador es que no se puede comprobar su funcionamiento como en el caso del chivato de presión de aceite, y muchas veces, el primer síntoma de la avería llega al quedarse vacío el depósito.

9.8. Iluminación

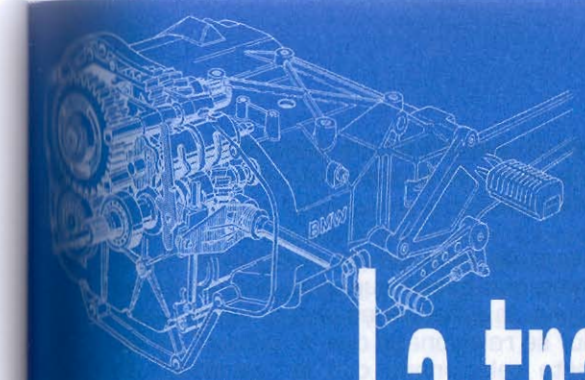
Del mismo modo que, cuando falla cualquier elemento del sistema eléctrico, lo primero que debe hacerse es comprobar el estado de los fusibles, en el caso de la iluminación se debe revisar la lámpara afectada. En los circuitos de iluminación, los fusibles no afectan sólo a una de las lámparas, por lo que se deben revisar solamente en averías más generales.

Así se puede resumir en uno el método por el que se reparan las averías de la iluminación: sustituir la lámpara fundida. Si con esto no se soluciona la avería, se debe revisar el casquillo, a continuación el cableado y, por último, el mando de luces y el relé cuando existe.

Otro tanto puede decirse de los sistemas auxiliares como faros antiniebla, larga distancia, luces de emergencia, etc.

También están sujetas a averías las pantallas de proyección, que se estropean con el contacto más sutil y no son reparables. Cuando se instalan lámparas halógenas en pantallas no preparadas para alojarlas, es normal que se rompan por exceso de calor. Nunca deben tocarse con los dedos las lámparas halógenas, pues esto haría que perdieran parte de su efectividad y se fundieran mucho antes.

Una regulación posible de la iluminación consiste en dirigir la altura de los faros delanteros y su dirección. Aunque cambia la ubicación de los tornillos de regulación según los modelos, lo habitual es encontrarlos en el marco del propio faro o en la parte trasera de su caja. Se disponen dos mandos, con los que se mueve el faro en el plano horizontal y en el vertical, y aunque el fabricante indica en los libros de mantenimiento el método particularizado de cada modelo, se puede seguir siempre el método de situar la moto a algunos metros de un vehículo y comprobar que las luces de cruce no molestan a los ocupantes al iluminar la zona acristalada. En estas condiciones, la luz de carretera debe producir un haz cuya parte superior mantenga una ligera bajada desde el faro. Todas estas mediciones se deben realizar con la moto sobre las ruedas y en las condiciones de carga habituales. Se debe tener en cuenta al regular horizontalmente, que la luz de corta no es simétrica con respecto al eje longitudinal de la motocicleta. Se debe buscar la mejor iluminación posible por la seguridad que ello conlleva, pero por esta misma seguridad y por lógica cortesía hay que intentar no molestar a los que circulan de frente. En las ocasiones en que se circula con pasajero y muy cargado, la suspensión baja considerablemente, y la altura del haz de luz sube y falsea la regulación. Conviene ser cuidadoso en este aspecto, pues suele coincidir con viajes largos y, por tanto, largas incomodidades.



La transmisión

1. GENERALIDADES

1.1. Necesidad

Para que el movimiento generado en el motor llegue hasta la rueda trasera, se requiere la utilización de diversos mecanismos en serie que forman un conjunto cuya denominación usual es la de transmisión o, más técnicamente, "cadena cinemática". Aunque a lo largo de la historia sus características han variado notablemente, siempre se ha tratado de resolver con mayor o menor acierto la necesidad real que existe de tal conjunto.

En el caso más sencillo, que consistiría en la aplicación directa del eje del motor al eje de la rueda, se presentan dos dificultades esenciales: la primera, que si bien un motor de motocicleta, dependiendo de la cilindrada, puede necesitar girar a unas 4.000 r.p.m. para proporcionar la potencia suficiente como para hacerla circular a unos 100 Km/h, a ese régimen la rueda obligaría a hacerlo a no menos de 200 Km/h si es de un tamaño normal. La segunda dificultad sería, que siempre se debería arrancar la moto "a empujón", salvo que se contase con un motor de arranque suficientemente potente como para impulsarla desde parado hasta por ejemplo 50 Km/h, donde un motor normal empezaría a proporcionar cierta potencia. La primera dificultad se podría resolver usando ruedas mas pequeñas, pero ello impediría desarrollar en las zonas favorables toda la velocidad posible gracias a la potencia del motor. Por el contrario, una rueda grande haría posible esto último, pero no el subir una cuesta pronunciada. En definitiva, se comprende la necesidad de emplear

relaciones de transmisión distintas en función de las circunstancias. En cuanto al segundo problema, es la causa de la necesidad del uso de un mecanismo que llamaremos "embrague".

Se recordará que el par o esfuerzo de rotación en el cigüeñal de un motor, depende de muchos factores que hacen que varíe finalmente en función del régimen de giro. Además, la potencia es proporcional simultáneamente a dicho par (cuyo valor se relacionaba con la "calidad" de las explosiones) y régimen (igualmente relacionado con la "cantidad" de explosiones por minuto). Pero además ya se ha comentado que, para que se produzca la deseada estabilidad en el desarrollo de la marcha, debe funcionar a unas RPM que estén comprendidas entre dos valores: por abajo, el de par máximo y por arriba el de potencia máxima. Pues bien, es mediante el conocimiento de estos y algunos otros datos como los diseñadores llegan finalmente a determinar las características de la transmisión más adecuada, que suele componerse de transmisión primaria, embrague, cambio y transmisión secundaria. En ciertos casos puede faltar alguno de ellos, como se verá más adelante.

A modo de resumen se puede decir que la transmisión manda la potencia desde el cigüeñal a la rueda trasera (hay que citar no obstante que en algunos casos se ha llegado a mandar también a la delantera), con unas mínimas perdidas por rozamiento. El embrague permite conectar o desconectar momentáneamente y a voluntad tal envío. El cambio conserva el valor de la potencia, "traduciéndolo" desde las primeras relaciones en que ofrece un gran par o esfuerzo de giro —propio para superar grandes pendientes— junto con una velocidad reducida, hasta las últimas de par reducido, para llanear a gran velocidad.

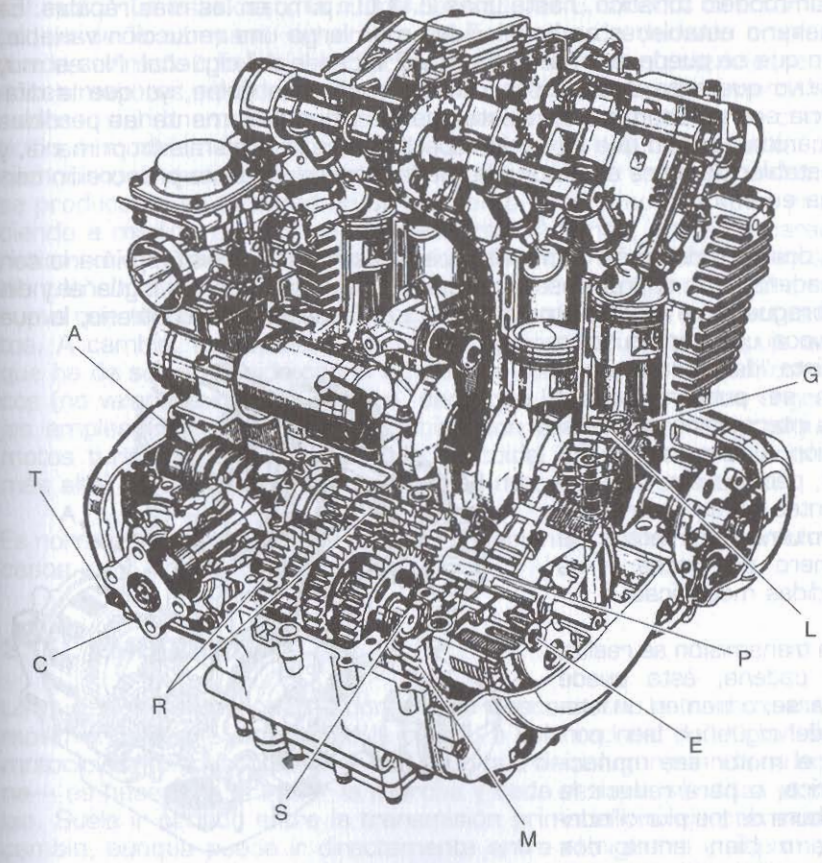
1.2. Disposición real en un motor

Se trata de un ejemplo de embrague multidisco en baño de aceite. En la Fig. 7.1 se aprecia un motor Suzuki con parte de su caja de cambios a la vista. Desde un piñón tallado en el cigüeñal G llega la potencia al que tiene la maza M en su periferia, de tal manera que hace moverse al conjunto del embrague E. Esto es lo que llamamos "transmisión primaria". El embrague se utiliza sólo al arrancar y en los cambios de relación o marcha; en tales casos, el conductor de la motocicleta oprime la maneta izquierda del manillar, que por medio de un cable o sistema hidráulico acciona la leva L. Como consecuencia, se detiene el giro del eje primario P. En marcha normal, el eje primario P gira a la misma velocidad angular que E. Como se observa, lleva montados sobre él varias ruedas dentadas R o piñones, enfrentados a otros tantos en un segundo eje paralelo a él que se llama "eje secundario" S. Al hacer funcionar cada una de las parejas formadas a su vez por las ruedas engranadas de cada piñón del primario con cada piñón del secundario se obtienen las

distintas marchas o relaciones de cambio. La misión de emparejarlos se ha encomendado al mecanismo de selección, que no se aprecia en la figura, y que se acciona a través de una palanca de cambios que se monta sobre el eje T del mismo. La presencia del amortiguador A de la transmisión, tiene como objetivo evitar las brusquedades en el envío de la potencia, que podrían llegar a romper algún elemento de la misma. También se destaca en este caso la salida C hacia el cardan.

2. LA TRANSMISIÓN PRIMARIA

Los elementos que se encargan de comunicar el movimiento del cigüeñal al embrague, reciben el nombre de transmisión primaria. Esta pri-



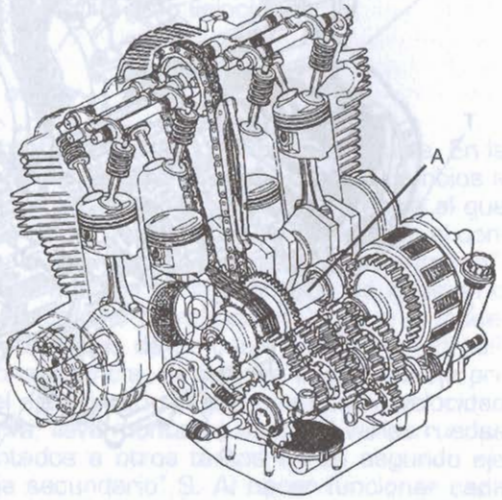
7.1. Elementos de transmisión en el motor de una Suzuki GSX 750 c.c.

mera etapa en la transmisión suele estar dotada de una primera desmultiplicación, entendiendo por esto una disminución de la velocidad de giro del eje al que se transmite el movimiento respecto del original. Para ello, no hay más que dotar de un mayor número de dientes a la rueda dentada del embrague respecto de la del cigüeñal.

Hay que tener en cuenta que un motor de motocicleta gira por necesidades constructivas en unos regímenes máximos que varían entre las 6.000 r.p.m. de los más tranquilos, a las 14.000 r.p.m. de los más revolucionados. Por cuestiones de diseño, que incluyen desde el trabajo del neumático hasta la estabilidad, las ruedas de las motocicletas tienen un desarrollo cercano a 2 m, normalmente un poco más, y se exceptúa aquí a los scooters, que son vehículos especiales de baja velocidad. El régimen de giro de las ruedas puede variar desde unas 1.000 r.p.m., en un modelo turístico, hasta unas 2.000 r.p.m. en las más rápidas. Es necesario establecer en la velocidad más larga una reducción variable, pero que se puede estimar entre 5 y 8 veces la del cigüeñal. No es muy positivo que esta desmultiplicación se realice de golpe, ya que la diferencia entre el número de dientes de los piñones aumenta las perdidas mecánicas, por lo que se suele repartir entre la transmisión primaria, y la establecida entre el motor y la rueda trasera, con una proporción cercana en ambas.

Los dos métodos más comunes para realizar la transmisión primaria son la cadena y los engranajes. En el primer caso, los ejes del cigüeñal y del embrague giran en el mismo sentido, y en el segundo al contrario, lo que provoca una construcción distinta del motor. También se pueden instalar ejes intermedios de transmisión A como en la Fig. 7.2, pero no son muy frecuentes porque aumentan el volumen del motor, su número de piezas y las pérdidas mecánicas.

Si la transmisión se realiza por cadena, ésta puede situarse, o bien en un lateral del cigüeñal, bien porque el motor sea monocilíndrico, o para reducir la anchura de los pluricilíndricos, o bien entre dos muñequillas del cigüeñal, sobre todo si éste es bastante ancho, como suele ocurrir en los motores en línea. Esta disposición se puede considerar común con los engranajes. Las cadenas empleadas suelen ser de las denominadas de "placas", como la de la Fig. 7.3, formadas por numerosas placas remachadas, que aseguran una larga vida en buenas condiciones de engrase, como las que se dan en el interior del motor. En motores pequeños pueden usarse también cadenas de rodillos, pero no es lo normal.



7.2. Eje intermedio de transmisión primaria en una Moto Guzzi GTS 400.

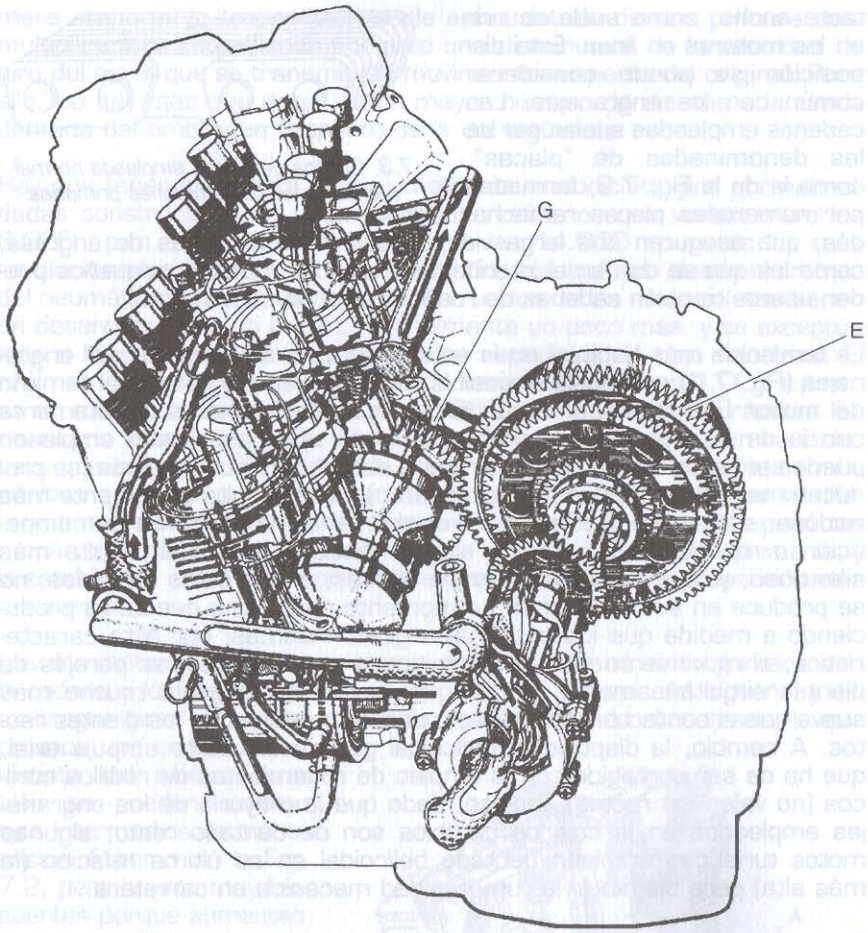
7.3. Cadena de placas empleada normalmente en las transmisiones primarias.

La tendencia más habitual en la actualidad es la transmisión por engranajes (Fig. 7.4) que anula el posible mantenimiento y reduce el tamaño del motor. En este caso, la rueda del cigüeñal G conecta directamente con la de la campana del embrague E. El tipo de dentado empleado puede ser recto o helicoidal. El primero absorbe menos potencia (se producen menores pérdidas por rozamiento), pero resulta claramente más ruidoso, siendo empleado, casi exclusivamente, en motores de competición o modelos derivados de ella. El dentado helicoidal resulta más silencioso, ya que el contacto entre dientes, al ser éstos curvados, no se produce en su totalidad en un momento dado, sino que se va produciendo a medida que los engranajes giran. Además, por esta característica, el movimiento se va transmitiendo entre dos o tres parejas de dientes simultáneamente, por lo que resulta en conjunto mucho más suave que el contacto total y directo que se produce con los dientes rectos. A cambio, la disposición helicoidal genera un cierto empuje axial, que ha de ser corregido con el empleo de rodamientos de rodillos cónicos (no valen los rectos). Incluso, dado que la mayoría de los engranajes empleados en la caja de cambios son de dentado recto, algunas motos turísticas emplean dentado helicoidal en su última relación (la más alta) para disminuir la rumorosidad mecánica en carretera.

Es normal emplear sistemas de amortiguación de transmisión en ambos casos.

3. EL EMBRAGUE

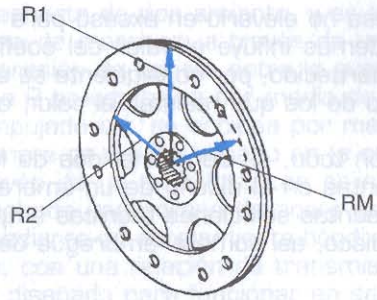
La misión del embrague es conectar o desconectar la transmisión del movimiento desde el motor a la rueda, a voluntad del conductor de la motocicleta. La desconexión —que es lo que tiene lugar cuando se acciona— es necesaria al iniciar la marcha y cada vez que se utiliza el cambio. Suele ir situado entre la transmisión primaria y el eje primario del cambio, aunque puede ir directamente entre el cigüeñal y el primario, como sucede siempre que es de tipo monodisco, o después del variador (cambio automático) en otros casos.



7.4. Transmisión primaria por engranajes en una Suzuki 600 c.c.

Se pueden realizar varias clasificaciones de embragues. Se estudiarán a continuación los de fricción. Por su constitución pueden ser monodisco, multidiscos o de zapatas; por el medio en que se refrigeran pueden ser en seco o en baño de aceite; por el tipo de accionamiento automáticos o manuales (subdivididos en hidráulicos y por cable). Aparte se podría considerar la naturaleza del material de fricción: los de guarnición —también llamada "ferodo", marca comercial muy extendida— cerámicos, metálicos, de corcho, etc. Como se ve, existen infinitud de soluciones al problema planteado. No se considerarán los electromagnéticos ni los llamados "convertidores hidráulicos de par", por ser su fundamento distinto y sus aplicaciones al mundo de la moto escasas o nulas.

3.1. Embrague de fricción



7.5. Medidas esenciales en el cálculo de la superficie de fricción de un embrague monodisco.

En este apartado se estudia un embrague de un solo disco conducido por ser el ejemplo de más fácil estudio. Se trata de analizar qué factores influyen en el valor del par máximo que será capaz de transmitir por las características constructivas y de funcionamiento. En la Fig. 7.5 se distingue el disco dado por las dimensiones R1 y R2, que corresponden a los radios menor y mayor del mismo. La presión ejercida sobre el disco vale P, que, multiplicada por la superficie total de una cara S y por 2 al considerar ambas, da una fuerza total:

$$F = P \times S \times 2$$

que se transforma en la fuerza de rozamiento al multiplicarla por pt, que es el coeficiente de rozamiento:

$$Fr = F \times pt = p \times S \times 2 \times \mu$$

Para saber qué par o esfuerzo de giro significa este valor de fuerza de rozamiento habría que integrarla matemáticamente, pero si suponemos que el radio menor es inferior a 7/10 del radio mayor podemos considerarla concentrada a una distancia llamada "radio medio" Rm, que es la media aritmética de los radios mayor y menor. En tal caso el par que el embrague podría transmitir sería:

$$M = 2 \times S \times P \times \mu \times Rm$$

resultado que vamos a analizar con objeto de conocer las implicaciones del mismo.

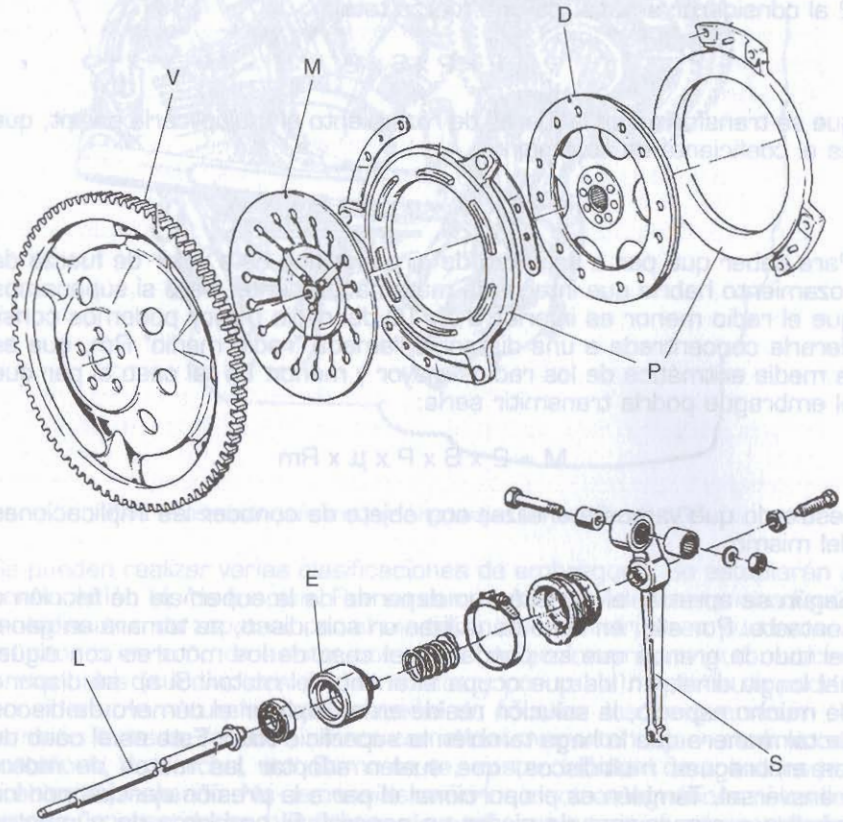
Según se aprecia, el par máximo depende de la superficie de fricción o contacto. Por ello, en caso de utilizar un solo disco, se tomará en general todo lo grande que se pueda: es el caso de los motores con cigüeñal longitudinal, en los que ocupa el ancho del motor. Si no se dispone de mucho espacio, la solución reside en multiplicar el número de discos de tal manera que lo haga también la superficie total. Este es el caso de los embragues multidiscos, que suelen adoptar las motos de motor transversal. También es proporcional el par a la presión ejercida por los muelles o mecanismo de cierre en general. El problema de aumentar este valor es que al accionar el embrague, hay que vencerlo, luego inte-

resa no elevarlo en exceso para no convertir en un suplicio su manejo. Además influye el valor del coeficiente de rozamiento del material del guarnecido, por consiguiente se elegirá aquel que lo tenga más alto dentro de los que resistan el calor, etc.

Con todo, se tiene una idea de los apartados a considerar como relevantes en el diseño de un embrague. A continuación se estudiarán las distintas soluciones técnicas empleadas, el sistema monodisco, el multidisco, así como el embrague de zapatas.

3.2. Embrague monodisco en seco

En la Fig. 7.6 se aprecia la jaula de embrague V hace las veces de volante y soporta a su vez al embrague monodisco en seco. El disco de arras-



7.6. Elementos principales de un embrague monodisco de una BMW modelo K.

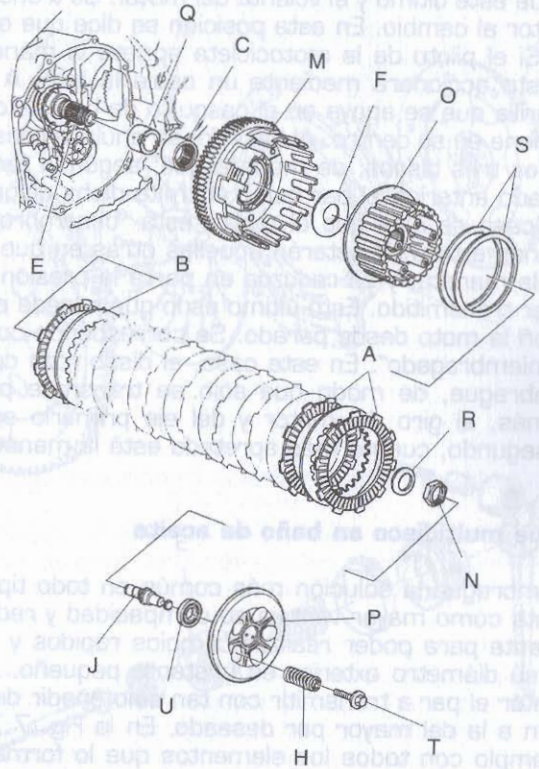
tre D tiene guarniciones exentas de asbesto de tipo amianto, y es solidario con el árbol primario del cambio de marchas, a través de unas estrías engrasadas y niqueladas. La presión de apriete entre la guarnición y los dos discos prensaembrague P se establece por medio de un muelle de diafragma M. La varilla empujadora L se acciona por medio de la leva S, que pivota sobre un cojinete de agujas situado en la cara dorsal del cambio de marchas a través de un émbolo E con cojinete axial. El volante de inercia lleva remachada una corona de acero en la cual engrana el motor de arranque mediante un acoplamiento béndix en el momento de la puesta en marcha, con una relación de transmisión 9/111. Este tipo de embrague está diseñado para funcionar en seco, es decir, al aire.

Durante la marcha, el muelle de diafragma aprieta los discos "prensaembrague" o "conductores" contra ambas caras del disco "de arrastre" o "conducido". Esto hace que los tres se muevan de forma solidaria, y por tanto también lo harán el eje primario del cambio que se introduce en el estriado de este último y el volante del motor. Se transmite el movimiento del motor al cambio. En esta posición se dice que el motor está "embragado". Si el piloto de la motocicleta aprieta la maneta izquierda del manillar, ésta accionará mediante un cable la leva. A su vez ésta empujará la varilla que se apoya en el casquillo de bronce que el muelle de diafragma tiene en su centro. Al hacerlo, se anula la presión que éste ejercía sobre los tres discos, de manera que, según la fórmula obtenida en el apartado anterior, el par que transmite dicha unión es nulo. En este segundo caso se dice que el motor está "desembragado". Entre ambas posiciones extremas estarán aquellas otras en que no se apriete totalmente la maneta, y se reduzca en parte la presión del muelle y asimismo el par transmitido. Esto último es lo que sucede en el momento de partir con la moto desde parado. Se corresponde con la posición de motor "semiembragado". En este caso, el disco roza contra los discos prensaembrague, de modo que sólo se transmite parte del par motor y, además, el giro del motor y del eje primario es diferente y menor el del segundo, cuanto más apretada esté la maneta.

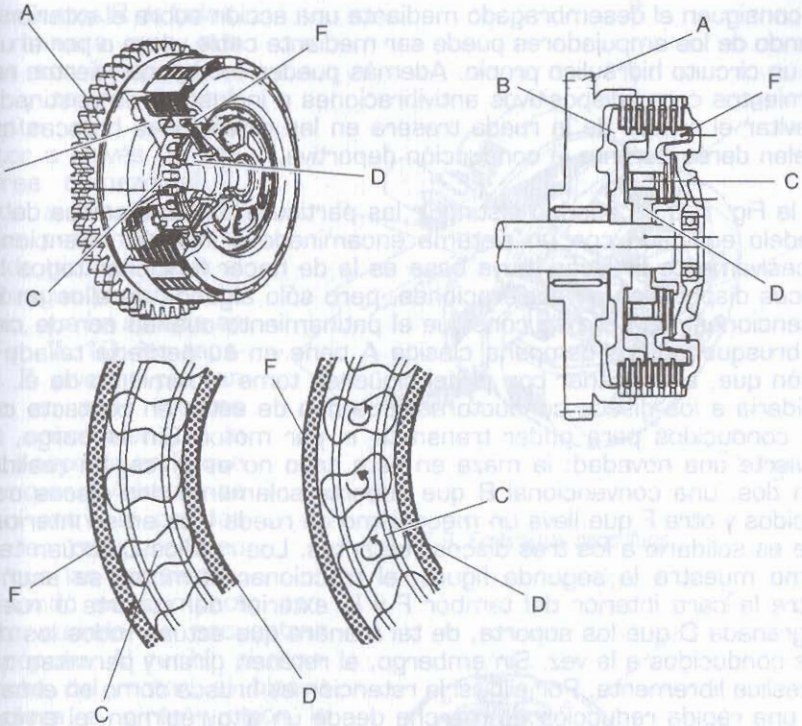
3.3. Embrague multidisco en baño de aceite

Siendo este embrague la solución más común en todo tipo de motocicletas, presenta como mayor ventaja su compacidad y reducida inercia —muy importante para poder realizar cambios rápidos y a la vez suaves— ya que su diámetro exterior es bastante pequeño. Además permite incrementar el par a transmitir con tan sólo añadir discos en idéntica proporción a la del mayor par deseado. En la Fig. 7.7 se observa un sencillo ejemplo con todos los elementos que lo forman. El eje primario E del cambio soporta en voladizo en uno de sus extremos todo el conjunto. Sobre él, apoyándose en el cojinete de agujas C, va la campa-

na M. En su periferia tiene tallado un piñón de gran tamaño que al recibir el movimiento de otro situado en el cigüeñal, hace las veces de transmisión primaria. Se aprecia también el casquillo antifricción Q. Además, por existir dicho cojinete entre campana y eje, se comprende que el giro entre ambos es independiente. Dicha campana está provista de unas entalladuras que se denominan "almenas" y que reciben en su interior unas orejetas idénticas a las que los discos conductores A tienen en su periferia, con lo cual se hacen solidarios. En este caso, son estos discos los que llevan el "guarnecido" o "ferodo" pegado en su superficie. Por otro lado, se distingue la maza, que se fija solidariamente al primario por el estriado interior que encaja en éste. También cuenta con unas entalladuras en su periferia que son complementarias de las que poseen los discos conducidos B en su borde interior, con los que, al montarse el conjunto, queda unido firmemente en cuanto a giro se refiere (pueden deslizar en sentido longitudinal, como en el caso de la campana y los discos conductores).



7.7. Elementos constitutivos de un embrague multidisco de una motocicleta Honda.



7.8. Embrague antibloqueo de una motocicleta Honda de 750 c.c.

Por un lado, la campana recibe el movimiento del cigüeñal y lo transmite a unos discos, y por otro la maza es solidaria al eje primario y a los otros discos. Son necesarias algunas piezas que aseguren el contacto a la debida presión entre todos ellos para asegurar la transmisión del movimiento. De ello se encarga en primer lugar el plato P de presión, que es obligado a comprimir todo el conjunto por la acción de los muelles M, los cuales a su vez están sujetos por los tornillos T. El montaje requiere asimismo de algunos elementos accesorios tales como la arandela antifricción F, los anillos S, la arandela de seguridad R y la tuerca central N. En cuanto a los destinados a la labor de desembrague, son el pistón-empujador J y el rodamiento de empuje U. Por el interior del primario el primero recibe la fuerza que a través de él y del rodamiento se apoyan en el interior del plato de presión y comprimiendo los muelles un poco más liberan de la presión de éste al paquete de discos conducidos y conductores, permitiendo el deslizamiento relativo de los mismos, con lo que motor y transmisión quedan desembragados.

Según el modelo concreto, existen embragues multidisco de accionamiento interior como el visto, y otros que por su disposición constructi-

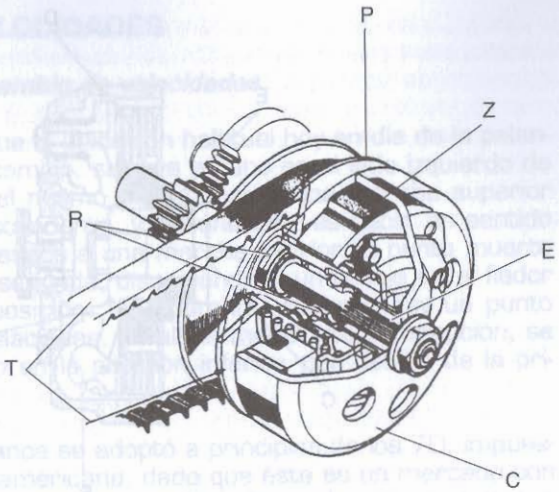
va consiguen el desembragado mediante una acción sobre el exterior. El mando de los empujadores puede ser mediante cable y leva o por el uso de un circuito hidráulico propio. Además pueden incorporar ciertos refinamientos como dispositivos antivibraciones o incluso otros destinados a evitar el rebote de la rueda trasera en las retenciones bruscas que suelen darse durante la conducción deportiva.

En la Fig. 7.8 se pueden distinguir las particularidades técnicas de un modelo equipado con un sistema encaminado a impedir retenciones excesivamente bruscas, cuya base es la de hacer funcionar todos los discos disponibles en aceleraciones, pero sólo algunos de ellos en las retenciones. Con ello se consigue el patinamiento cuando son de cierta brusquedad. La campana clásica A tiene en su periferia tallado el piñón que, al engranar con el del cigüeñal, toma movimiento de él. Es solidaria a los discos conductores, que han de estar en contacto con los conducidos para poder transmitir el par motor. Sin embargo, se advierte una novedad: la maza en este caso no es única. En realidad son dos: una convencional B que soporta solamente dos discos conducidos y otra F que lleva un mecanismo de rueda loca en su interior y que es solidario a los tres discos restantes. Los rodillos C actúan tal y como muestra la segunda figura: al traccionar el motor se acuñan entre la cara interior del tambor F y la exterior del soporte o rueda engranada D que los soporta, de tal manera que actúan todos los discos conducidos a la vez. Sin embargo, al retener, giran y permiten que F deslice libremente. Por ello, si la retención es brusca como en el caso de una rápida reducción de marcha desde un alto régimen, el embrague patina al no poder transmitir tanto par, con lo que se evita el bloqueo de la rueda trasera. El uso de embragues anti-rebotes se ha demostrado del todo satisfactorio y fiable, por lo que las grandes bicilíndricas, muy propensas a bloquear la rueda trasera en reducciones, suelen emplearlo. También comienza a ser utilizado por las tetracilíndricas de gran cilindrada.

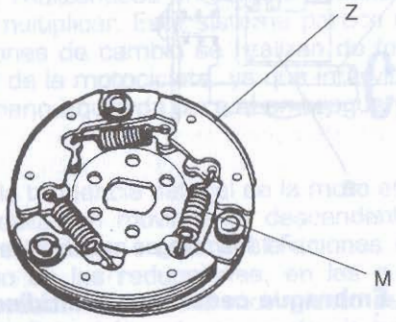
3.4. Embrague centrífugo de zapatas

La característica esencial de los embragues centrífugos reside en que no necesitan de un mando separado para su accionamiento. En su estado de reposo se encuentran desembragados (al revés de lo que sucedía en los operados manualmente vistos hasta ahora) y la labor de embragado se realiza de forma automática. En la Fig. 7.9 se aprecia la disposición de los elementos que constituyen un embrague centrífugo de fricción por zapatas montado a su vez en un conjunto de cambio completamente automático. Su empleo queda reducido en general a motores de poca potencia como los de los ciclomotores y los scooters, normalmente dotados de transmisión automática. Se observa que la polea conducida P va montada sobre el eje de la transmisión por medio de dos

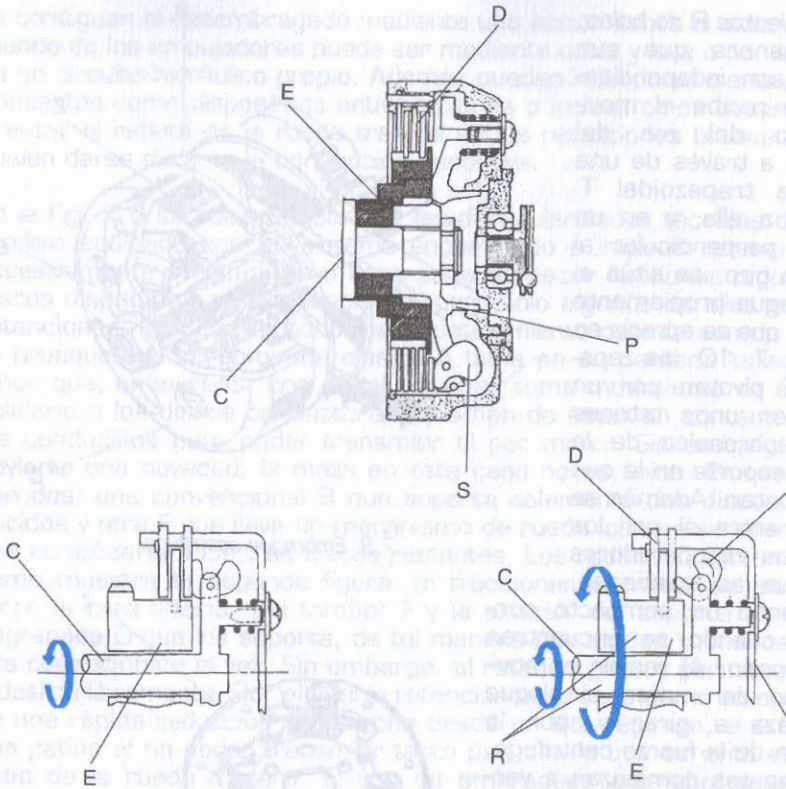
rodamientos R de bolas, de manera que sus giros son independientes, y recibe el movimiento del eje del motor a través de una correa trapezoidal T. Unida a ella, y en un plano perpendicular al eje de giro, se sitúa el embrague propiamente dicho, que se aprecia en la Fig. 7. 10: las zapatas Z pivotan por un lado en unos tetones que sobresalen de la placa-soporte en la que se montan. Además se unen entre sí por los muelles recuperadores M, que las mantienen, formando un compacto conjunto cuando se encuentran en reposo. Al recibir el movimiento del motor, el bloque empieza a girar y, por la acción de la fuerza centrífuga, las zapatas comienzan a vencer la resistencia ofrecida por los muelles, de tal modo que se separan unas de otras y comienzan la labor del embragado. En la Fig. 7.9 se aprecia cómo al abrirse terminarán rozando contra la cara interior de la carcasa exterior C del embrague, empezando a arrastrarla en su movimiento. Como esta carcasa está unida por el estriado al eje E de la transmisión final, esta acción llegará finalmente a la rueda trasera. A partir de un cierto régimen, la fuerza centrífuga será suficiente como para evitar todo deslizamiento entre las zapatas y la carcasa, con lo cual el giro de ambas partes será totalmente solidario.



7.9. Embrague centrífugo.



7.10. Sistema de accionamiento de un embrague centrífugo.



7.11. Embrague multidisco de accionamiento centrífugo.

3.5. Embrague centrífugo multidisco

Su fundamento es de naturaleza similar al anterior, aunque su uso es totalmente distinto. En este caso, se puede acoplar a motores de cilindradas medias y altas, puesto que la transmisión del par se realiza a través de un grupo todo lo numeroso que sea necesario de discos. En la Fig. 7.11.a se aprecia una vista en sección del conjunto en la que destaca la ausencia de los muelles de presión existentes en los embragues multidisco normales. A bajas revoluciones el conjunto está desembragado, girando el cigüeñal C sin arrastrar por ello al embrague E. Sin embargo, la situación es totalmente distinta, pues al aumentar el régimen del motor obliga a hacerlo al embrague: en este caso las piezas clave del mecanismo —que son los contrapesos S pivotantes en forma de U obligados por la fuerza centrífuga— empujan al plato de presión P a comprimir el conjunto de los discos del embrague D, con lo que se sigue el giro solidario de la transmisión primaria R. Actualmente está en desuso.

4. EL CAMBIO DE VELOCIDADES

Generalidades sobre el cambio de velocidades

En principio se indicará, que la ubicación habitual hoy en día de la palanca de accionamiento del cambio, se lleva a cabo en el lado izquierdo de la misma, accionándose el mismo para pasar a una marcha superior (multiplicar) en sentido ascendente, y al contrario, es decir, en sentido descendente cuando se reduce a una marcha inferior. El punto muerto se ubica entre primera y segunda, disponiéndose un rebaje en el fiador para así determinar su posición. No obstante, siempre hay un punto muerto entre cada dos relaciones. En algún modelo de competición, se ubica dicho punto muerto en la posición inferior, por debajo de la primera relación.

Esta disposición de la palanca se adoptó a principios de los 70, impuesta por la legislación norteamericana, dado que éste es un mercado con gran potencial, y se estimó oportuno unificar la producción. Las motos inglesas e italianas, que eran las que predominaban en el mercado por aquel entonces, no sólo disponían la palanca en el lado derecho, sino que su accionamiento era inverso, realizándose en sentido ascendente para reducir y descendente para multiplicar. Este sistema parece más razonable, por cuanto las operaciones de cambio se realizan de forma más equilibrada para la estabilidad de la motocicleta, ya que intervienen extremidades de lados opuestos (mano izquierda para el embrague y pie derecho para el cambio).

Al mismo tiempo, se contrarresta la tendencia natural de la moto en los cambios de marcha, ya que se realiza un movimiento descendente al multiplicar, cuando la tendencia de la moto en las aceleraciones es a levantarse, ocurriendo lo contrario en las reducciones, en las que la moto tiende a amorrarse, contrarrestándolo con el movimiento ascendente de la palanca al reducir. Esta disposición aún es empleada hoy en día en competición, dado que resulta poco práctico introducir el pie bajo la palanca cuando se comienza acelerar en posición inclinada, especialmente si la inclinación es hacia el lado de la palanca.

En cuanto al número de relaciones, oscila entre las cuatro de algunas custom, y las siete de alguna deportiva, siendo las más empleadas las de cinco relaciones en motos turísticas y las de seis en motos deportivas, si bien esto no supone ninguna regla.

En cualquier caso, la desmultiplicación de una marcha viene dada por el número de dientes que poseen los engranajes que la componen. Así, se determina la llamada "relación de transmisión", la cual es el cociente entre el número de dientes del piñón conducido (el situado en el secundario) y el número de dientes del piñón conductor (dispuesto en el pri-

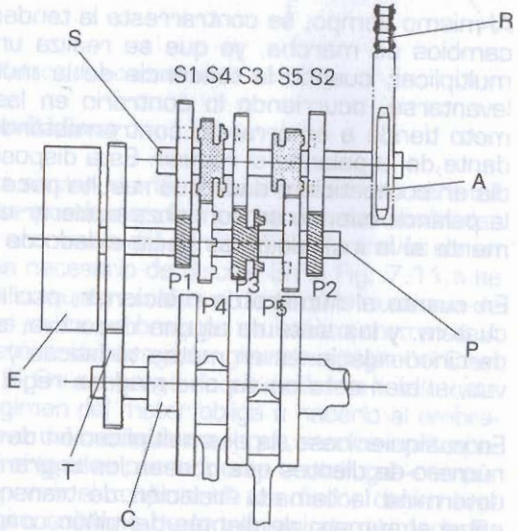
mario). Dicho valor, indica el número de vueltas que ha de dar el conducido, para que el conductor dé una vuelta completa, es decir, la disminución de velocidad del secundario respecto al primario. Indica asimismo, el incremento del par de salida (el que sale por el secundario) en relación al par de entrada (el que entra por el primario).

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{\text{Nº de dientes del piñón conducido}}{\text{Nº de dientes del piñón conductor}}$$

$$\text{Par de salida} = \text{Par de entrada} \times \text{Relación de transmisión}$$

$$\text{Velocidad de salida} = \frac{\text{Velocidad de entrada}}{\text{Relación de transmisión}}$$

Segun se advirtió en el primer apartado del capítulo, es imprescindible tener un dispositivo mecánico que llamaremos "cambio" o "caja de velocidades" que facilite el funcionamiento del motor en el intervalo de velocidad estable comprendido entre los regímenes de par y de potencia máximos. Mediante éste es posible obtener diversas velocidades angulares de giro del eje secundario para una misma del primario, o, lo que es lo mismo, distintos pares de salida para un mismo par de entrada. En cualquier caso, lo que se conserva —salvo ligeras pérdidas de origen mecánico— es la potencia, pues ésta es el producto de par por velocidad (angular, en este caso). En resumen, si en una velocidad intermedia se obtiene unos valores determinados de ambos, al bajar de marcha subirá el par, descendiendo la velocidad en idéntica proporción para que el producto no se altere; en caso de seleccionar una marcha mayor, sucederá lo contrario. Como se sabe, cuando el par propulsor en la rueda es igual al par resistente



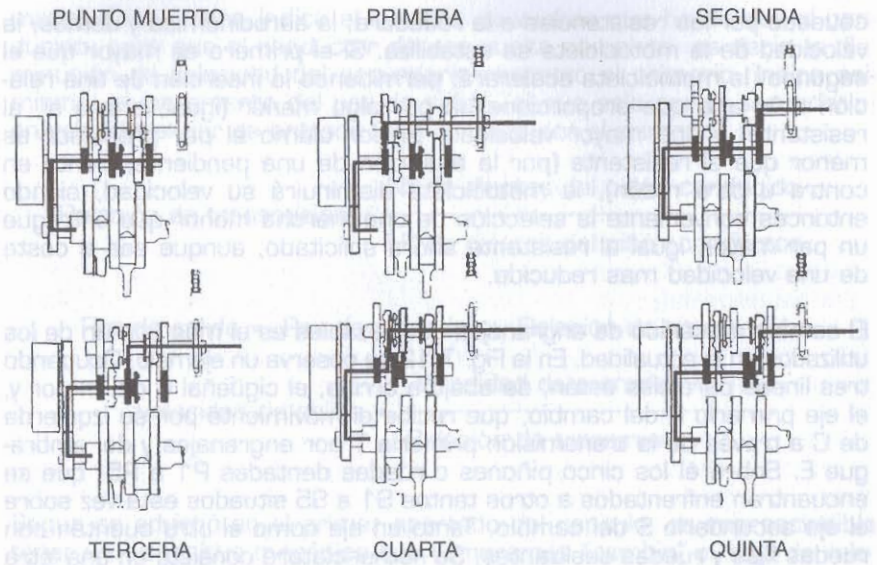
7.12. Caja de cambios de engranajes desplazables.

causado por las resistencias a la rodadura, la aerodinámica y demás, la velocidad de la motocicleta se estabiliza. Si el primero es mayor que el segundo, la motocicleta acelerará, permitiendo la inserción de una relación más alta que proporcione un par algo menor (igual, ahora sí, al resistente) y una mayor velocidad. Si por último el par propulsor es menor que el resistente (por la aparición de una pendiente, viento en contra u otra razón), la motocicleta disminuirá su velocidad, siendo entonces conveniente la selección de una marcha menor que entregue un par mayor, igual al resistente ahora solicitado, aunque sea a costa de una velocidad mas reducida.

El cambio mecánico de engranajes desplazables es el más común de los utilizados en la actualidad. En la Fig. 7.12 se observa un ejemplo. Ocupando tres líneas paralelas están, de abajo a arriba, el cigüeñal C del motor y, el eje primario P del cambio, que recibe el movimiento por su izquierda de C a través de la transmisión primaria T por engranajes y del embrague E. Sobre él los cinco piñones o ruedas dentadas P1 a P5, que se encuentran enfrentados a otros tantos S1 a S5 situados esta vez sobre el eje secundario S del cambio. Tanto un eje como el otro cuentan con ruedas fijas y ruedas deslizantes. Su nomenclatura consiste en una letra inicial, que es igual a la del eje sobre el que van colocadas, seguida de un número que es el orden de la velocidad que producen cuando engranan con su pareja. Al final del eje secundario se puede ver el piñón de ataque A, que, junto con la cadena, forman la transmisión secundaria R. El selector —mecanismo encargado de mover los engranajes de ambos ejes para conseguir las distintas relaciones de cambio— no se distingue aquí por razones de simplicidad.

En la Fig. 7.13 se aprecian las posiciones que han de adoptar las distintas ruedas de ambos ejes para conseguir la selección de las diversas relaciones de cambio. Tales relaciones se consiguen, por tanto, con una pareja de piñones: uno del primario y otro del secundario. Para seleccionar la marcha adecuada, se pone en contacto uno de los deslizantes con la pareja deseada. Esta conexión se puede realizar gracias a que los piñones deslizantes cuentan en sus laterales con unos tetones, que, en el momento adecuado, se introducen en los taladros que el resto tienen practicados en su cuerpo, haciendo la unión rígida. Aquí, P3, S4 y S5 son los deslizantes. Es importante resaltar que éstos son solidarios a sus respectivos ejes por medio de estriados sobre los que se desplazan sólo lateralmente. Asimismo, los que presentan taladros giran locos y necesitan conectar lateralmente con uno de los anteriores para transmitir el movimiento. Finalmente hay dos situados en el primario que ni deslizan ni giran: uno de ellos —generalmente el menor— está tallado sobre el eje; el otro se fija mediante un estriado y alguna arandela de sujeción lateral o circlip.

En A el cambio se halla en la posición de punto muerto, pues todas las parejas engranadas se encuentran formadas por un piñón loco con otro

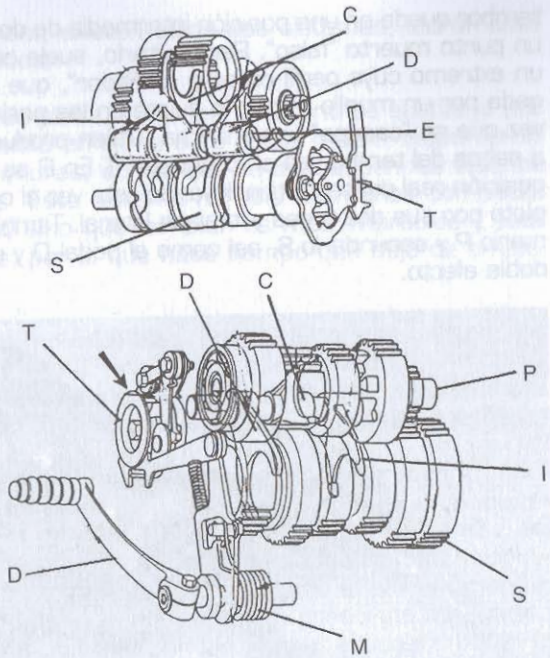


7.13. Diferentes desarrollos de transmisión dependiendo de la velocidad elegida.

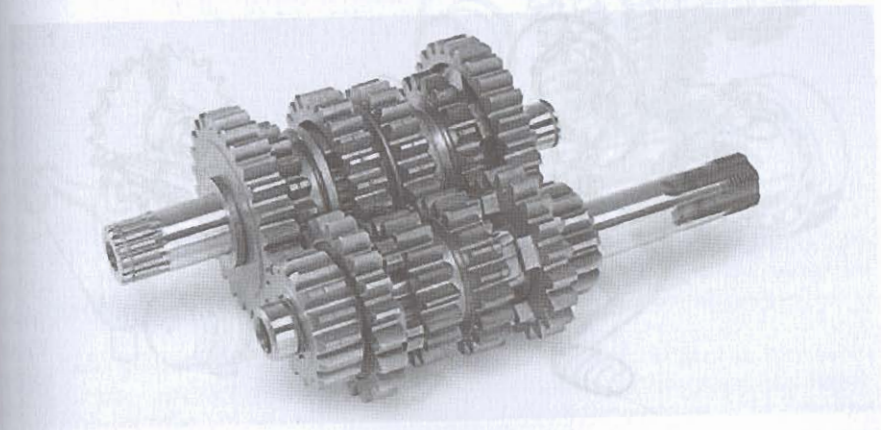
de otro tipo; por tanto, no se transmite el movimiento. Obsérvese además cómo ninguno de los deslizantes está conectado a su vecino. En B se puede ver la primera marcha engranada a través de P 1 y S 1. Para conseguirlo, se ha movido el deslizante S4 hacia la izquierda, hasta unirse con el S 1. En realidad, éste no podría transmitir el giro al eje secundario, pues gira loco sobre él, pero, al conectar con S4, lo hace a través de la unión estriada de este último. En la viñeta C es la segunda relación la que se consigue cuando C5 se conecta con S2 para hacerle solidario con su eje, consiguiendo la transformación de par y velocidad deseada; en D es S4 quien permite que la unión de P3 y S3 sea provechosa. Lo mismo sucede en las dos últimas con P3, al conectar con P4 y P5 para conseguir las relaciones de cuarta y quinta velocidades respectivamente.

A continuación se estudia, con la ayuda de las Figs. 7.14 el conjunto del selector que incorpora el cambio anterior. En la primera de ellas se observan las piezas fundamentales del mismo. Como se explicó, existen tres piñones deslizantes que suelen llamarse "desplazables del cambio", cuya misión es organizar con sus movimientos el funcionamiento del conjunto, y que, en el caso anterior, se corresponden con P3, S4 y S5. Éstos van provistos de unas entalladuras que alojarán las patillas de las piezas encargadas de moverlos. Tales piezas son las horquillas izquierda, central y derecha referidas con 1, C y D, respectivamente. Las extremas gobiernan las ruedas desplazables del secundario S4 y S5; la

central lo hace con la P3 del primario. Su forma es la de una semianilla dotada de un orificio que permite su colocación en un eje E y con un tetón T redondeado en el extremo opuesto. Los extremos abiertos abrazan a los desplazables, cogiéndolos por las entalladuras que éstos tienen. En cuanto a los tetones T, se introducen en tres canales R practicados en la pieza de perfiles distintos y perfectamente determinados practicadas en lo que se llama el "tambor" S del selector. Es éste el que verdaderamente coordina el movimiento de las tres horquillas, y, por tanto, del cambio. Al girar el tambor, los tetones se desplazan lateralmente y como consecuencia lo hacen los tres piñones de mando. No obstante, el giro sólo le es permitido entre varias posiciones previamente fijadas, tantas como marchas tenga el cambio más una correspondiente al punto muerto. Cuando dicho

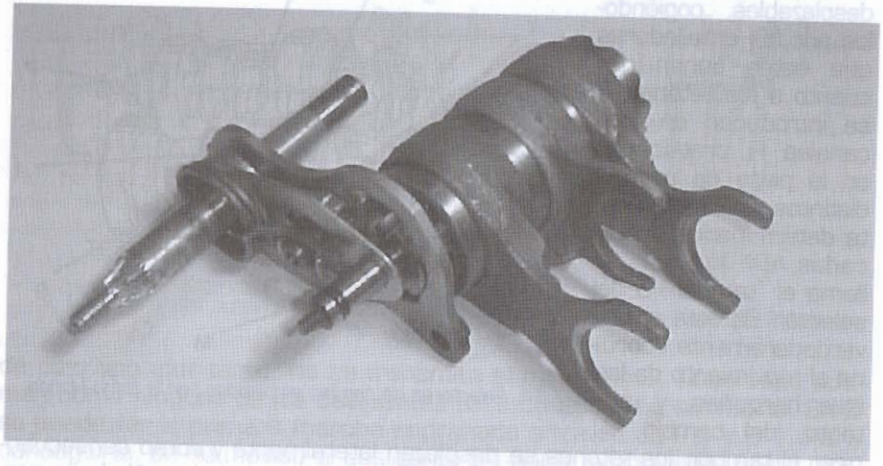


7.14. Selectores de cambio empleados por la firma Honda.

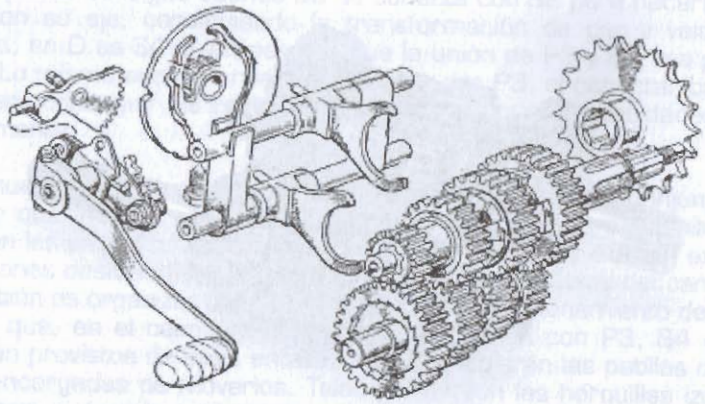


7.14 A. Conjunto cambio de engranajes deplazables.

tambor queda en una posición intermedia de dos de las permitidas, se daría un punto muerto "falso". Para evitarlo, suele contar con unas muescas en un extremo cuyo perfil recorre el "fiador", que consiste en una bola B obligada por un muelle M que lo sujeta en las posiciones deseadas y evita a la vez que se "escupa" una marcha. Quien produce el movimiento discreto o a saltos del tambor es el "trinquete" T. En B se aprecia otra vista de la disposición real del cambio incluyendo esta vez el conjunto del trinquete T completo con sus dos topes y la placa lateral. También se observan los ejes primario P y secundario S, así como el pedal D y el muelle recuperador M de doble efecto.



7.14 B. Selector de tambor.

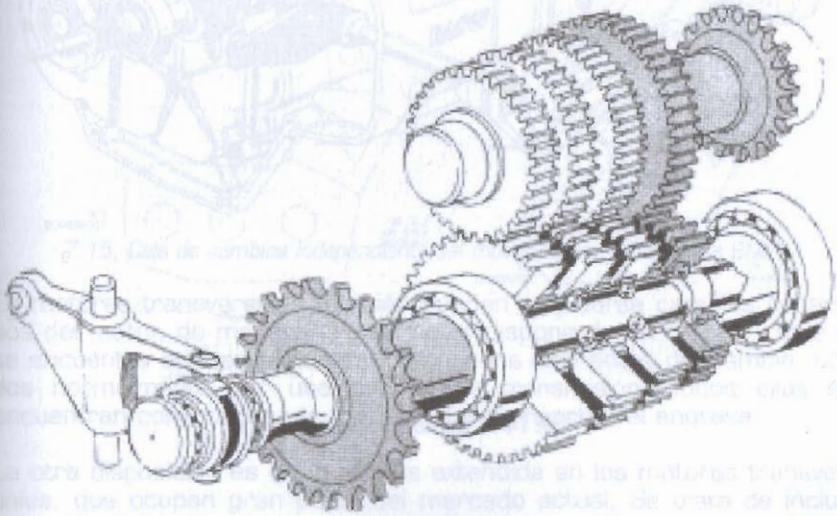


7.14 C. Selector de placa.

Aparte del sistema de tambor, existen otros dos sistemas, claramente en desuso, pero aún utilizados.

En el sistema denominado de placa, el tambor giratorio se sustituye por una placa ranurada, que oscila en torno a su punto medio, disponiendo en los extremos de unas ranuras, en las que se introducen los tetones de guiado de las horquillas. Este sistema no sólo es menos compacto que el conocido de tambor, sino que también es más impreciso y está más expuesto a desajustes, por lo que hace tiempo que dejó de emplearse.

En el sistema de cruceta, empleado aún hoy en día por las Vespa, los engranajes no son desplazables, sino que están dispuestos en toma constante, de tal forma que los piñones conducidos, giran locos sobre el secundario en el cual están montados, cuando el cambio está en punto muerto. Así, cuando se engrana una marcha, se hace solidario el conducido correspondiente con el secundario, transmitiéndose el movimiento a través del mismo. El engrane se realiza mediante el desplazamiento de la llamada valona, la cual, en su recorrido por el interior del secundario, mediante un sistema de bolas o zapatas metálicas accionadas a su vez por un resalte que posee, hace solidario el secundario con el conducido. Evidentemente, con este sistema se prescinde del empleo de horquillas. En la variante utilizada por las Vespa, es una cruceta la que se desplaza por dentro del secundario, haciendo solidario éste con el conducido correspondiente.

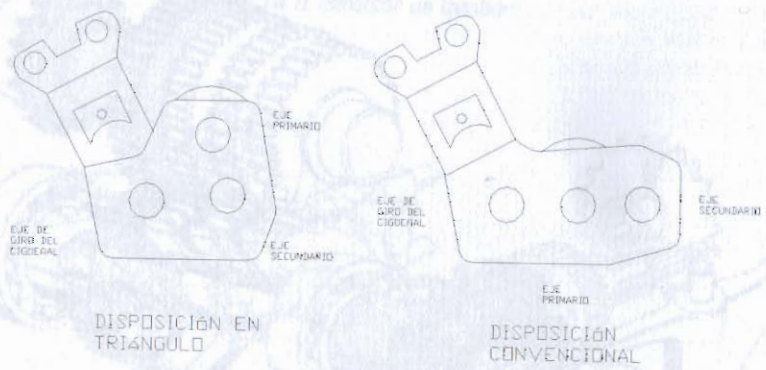


7. 14 D. Selector de cruceta.

Tradicionalmente, la disposición mecánica empleada en los conjuntos motor-cambio, consiste en alinear los ejes del cigüeñal, el árbol intermedio (aunque el empleo de éste último tiende a desaparecer) y los ejes primario y secundario del cambio, alineados por este orden, desde adelante hacia atrás. Ello hace que se incremente la longitud del motor, condicionando el diseño del chasis, y obligando a disponer de una distancia entre ejes, en muchos casos excesiva.

Como primera medida, se optó por hacer desaparecer el árbol intermedio, que acciona distintos componentes como el generador, el embrague, la bomba de agua, etc, transmitiéndose el movimiento desde el motor de arranque directamente al cigüeñal, para efectuar su puesta en marcha. Aparte de su complejidad mecánica, presenta el problema de unas mayores pérdidas por rozamiento. No obstante, esta disposición aún es empleada por algunos modelos de base mecánica veterana.

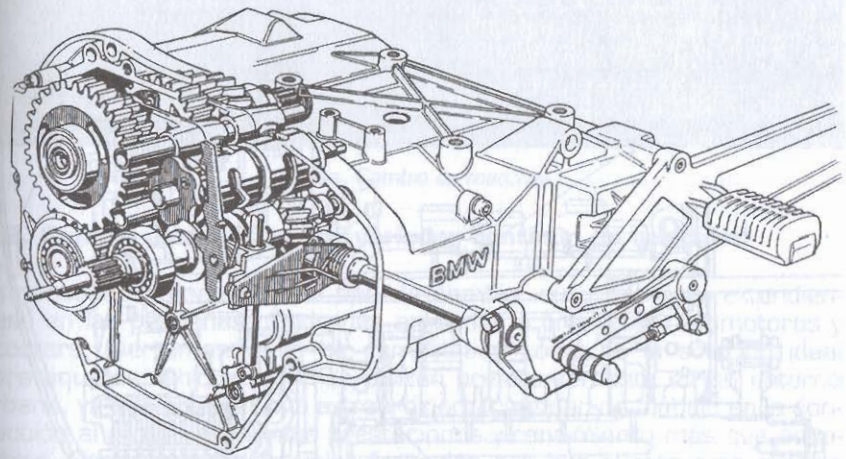
En la actualidad, en los motores más evolucionados, aparte de no emplear árbol intermediario, se dispone el primario de la caja de cambios por encima del secundario, formando un triángulo con el cigüeñal, y disminuyendo por tanto la longitud del motor, permitiéndose montar un chasis con menores compromisos y con una menor distancia entre ejes. Lógicamente, el espacio ganado se ha obtenido a costa de aumentar la altura del motor por detrás de los cilindros, lo cual no plantea apenas inconvenientes, dado que es un espacio que tradicionalmente queda libre, ocupándose si acaso por componentes fáciles de desplazar y reubicar.



7.14 E. Cambio compacto.

4.1. Engrase del cambio

Dentro de las diversas disposiciones que pueden adoptarse para la colocación del cambio se pueden distinguir dos fundamentales. Por una parte, la disposición que adquieren los motores de cigüeñal longitudinal, que, generalmente, incorporan embrague monodisco en seco entre el propulsor y la caja de cambios, siendo estos dos últimos, elementos totalmente independientes. En tal caso la caja está sellada, conteniendo en su interior valvulina o aceite SAE 90 EP, siendo el engrase por barboteo. Este tipo de engrase consiste en mantener un cierto nivel del lubricante, de forma que los engranajes situados más abajo se sumerjan en él, y, al recogerlo, lo envíen también al/los eje(s) superior(es). De este modo, la caja de cambios cuenta con unos tornillos de llenado, nivel y vaciado propios. En cierto modo es un engrase más satisfactorio, puesto que la densidad y temperatura del aceite son cercanas a las ideales. Es el caso de la Fig. 7.15, en la que se aprecian todos los elementos que se han señalado en la explicación del apartado anterior.

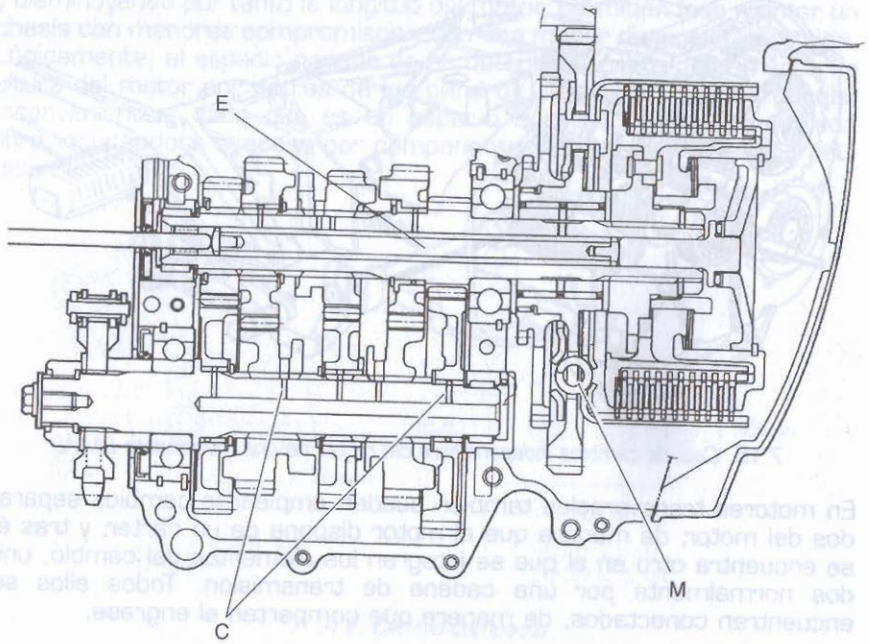


7.15. Caja de cambios independiente del motor de una motocicleta BMW.

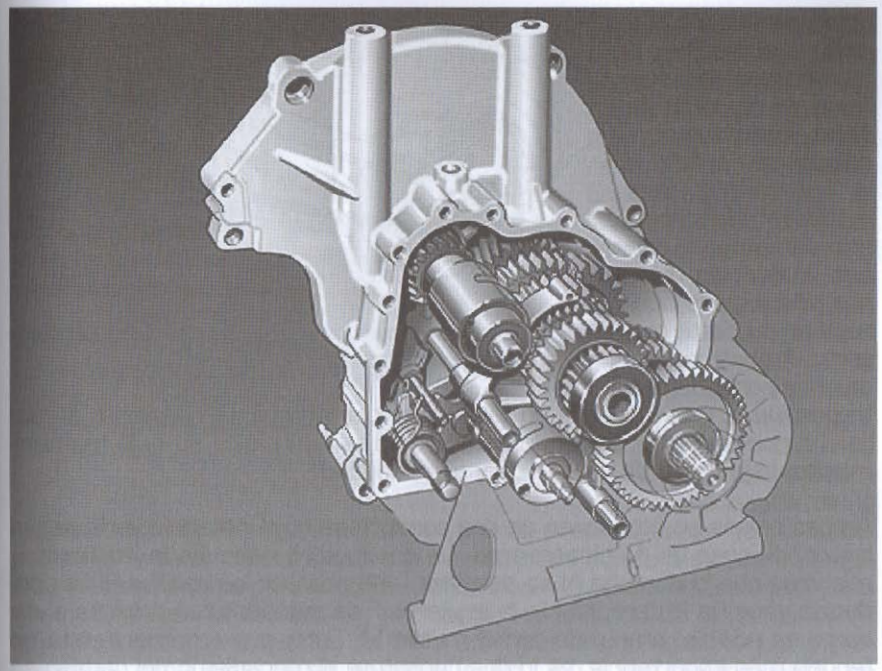
En motores transversales también pueden emplearse cambios separados del motor, de manera que el motor dispone de un cárter, y tras él se encuentra otro en el que se integran los elementos del cambio, unidos normalmente por una cadena de transmisión. Todos ellos se encuentran conectados, de manera que comparten el engrase.

La otra disposición es quizá la más extendida en los motores transversales, que ocupan gran parte del mercado actual. Se trata de incluir tanto el cambio como el embrague en el mismo cárter que el resto del motor, por lo tanto, utilizando el mismo aceite que el usado para la lubri-

cación de cigüeñal, bielas, etc. El embrague será del tipo multidisco en aceite. Aparte de esto, cabe señalar que pueden presentarse dos opciones: la primera, engrasar por barboteo como en el caso anterior; la segunda, hacerlo mediante aceite a presión, aprovechando el circuito normal de engrase del motor, o incluso dotando al cambio de una bomba propia. En la Fig. 7.16 se puede ver un cambio en sección. La característica principal es que los ejes llevan taladrados unos conductos C en su interior que, en el caso del secundario, sirven para llevar a cada piñón, a través de otros transversales, el aceite hasta la zona de fricción. En el primario sucede lo mismo, pero, además, para que pueda discurrir por él la varilla empujadora del embrague E. Los engranajes tienen talladas en su superficie interior unos canales en forma de equis llamadas "patas de araña" que reparten el lubricante de forma adecuada. Este es el sistema que asegura una mejor distribución del mismo, y se utiliza en modelos de clara vocación deportiva. Por otro lado, en la maza del embrague se distingue uno de los muelles amortiguadores M de la transmisión, cuya posición no se había mostrado previamente en el apartado destinado al mismo.



7.16. Caja de cambios de una Suzuki 1100.



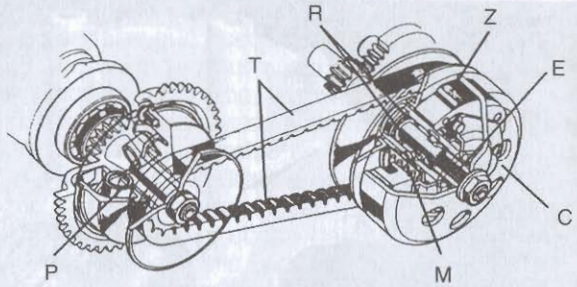
7.16 Bis. Cambio de marchas.

4.2. Cambio automático por variador continuo de velocidad

Es necesario comentar este tipo de cambio, cuyo uso está extendiéndose en las pequeñas cilindradas aplicadas a propulsar ciclomotores y scooters. Ciertamente, se ha demostrado cómo es la solución ideal para aquellos vehículos que se utilizan preferentemente en un entorno urbano, ya que ahorran una extraordinaria cantidad de trabajo en la conducción al piloto, siendo sus prestaciones y rendimiento más que aceptables. Como se sabe, la única limitación con que cuenta este cambio es el propio elemento transmisor, que es siempre una correa trapezoidal de neopreno. Para los modernos megascooters, cuyas cifras de potencia superan los 50 CV, las correas disponen de una estructura metálica en su interior, así como refuerzos de kevlar, para así poder soportar los enormes esfuerzos a que se ven sometidas. Sin dichos refuerzos, la clásica correa de neopreno, apenas es capaz de transmitir cifras de potencia superiores a los 15 CV, sin acortar drásticamente su vida.

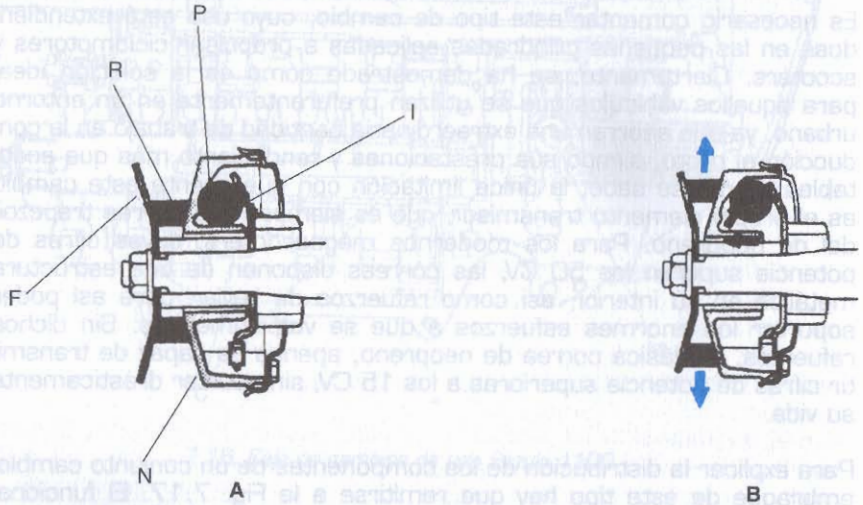
Para explicar la distribución de los componentes de un conjunto cambio-embrague de este tipo hay que remitirse a la Fig. 7.17. El funcionamiento del embrague ya se comentó; ahora aparece integrado en el

lugar que ocupa. La polea izquierda o "conductora" es solidaria al cigüeñal; la polea derecha o conducida" se conecta a la transmisión final mediante el embrague centrífugo y con una reducción final por piñones que aparece en su parte trasera. Ambas poleas se unen por la correa trapezoidal T, que mantiene su tensión aproximadamente constante durante el funcionamiento, teniendo como ventajas esenciales su nulo mantenimiento, bajo coste de reposición y alta fiabilidad.

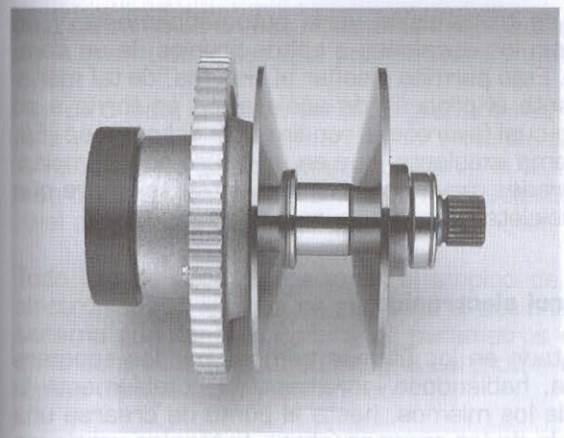


7.17. Elementos constitutivos de un cambio automático con variador centrífugo de velocidad.

Ambas poleas se componen de dos semipoleas cuya distancia varía según las condiciones de funcionamiento. La conductora tiene fija la izquierda F, mientras que la derecha N se desplaza, obligada por los rodillos P. La conducida tiene fija la derecha N y la izquierda F se mantiene tan próxima a ella como es posible, empujada por el muelle M. Esto, que a primera vista no tendría más importancia, es lo que constituye el mecanismo del cambio en sí. En realidad quien determina el funcionamiento del cambio es la polea conductora, dentro de la cual están los citados rodillos de empuje radial, que funcionan por el efecto de la fuerza centrífuga.



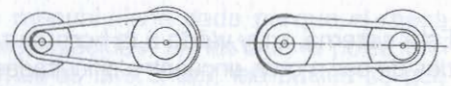
7.18. Funcionamiento de un variador centrífugo.



7.18 Bis. Conjunto variador.

La Fig. 7.18 muestra una sección de esta polea, que muestra las dos posiciones extremas que puede adoptar durante el funcionamiento. En la viñeta A se trata de la de "reposo" o bajas revoluciones: la tensión de la correa R la mantiene en su postura más baja, donde los rodillos P no actúan. En la Fig. B, la fuerza centrífuga los desplaza hacia el exterior, y, al apoyarse en la rampa inclinada L por un lado y en la cara oculta de la semipolea móvil N por otro, obligan a ésta a aproximarse con la semipolea fija F, de tal manera que a la correa no le queda más remedio que extenderse hacia la periferia. En realidad es necesario aclarar que quien mantiene tensa la correa —y, por tanto, en el fondo de la garganta de la polea conductora cuando se halla en reposo— no es otra que la propia polea conducida. Si se observa la Fig. 7.17 con detenimiento, se advertirá la presencia del muelle M, que junta sus dos semipoleas y trata de llevarse hacia atrás la mayor longitud de correa posible.

Se estudiarán a continuación las consecuencias que todo esto tiene en el desarrollo de la transmisión. En la Fig. 7.19 se aprecia la posición que adopta la correa en similares condiciones extremas de funcionamiento. En la primera, el muelle de la polea conducida junta las semipoleas que la forman y consigue que la correa se sitúe en ésta en la parte de mayor desarrollo, haciéndolo a la vez en el fondo de la garganta de la polea conductora. Como resultado, la relación de transmisión será la más corta de las posibles, ideal para el inicio de la marcha o para superar fuertes pendientes. Por otra parte, conforme el motor se vaya acelerando —y por lo tanto subiendo de régimen— los rodillos empujadores de la conductora harán lo propio, superando la resistencia ofrecida por el muelle de la conducida, y produciendo la situación opuesta a la anterior. En este caso, la relación será la más larga, adecuada al desarrollo de la velocidad máxima en terreno favorable.



7.19. Mecanismo de cambio del desarrollo de un variador con poleas varibles en variador y embrague.

Como se ve, la relación de transmisión varía automáticamente y de forma continua, es decir, sin los escalones o saltos propios de un cambio operado manualmente. Esto permite diseñar el sistema, de tal manera que el motor gire durante el proceso de aceleración en torno a su régimen de par máximo, lo cual favorece el rendimiento del proceso. Es, como se ha dicho, un sistema excelente, que en un futuro podrá implantarse en motores de cilindradas mayores con gran ventaja, siempre que el objetivo final de la motocicleta no sea la pura competición.

4.3. Variadores de control electrónico

Debido al auge experimentado en los últimos tiempos por los scooters de transmisión automática, habiéndose incrementado notablemente la cilindrada y envergadura de los mismos, hasta el punto de crearse una nueva categoría, como es la de los mega-scooters, la técnica empleada en su diseño y fabricación ha evolucionado notablemente, adaptándose a las nuevas necesidades.

Estos mega-scooters, están dotados de motores que alcanzan incluso los 650 c.c., con los que se consigue un nivel de prestaciones impensable hace apenas unos años. Por ello, si su propulsor ha evolucionado, se ha hecho necesaria también una evolución en el sistema de transmisión. Hasta ahora, en estos modelos se emplea el tradicional variador de velocidad de accionamiento centrífugo, en el que, como es sabido, unos rodillos hacen que se incremente el diámetro de la polea conductora, al incidir sobre las rampas de un plano inclinado, cuando son impulsados hacia el exterior por efecto de la fuerza centrífuga.

Este sistema, muy válido a la hora de transmitir bajas y medianas cantidades de par motor, encuentra dificultades para llevar a cabo su función cuando la fuerza a transmitir se incrementa. Contrariamente a lo que a priori se pudiera pensar, no es su resistencia lo que limita a este tipo de transmisión cuando es utilizado en dichas aplicaciones, si bien es un factor a considerar, sino su propio funcionamiento, cuya curva de accionamiento es totalmente lineal, al estar contrarrestada la acción de la fuerza centrífuga por un muelle, el cual, como es sabido, presenta una resistencia a la deformación directamente proporcional a la fuerza que incida sobre él.

Por tanto, a la hora de ser utilizado en un vehículo de ciertas prestaciones, la linealidad de su respuesta, que en vehículos de menor potencia es una ventaja, resulta un inconveniente, al no poder hacerse uso de la elasticidad de su motor, nada más que cuando el variador está en posición de máximo desarrollo (o desarrollo largo).

Resultaría interesante por un lado, poder bloquear el variador en posiciones intermedias, consiguiéndose resultados similares a los de una

caja de cambios en sus relaciones intermedias. Ello permitiría hacer uso de la gran elasticidad que poseen estos motores.

Por otro lado, también sería de gran interés poder adecuar el desarrollo a las condiciones de marcha del vehículo, teniendo en cuenta, no sólo la velocidad de giro del motor, como en el variador tradicional, sino también parámetros tan decisivos como la velocidad del propio vehículo o el nivel de carga a que está sometido el motor.

Todo ello es posible, mediante el empleo de los variadores de control electrónico, en los que se sustituye el accionamiento centrífugo, por un sistema que tiene en cuenta los parámetros citados, al estar integrado en la centralita de gestión integral del motor, conjuntamente con los sistemas de inyección y encendido.

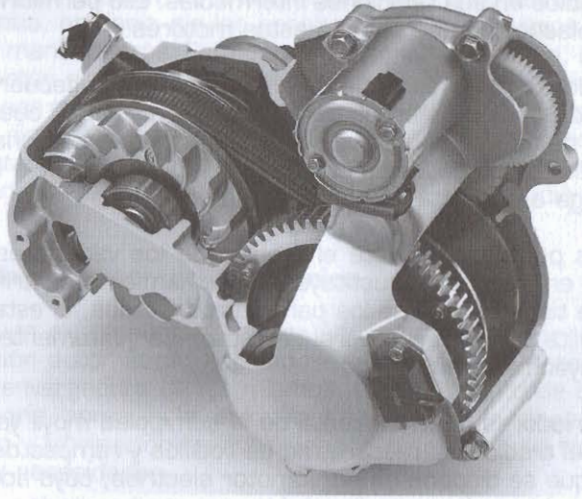
En estos variadores, el movimiento de la semipolea móvil ya no se lleva a cabo por el tradicional mecanismo de rodillos y rampas de plano inclinado, sino que se dispone un servomotor eléctrico, cuyo accionamiento está gestionado por la centralita, tal y como se ha citado.

Ello permite optar por dos sistemas de transmisión; el automático, en el que el desarrollo se va alargando en función de las condiciones de marcha del vehículo, así como de las prestaciones que de él se requieran (lo cual ya supone una gran ventaja respecto al sistema tradicional), y el manual, en el que se pueden seleccionar una serie de posiciones intermedias fijas, mediante unos pulsadores ubicados en el manillar.

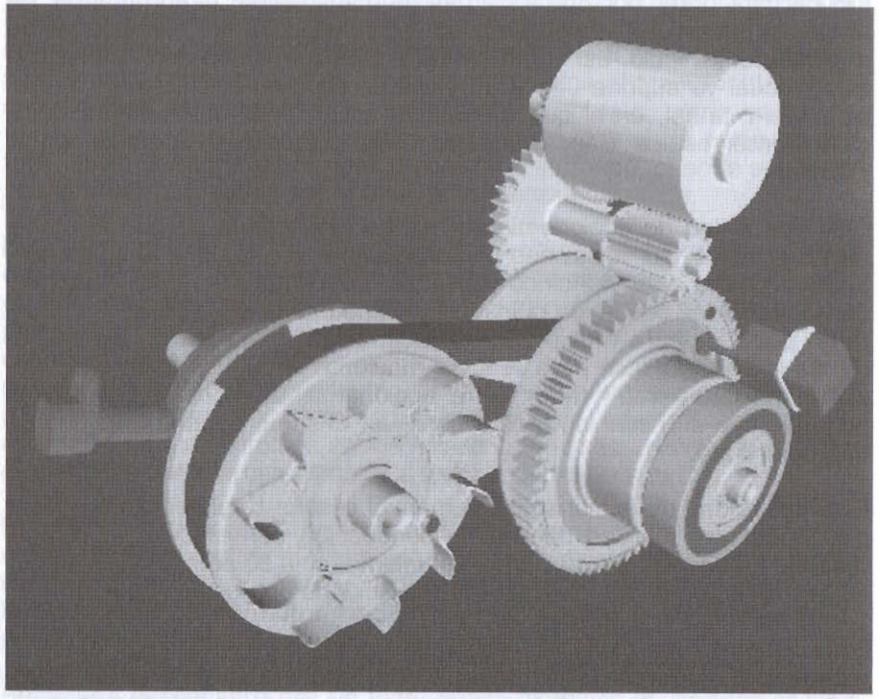
Esta posibilidad de accionamiento manual viene dada porque el mecanismo posee cinco posiciones preestablecidas, en las que la polea conductora posee a su vez cinco diámetros diferentes, las cuales se pueden seleccionar desde los pulsadores ubicados en el manillar. Así, existe un pulsador para multiplicar, es decir, pasar a la relación inmediatamente superior, y otro para reducir, mediante el cual se pasa a la relación inmediatamente inferior. En el accionamiento de estos pulsadores no interviene el mecanismo de embrague, al seguirse utilizando uno de tipo centrífugo.

Esta posibilidad de accionamiento manual resulta totalmente novedosa, siendo de gran utilidad durante la conducción del vehículo, incrementándose no sólo las prestaciones del mismo, sino su seguridad, al poder utilizar el motor como freno en las condiciones que así lo requieran.

Este sistema, con todas las ventajas que posee, es utilizado hasta el momento tan sólo por la firma Suzuki en su modelo Burgman 650, suponiendo un gran salto cualitativo respecto a los modelos dotados de variador convencional.



7.19 Bis. Conjunto variador de control electrónico.

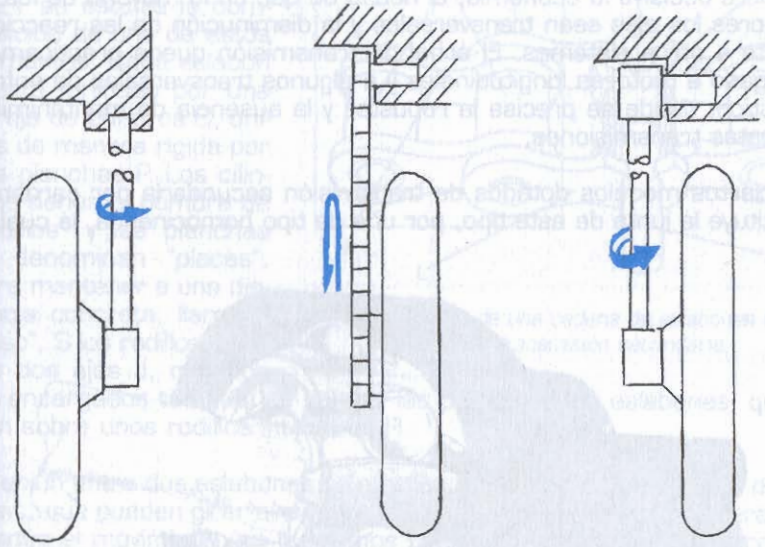


7.19 Tris. Primera velocidad.

5. LA TRANSMISIÓN SECUNDARIA

El movimiento producido en el motor por la acción de la combustión de la mezcla gaseosa y la transformación del movimiento alternativo en circular, debe ser enviado desde el propulsor a la rueda, para que ésta impulse la motocicleta. La transmisión se debe efectuar entre dos ejes con movimiento rotativo, lo que facilita la tarea.

Tanto si el motor tiene dispuestos sus ejes en posición longitudinal, como si los tiene transversalmente al sentido de la marcha, el eje de la rueda se sitúa transversalmente a la marcha. En la Fig. 7.20 se puede observar las diferentes disposiciones de estos elementos. En el caso en el cual el eje de salida se sitúe longitudinalmente, la transmisión a la rueda trasera se efectúa por medio de un árbol. Si, por el contrario, los dos son perpendiculares a la marcha, se puede emplear un elemento elástico que puede ser una cadena de rodillos o una correa. Hay un tercer caso, que no necesita realmente transmisión, que es aquél en el que la rueda trasera se encuentra situada a continuación del eje secundario de cambio. En este caso, la transmisión es directa.



7.20. Disposición de los diferentes árboles del motor y su influencia en el tipo de tranmisión empleada.

La transmisión entre el motor y la rueda recibe el nombre de "transmisión secundaria", en contraposición a la "primaria" establecida entre el motor y el cambio de velocidades, y, al contrario que ésta, está influen-

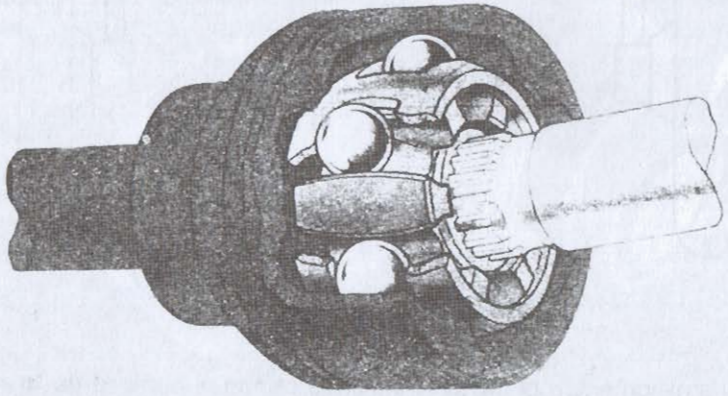
ciada por la suspensión trasera. Al bascular la rueda posterior por efecto de la suspensión, si los ejes del basculante y de la transmisión no se encuentran en el mismo lugar, se produce una variación de la distancia entre el eje de salida del cambio y el de la rueda trasera, que normalmente afecta a la transmisión.

En el caso en el que el sistema empleado sea rígido, como ocurre con los árboles, es obligatorio situar el eje de articulación de la rueda trasera coaxialmente con el de la transmisión. En el caso de un sistema elástico, como una cadena o una correa, puede haber un cierto desajuste, que debe ser amortiguado por el elemento de transmisión.

En el segundo caso aparecen reacciones sobre la suspensión con el cambio de velocidad en la transmisión, por el motivo anterior. En el primero también lo hacen, pero únicamente si el sistema de articulación empleado es una cruceta de cardan, y debido a su propio funcionamiento.

Actualmente, la gran mayoría de las motos disponen de transmisiones secundarias por cadena. Las razones son variadas, pero influye de manera decisiva la economía, el hecho de que en la mayoría de los propulsores los ejes sean transversales y la disminución de las reacciones frente a otros sistemas. El árbol de transmisión queda prácticamente relegado a motores longitudinales y a algunos transversales de enfoque turístico, donde se precisa la robustez y la ausencia de mantenimiento de estas transmisiones.

En ciertos modelos dotados de transmisión secundaria por cardan, se sustituye la junta de este tipo, por una de tipo homocinética, la cual, sin



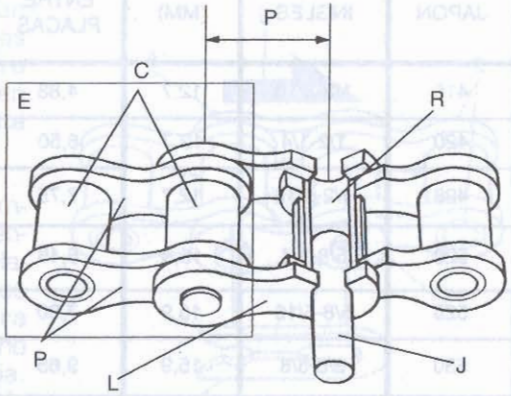
7.20 Bis. Junta monocinética.

ser exactamente así, viene a ser como la unión de dos juntas cardan, dispuestas una a continuación de la otra. Permite un mayor ángulo de inclinación y menores oscilaciones de funcionamiento, lo cual se traduce en un funcionamiento más suave de la transmisión. Ha sido empleado principalmente por modelos japoneses. A cambio, precisa de un engrase mucho más riguroso, por intervenir mayor número de componentes en movimiento.

5.1. Transmisión por cadena

La transmisión por cadena de rodillos comenzó a imponerse cuando las correas planas originales empezaron a mostrarse insuficientes para transmitir la potencia de las motos, al resbalar sobre las poleas. Como es un sistema que no tiene deslizamientos, con la cadena se solucionó el problema.

Una cadena está formada por una serie de elementos iguales llamados "eslabones". En la Fig. 7.21 se estudia la composición de uno de estos elementos. Cada eslabón E está formado por una pareja de cilindros C, unidos de manera rígida por dos planchas P. Los cilindros tienen el nombre de "rodillos" y las planchas se denominan "placas". Para mantener a una distancia concreta, llamada "paso", S los rodillos, existen dos ejes J, que son los encargados también se sujetar las placas de los eslabones, que se fijan sobre unos rodillos interiores R.



7.21. Estructura de una cadena de eslabones empleada en la transmisión secundaria.

La unión entre dos eslabones se efectúa por medio de una pareja de placas L, que pueden girar alrededor del eje de los rodillos, de manera que, aunque el movimiento en los planos que contienen al eje de los rodillos está impedido, no lo está en el transversal. De este modo la composición de eslabones y placas intermedias da lugar a un conjunto que puede ser tan largo como se desee, y que forma una línea cerrada al unirse el último eslabón con el primero.

La transmisión de movimiento se realiza insertando en el espacio libre que existe entre los rodillos el diente de una rueda dentada. El empuje

de este elemento se transmite a través de las diferentes placas, empujando otro diente similar situado a la distancia adecuada. La única condición obligatoria es que los dos dientes se encuentren en el mismo plano, de modo que la cadena funcione siempre en línea recta. Si no ocurre esto, bien porque los ejes no sean paralelos o bien porque los dientes se encuentren desalineados, la cadena sufre esfuerzos diferentes a los de tracción entre sus placas y acaba estirándose.

Hay varios tipos de cadena y varios tamaños estandarizados. La medida de la cadena se guía por el "paso", que es la distancia entre los ejes de dos rodillos.

MEDIDAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CADENAS

PASO JAPON	PASO INGLES	PASO (MM)	ANCHO ENTRE PLACAS	ESPESOR CORONA	DIAMETRO RODILLO
415	1/2-3/16	12,7	4,88	4,5	7,75
420	1/2-1/4	12,7	6,50	6,0	7,75
428	1/2-5/16	12,7	7,75	7,0	8,51
520	5/8-1/4	15,9	6,48	6,0	10,16
525	5/8-5/16	15,9	7,80	7,0	10,16
530	5/8-3/8	15,9	9,65	9,0	10,16
630	3/4-3/8	15,9	9,60	9,0	11,89

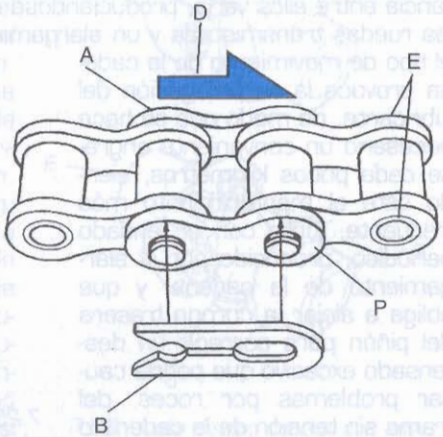
7.22. Principales medidas y características de las cadenas empleadas en motocicletas.

Actualmente ya no se mantiene la medida sajona, en la que los pasos comunes eran de los de 1/2", 5/8" y 3/4". La fuerza de los fabricantes japoneses ha llevado a una nueva denominación, que se guía por otros parámetros, y que habitualmente corresponde a la antigua. Las medidas cuyas características principales se muestran en la Fig. 7.22, son en motocicletas y ciclomotores las siguientes de menor a mayor: 415, 420, 428, 520, 525, 530 y 630. Normalmente, en cada medida hay varios modelos, diferenciados por la presencia o no de retenes, y por el acero y los ajustes empleados, que varían desde las denominaciones "reforzadas" a las "hiperreforzadas". El paso determina también

el diámetro de los rodillos, y el resto de las medidas —como la anchura de la cadena en las actuales denominaciones— dependen de la potencia a transmitir.

Normalmente, las cadenas están cerradas en los equipos originales de las motos, con todos los ejes remachados. Sin embargo, ocasionalmente puede ser más interesante disponer de eslabones desmontables, como el de la Fig. 7.23. En este caso, en vez de estar remachados los ejes en sus dos extremos E, sólo lo están en uno A, sujetándose la placa exterior P de unión entre eslabones por medio de un circlip B abierto por uno de sus extremos. Siempre hay que recordar que la posición de este elemento debe ser con el extremo abierto orientado en sentido contrario al sentido de desplazamiento de la cadena D.

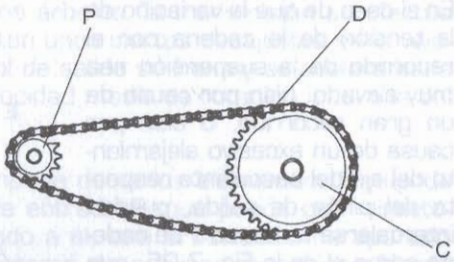
En otros tiempos se llegaban a usar cadenas de paso impares, en los que un eslabón tenía únicamente un rodillo, pero se han eliminado, y actualmente todas las cadenas tienen un número par de "pasos" que pueden variar desde unos 100, hasta más de 130.



7.23. Eslabón de enganche y su posicionamiento en una cadena de transmisión.

Las cadenas se realizan siempre en acero de alta resistencia. En algún momento se elaboraron también en materiales metálicos sinterizados para reducir la lubricación, pero no tenían la suficiente resistencia. Hay que tener en cuenta que la cadena debe transmitir toda la potencia generada por el motor a través de las placas y de los rodillos.

Los dientes de transmisión se sitúan en unas placas redondas denominadas "piñones", si se trata de la rueda que acciona la cadena, o "corona", si es la que es arrastrada. En la Fig. 7.24 aparece un conjunto de transmisión secundaria por cadena completo, formado por el piñón P, la corona C y la cadena de transmisión D.

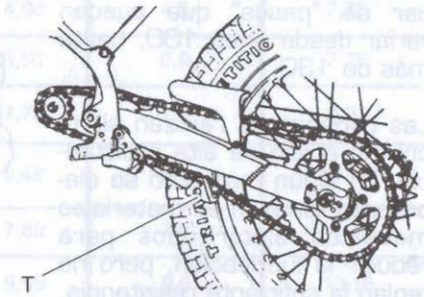


7.24. Elementos que forman un sistema de transmisión secundaria por cadena.

Hay también coronas de rueda trasera especiales, o bien realizadas en materiales ligeros, como el duraluminio, o bien con características especiales como los modelos "antibarro" con surcos realizados para drenar esta substancia, que se suelen emplear en modelos enfocados a la conducción campestre.

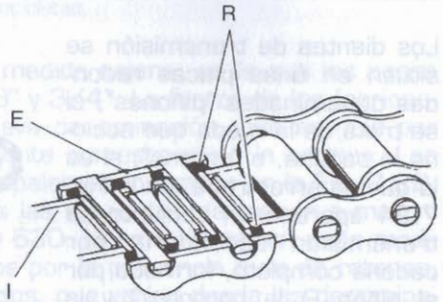
La lubricación de la cadena es muy importante por varias razones. Por una parte, normalmente la cadena trabaja en el exterior, por lo que está sometida a la acción de todo tipo de agentes, y no dispone de lubricación regular. Hay algunos sistemas que introducen la cadena en un cárter plástico, en el que se puede introducir grasa para lubricar, pero normalmente acaban teniendo fugas y además dificultan la vigilancia de la cadena y su correcto tensado.

Por otra parte, los esfuerzos que transmite son muy elevados, y esto acaba produciendo un juego entre los ejes y los eslabones, de modo que la distancia entre ellos varía, produciéndose un desgaste en una de las caras de las ruedas transmisoras y un alargamiento general del conjunto. Además, el tipo de movimiento de la cadena provoca la centrifugación del lubricante, de modo que se hace necesario un conveniente engrase cada pocos kilómetros, siendo éste el mantenimiento más frecuente, junto con el tensado periódico, producido por el alargamiento de la cadena, y que obliga a alejar la corona trasera del piñón para corregir un destensado excesivo que podría causar problemas por roces, del tramo sin tensión de la cadena o por posibles salidas de una de las dos ruedas.



7.25. Disposición de un tensor de cadena de transmisión secundaria en una motocicleta Honda.

En el caso de que la variación de la tensión de la cadena con el recorrido de la suspensión sea muy elevado, bien por causa de un gran recorrido, o bien por causa de un excesivo alejamiento del eje del basculante respecto del piñón de salida, pueden intercalarse tensores T de cadena como el de la Fig. 7.25, que mantengan una tensión mínima en este elemento.

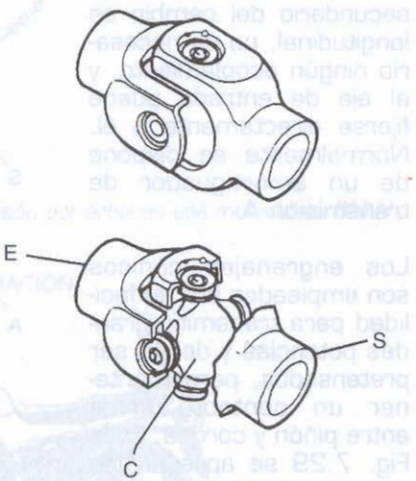


7.26. Cadena de retenes.

Según la lubricación y la duración, se pueden distinguir varios tipos de cadenas: las cadenas normales compuestas por los elementos ya señalados, ejes, placas y rodillos, las cadenas reforzadas, las cadenas con retenes —similares a la de la Fig 7.26, en las cuales se intercala un retén R entre las placas interiores I y exteriores E, de modo que el aceite que hay entre los ejes y los rodillos se escapa con mayor dificultad—, y las autolubricadas, realizadas en aceros porosos, en cuyo interior hay lubricante, de modo que el mecanismo se encuentra engrasado por más tiempo.

5.2. El cardan

El segundo gran método de transmisión secundaria es la transmisión por árbol. En este caso es necesario contar con una articulación en el extremo del motor, que permita el funcionamiento de la transmisión. Una junta universal, tipo cardan, que se debe montar lo más cerca posible del eje del basculante, para así minimizar los efectos de la suspensión. El cardan está compuesto (Fig. 7.27) por una cruceta C sobre la que se apoyan los dos extremos de los ejes: el eje de entrada E y el eje de salida S. Se montan perpendicularmente, unidos entre sí por la cruceta, de modo que ésta puede funcionar tanto si los ejes están como prolongación uno del otro, como si forman un cierto ángulo, que está limitado.



7.27. Junta de tipo cardan con sus diferentes elementos.

Si no existe ningún ángulo entre los árboles, la transmisión se efectúa sin variaciones, pero si lo hay, existen unos ciertos desajustes en la velocidad de giro, de modo que el árbol de salida se frena y se acelera cada media vuelta, manteniendo una velocidad media de rotación igual a la del árbol de entrada.

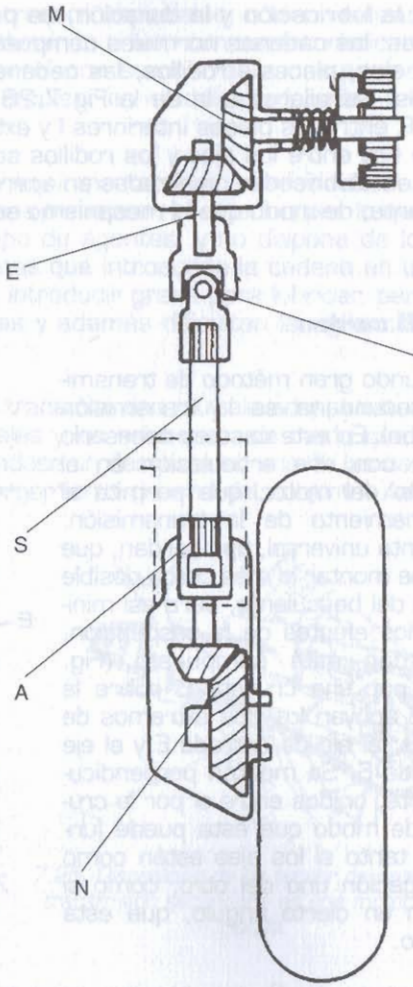
La transmisión por cardan se compone de varios elementos. Siguiendo la Fig. 7.28 se distingue un eje de entrada E, que puede salir directamente del motor: o estar conectado a él, una articulación de tipo cardan C, un eje de salida S y un sistema de engranajes cónicos N que transmita el movimiento del árbol a la rueda.

En el caso de que el eje secundario del motor sea transversal es necesario contar también con un par de engranajes cónicos M en la salida del motor. Estos engranajes deben mantener un ajuste muy exacto, por lo que normalmente deben ir pretensados y convenientemente amortiguados con elementos intermedios. Si el eje secundario del cambio es longitudinal, no es necesario ningún acoplamiento, y el eje de entrada puede fijarse directamente a él. Normalmente se dispone de un amortiguador de transmisión A.

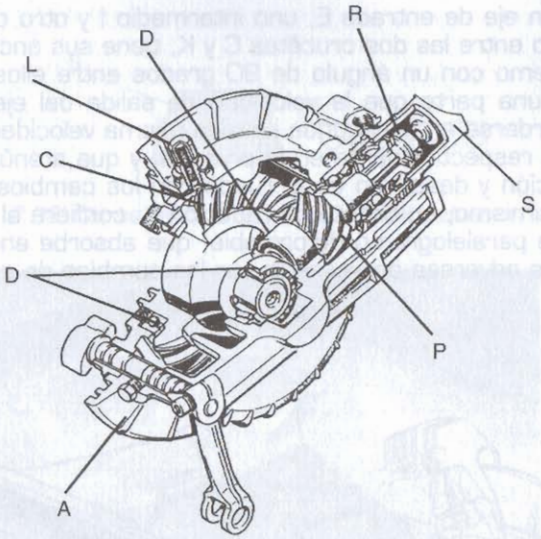
Los engranajes cónicos son empleados por su facilidad para transmitir grandes potencias y deben ser pretensados, para mantener un contacto firme entre piñón y corona. En la Fig. 7.29 se aprecia uno de estos engranajes.

Las transmisiones por cardan acusan una serie de reacciones con el cambio de aceleración del eje de entrada. Cuando el motor acelera, tienden a angularse, por lo que la moto tiende a elevarse de la parte trasera, mientras que si se desacelera el efecto es el contrario, y la moto tiende a bajar. Esta tendencia, que se señala en la Fig. 7.30 causa algunos problemas, y por ello se han construido otros sistemas que eviten en los posible estos efectos, como las juntas homocinéticas o el sistema Paralever de la Fig. 7.3 1.

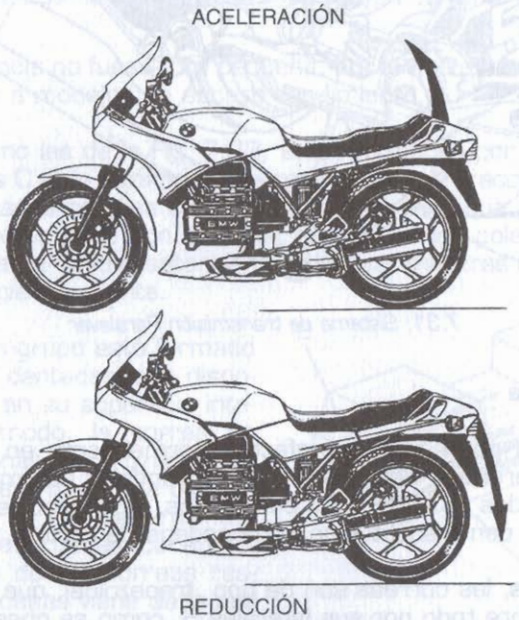
El sistema Paralever de BMW está formado por un eje cardánico con una articulación doble. En vez de un eje de entrada y uno de salida, se



7.28. Estructura general de una transmisión secundaria por cardan en un motor con cigüeñal transversal.

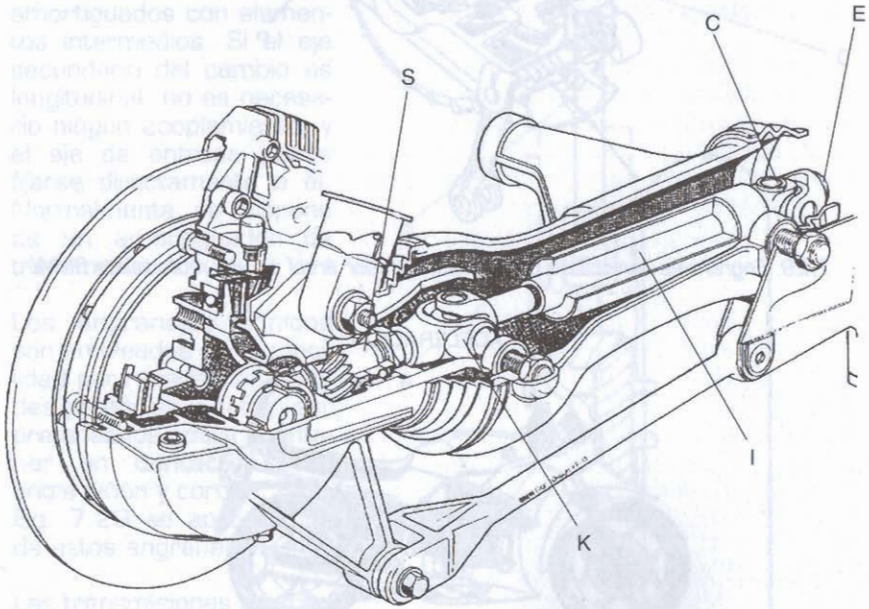


7.29. Engranajes cónicos de una transmisión por árbol en una motocicleta BMW.



7.30. Reacciones de transmisión en un sistema con árbol simple.

cuenta con un eje de entrada E, uno intermedio I y otro de salida S. El eje intermedio entre las dos crucetas C y K, tiene sus anclajes situados en cada extremo con un ángulo de 90 grados entre ellos. Este efecto provoca por una parte que la velocidad de salida del eje sea igual al ganarse o perderse en la segunda junta la misma velocidad que se pierde o se gana respectivamente en la primera, y que atenúe las reacciones de elevación y descenso de la rueda con los cambios de velocidad del motor. Asimismo, su tirante de reacción L, confiere al conjunto una estructura de paralelogramo deformable, que absorbe en gran medida las reacciones adversas provocadas por los cambios de carga.

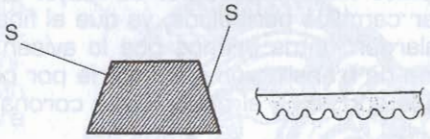


7.31. Sistema de transmisión Paralever.

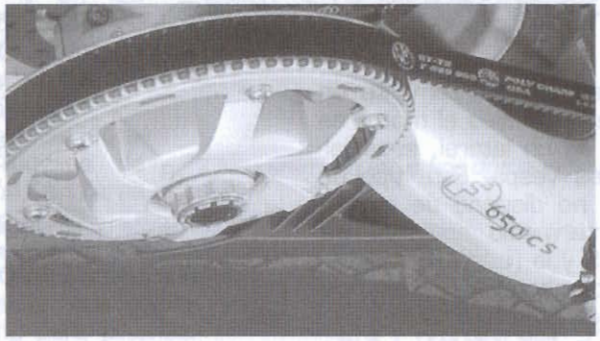
5.3. La correa

La transmisión por correa se efectúa normalmente en dos tipos de motos muy diferentes. Por un lado, en los modelos automáticos de baja cilindrada dotados de variadores centrífugos, y por otro, en modelos de alta cilindrada, como sustitución de la cadena de rodillos.

En los primeros, las correas son de tipo trapezoidal, que transmiten el movimiento sobre todo por sus laterales S, como se observa en la Fig. 7.32. Pueden disponer o no de dentado, realizando su trabajo sobre poleas cónicas. Esto provoca deslizamientos que serían demasiado ele-



7.32. Correa dentada de transmisión secundaria.

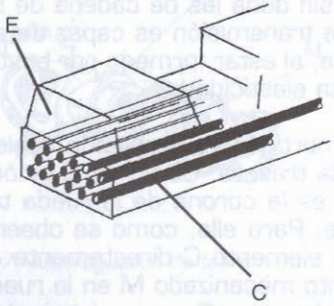


7.32 Bis. Sistema de transmisión secundaria por correa dentada.

vados si la potencia no fuese muy pequeña, por lo que este tipo de transmisión se limita a modelos de escaso rendimiento.

Las correas como las de la Fig. 7.33, están formadas por un núcleo de cables metálicos C o de fibras de gran resistencia a la tracción a base de aramida, y rodeadas por una cubierta de neopreno E, que posee un alto coeficiente de rozamiento con el metal que forma las poleas. El núcleo metálico se encarga de la resistencia del conjunto, mientras que el caucho oficia de superficie adherente.

El segundo gran grupo está formado por las correas dentadas, que disponen de dientes en su superficie interior. De este modo, la correa no necesita funcionar por rozamiento, sino que lo hace a través de dientes que engranan en los alojamientos realizados en las ruedas conductoras. La ventaja de las correas respecto de las cadenas viene dada por su nulo mantenimiento, ya que ni necesitan ser engrasadas ni tensadas con tanta frecuencia. Sus incon-

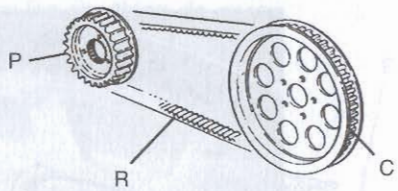


7.33. Estructura de una correa de transmisión.

venientes principales vienen dados por su mayor anchura, y la obligatoriedad de realizar cambios periódicos, ya que el final de su vida provoca su rotura, sin alargamientos previos que lo avisen. En la Fig. 7.34 se ilustra un sistema de transmisión secundaria por correa dentada, en la que se aprecian la correa R, el piñón P y la corona C.

5.4. La transmisión directa

Cada vez menos empleada, la transmisión directa de la que se muestra un ejemplo en la Fig. 7.35, se ha utilizado frecuentemente en scooters en los cuales el motor se encontraba en un lateral, especialmente en las Vespa. Este tipo de transmisión no dispone de ningún elemento intermedio entre el eje secundario S y la rueda R, intercalándose únicamente un sistema de amortiguación de transmisión.



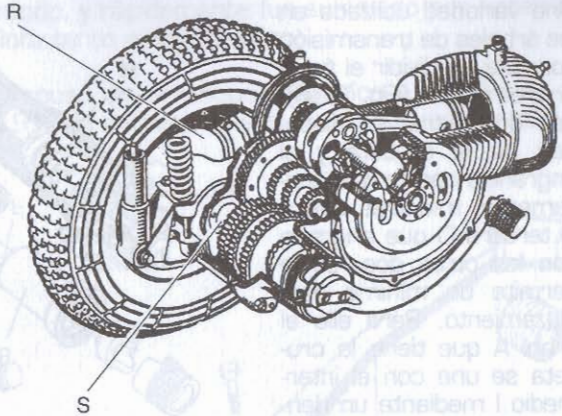
7.34. Elementos de un sistema de transmisión secundaria por correa dentada de una motocicleta Harley Davidson.

6. AMORTIGUADORES DE TRANSMISIÓN

La transmisión de movimiento suele venir acompañada normalmente de golpes y tirones, sobre todo en los momentos de arranque y en las aceleraciones y frenadas. Esto obliga a instalar elementos que amortigüen mínimamente estos choques, con el fin de preservar los elementos mecánicos sometidos a estos efectos.

Cada sistema de transmisión tiene unos amortiguadores diferentes, pero todos cumplen la misma misión. Las transmisiones más comunes son sin duda las de cadena de rodillos. En este caso, el propio elemento de transmisión es capaz de absorber parte de los golpeteos, debido a que, al estar formado por bastantes elementos unidos, dispone de una cierta elasticidad.

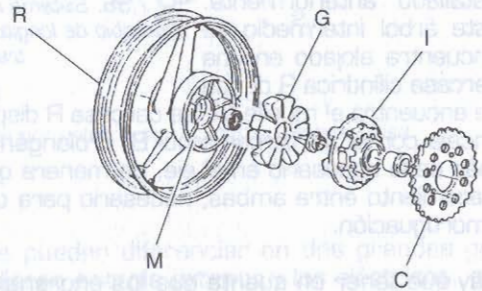
El amortiguador empleado suele ser bastante simple y se instala en la rueda trasera. Como en el piñón del motor hay muy poco espacio para ello, es la corona de la rueda trasera la que se instala de manera flotante. Para ello, como se observa en la Fig. 7.36, en vez de atornillar este elemento C directamente a la rueda R, se sujeta sobre un alojamiento mecanizado M en la rueda que dispone de una serie de elementos, de goma G que se intercalan entre la corona y la llanta. La corona C se suele atornillar a un elemento intermedio I con el fin de facilitar su cambio, siendo este elemento intermedio el que mantiene la responsabilidad de la amortiguación con la llanta R. Los elementos elásticos pueden estar unidos en un anillo, o bien colocarse de manera individual.



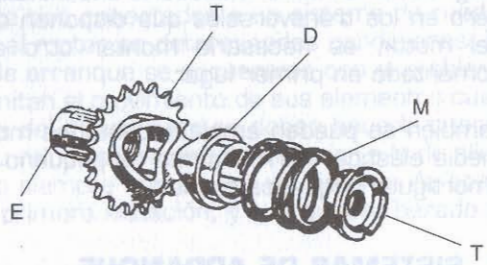
7.35. transmisión secundaria directa en un scooter Vespa.

En las transmisiones primarias y en los árboles de transmisión, este tipo de amortiguación no se suele emplear, utilizándose sistemas dotados de muelles de compresión, similares al de la Fig. 7.37.

Estos amortiguadores son válidos, tanto para engranajes como para piñones. Este sistema consiste en instalar el elemento transmisor T libre sobre el eje E, obligándose a girar por efecto de una pieza dentada D que encaja con él y presionada por la acción de un muelle M potente, que queda fijado por una tuerca T en su extremo, estando impedido su desplazamiento lateral. Si el movimiento es muy brusco, el piñón patina sobre el dentado contra la acción del muelle, produciéndose un pequeño desfase que sirve de amortiguador, y que posteriormente se corrige. El dentado del amortiguador puede ser de varios tipos, normalmente se utilizan desde dos grandes dientes redondeados, hasta cinco o seis de forma de pirámide truncada.

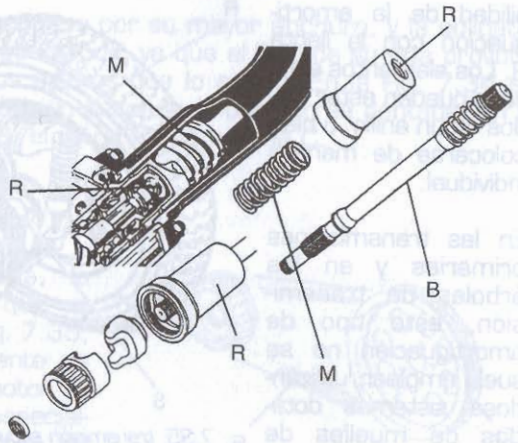


7.36. Amortiguador elástico en una corona trasera de una motocicleta Ducati.



7.37. Amortiguador de transmisión.

Una variedad utilizada en los árboles de transmisión consiste en dividir el árbol en tres partes (Fig. 7.38). Las dos extremas disponen de la cruceta y el engranaje cónico respectivamente, mientras que a la tercera D que engrana con las otras dos, se le permite un mínimo desplazamiento. Para ello el árbol A que tiene la cruceta se une con el intermedio I mediante un dentado J, precomprimido con un muelle similar al detallado anteriormente. Este árbol intermedio se encuentra alojado en una carcasa cilíndrica R donde se encuentra el muelle M. La carcasa R dispone de un dentado interior, que encaja con el del tercer árbol B, prolongándose el dentado de este último más de lo necesario en el eje, de manera que se permite un pequeño desplazamiento entre ambas, necesario para que pueda actuar el sistema de amortiguación.



7.38. Sistema de amortiguación de transmisión y cambio de longitud en una motocicleta equipada con transmisión por cardan.

Hay que tener en cuenta que los engranajes cónicos, necesitan un ajuste muy preciso, por lo que no conviene que sufran golpes de transmisión como medida para evitar su rotura. Por ello es necesario contar con un sistema de amortiguación antes de cada uno de ellos. En los motores longitudinales sólo es necesario uno instalado en el árbol de transmisión, pero en los transversales que disponen de otro engranaje en la salida del motor, es necesario montar otro antes, normalmente del tipo comentado en primer lugar.

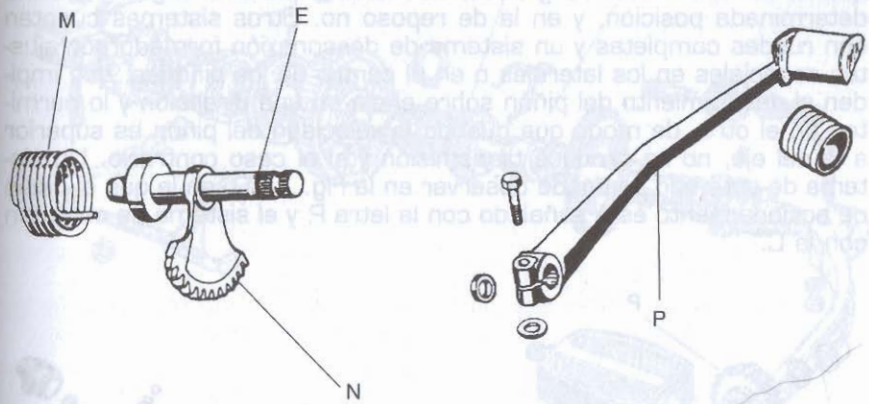
También se pueden emplear dentados montados sobre una base intermedia elástica, normalmente de pequeño tamaño, que son capaces de amortiguar pequeños tirones.

7. SISTEMAS DE ARRANQUE

Las primeras motocicletas no disponían de ningún sistema auxiliar de arranque, y la puesta en marcha del motor se producía invirtiendo la dirección de transmisión: en vez de ser el motor el que propulsaba a la rueda era ésta la que lo hacía. Sin embargo, el empujón a la moto no

era un sistema muy cómodo, y rápidamente fue sustituido por sistemas que no requerían del piloto tanto ejercicio físico.

La primera moto que dispuso de arranque mecánico fue la Scott de 1908 y a la Indian de 1913 le corresponde el mérito de incorporar un sistema eléctrico.



7.39. Sistema de arranque por palanca en un scooter Piaggio Cosa.

7.1. Sistemas mecánicos

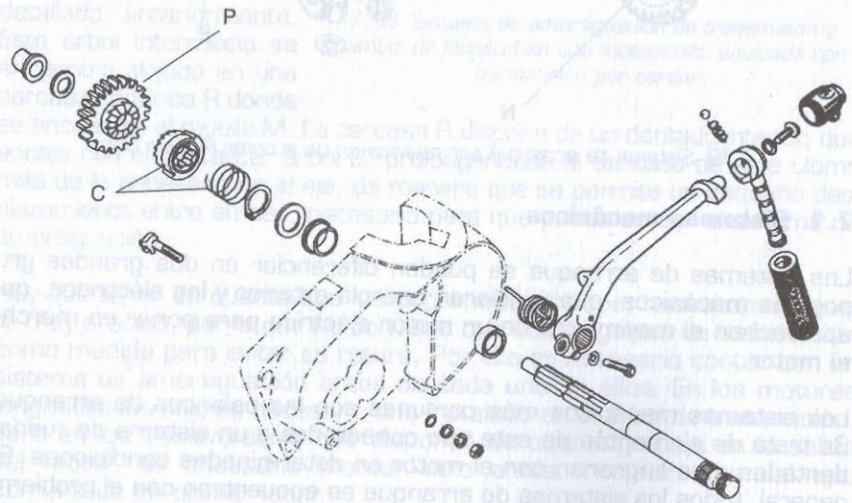
Los sistemas de arranque se pueden diferenciar en dos grandes grupos: los mecánicos, que requieren energía exterior y los eléctricos, que aprovechan el movimiento de un motor eléctrico para poner en marcha el motor.

Los sistemas mecánicos más comunes son las palancas de arranque. Se trata de elementos de este tipo conectados a un sistema de ruedas dentadas, que engranan con el motor en determinadas condiciones. En general, todos los sistemas de arranque se encuentran con el problema de que es necesario que permitan el movimiento de sus elementos cuando su velocidad es menor a la del motor, pero no deben hacerlo cuando el motor ya ha arrancado y su velocidad de giro es superior a la de ellos. Por este motivo es necesario siempre contar con un sistema de accionamiento que engrane en la primera situación, y que quede liberado en la segunda.

La disposición más común de un sistema de arranque por palanca se puede observar en la Fig. 7.39. Consta de un eje E sobre el que debe situarse un engranaje N que se apoya sobre dos puntos del cárter y que dispone además de un muelle de retorno M, que tiende a mantenerlo en una posición prefijada. La palanca P actúa sobre el extremo exterior del

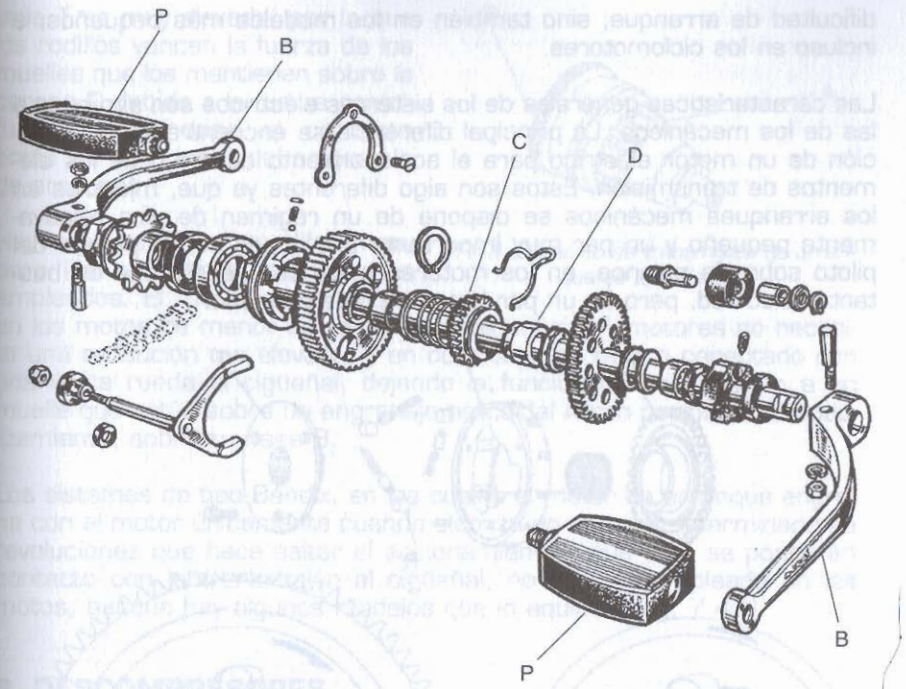
eje, de manera que cuando éste gira por efecto del movimiento de la palanca, el engranaje mueve una rueda interior del motor, conectada con el grupo alternativo.

Los sistemas para desconectar el sistema cuando el motor se pone en marcha son variados. Normalmente se cuenta con una rueda dentada que tiene menos de 360 grados, de manera que sólo engrana en una determinada posición, y en la de reposo no. Otros sistemas cuentan con ruedas completas y un sistema de desconexión formado por ajustes especiales en los laterales o en el centro de los piñones, que impiden el deslizamiento del piñón sobre el eje en una dirección y lo permiten en el otro, de modo que cuando la velocidad del piñón es superior a la del eje, no se produce transmisión y sí el caso contrario. Un sistema de este tipo se puede observar en la Fig. 7.40, en la que el piñón de accionamiento está señalado con la letra P, y el sistema de conexión con la C.



7.40. Sistema de arranque por palanca con rueda dentada de una sola dirección en una Montesa.

Normalmente hay dos lugares donde engranar los piñones de accionamiento. Si se realiza en la transmisión primaria, bien en una corona solidaria con el cigüeñal o con la campana del embrague, el arranque se puede realizar incluso con alguna velocidad de la caja de cambios engranada, es decir, con el motor conectado a la rueda, sin más que accionar el embrague para desconectarlos. Si por el contrario, la corona se sitúa en el eje primario o en el secundario del cambio, el arranque únicamente se puede realizar con el motor en punto muerto.



7.41. Sistema de arranque por pedales en un ciclomotor Derbi.

Otros sistemas de arranque mecánico menos empleados son los de pedales, utilizados en algunos ciclomotores (Fig. 7.41). En él son dos pedales P con sus bielas B correspondientes los encargados de transmitir el movimiento en un sentido, estando conectados tanto a la rueda como al motor. Cuando es el motor el que dispone de un régimen mayor, los pedales giran libremente, ya que la pieza C no se acopla con la D.

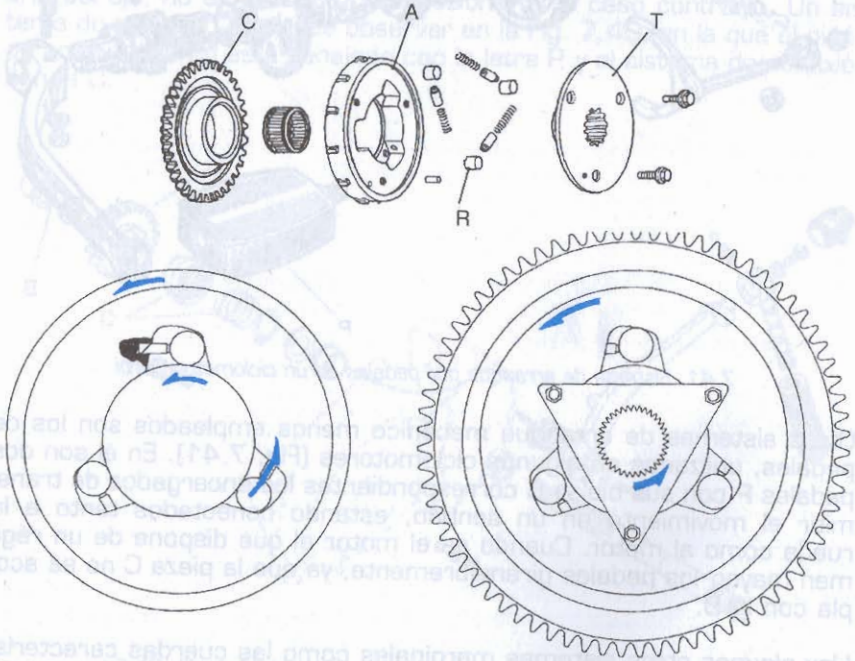
Hay algunos otros sistemas marginales como las cuerdas características de los motores marinos de pequeña entidad, pero, salvo en vehículos como los quads o los trikes, no suelen tener aceptación en las motos.

7.2. Sistemas eléctricos

El arranque de los motores puede llegar a ser relativamente complicado, sobre todo en determinadas condiciones, por lo que los sistemas que no requieren la intervención del piloto se han impuesto en los últimos años, y no ya solamente en las motos de mayor cubicaje y mayor

dificultad de arranque, sino también en los modelos más pequeños, e incluso en los ciclomotores.

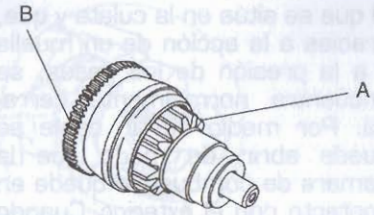
Las características generales de los sistemas eléctricos son similares a las de los mecánicos. La principal diferencia se encuentra en la utilización de un motor eléctrico para el accionamiento del eje o de los elementos de transmisión. Éstos son algo diferentes ya que, mientras en los arranques mecánicos se dispone de un régimen de giro relativamente pequeño y un par muy importante provocado por la patada del piloto sobre la palanca, en los motores eléctricos se dispone de bastante velocidad, pero de un par bastante más pequeño.



7.42. Elementos de un embrague de arranque de dirección única y su funcionamiento.

Los sistemas más comunes (Fig. 7.42) constan de un motor eléctrico que gira a un régimen elevado y que se conecta o bien directamente, o bien por medio de una rueda intermedia, a una corona instalada sobre el cigüeñal, y separada de él por medio de un cojinete. Cuando el motor de arranque funciona, la corona arrastra unos cilindros R que están situados en una pieza intermedia A, solidaria con el cigüeñal por medio de la tapa T. Esto provoca el movimiento del cigüeñal, y por tanto el arranque. Cuando el motor está en funcionamiento, la velocidad de la

tapa T es muy elevada, por lo que los rodillos vencen la fuerza de los muelles que los mantienen sobre la corona C debido a la fuerza centrífuga, eliminandose el contacto entre las dos piezas del embrague de arranque.



7.43. Elemento de transmisión de arranque de tipo Bendix.

Hay algunos sistemas diferentes, pero los anteriores son los más empleados. El motor de arranque en las motos de menor cilindrada y en algunos ciclomotores no necesita una reducción tan elevada, y en ocasiones se monta conectado con una única rueda al cigüeñal, dejando la función de desconexión a un muelle que actúa sobre un engranaje helicoidal A con posibilidad de deslizamiento, sobre su base B.

Los sistemas de tipo Bendix, en los cuales el motor de arranque engrana con el motor únicamente cuando alcanza un número determinado de revoluciones que hace saltar el accionamiento y que éste se ponga en contacto con la transmisión al cigüeñal, no es muy empleado en las motos, aunque hay algunos modelos que lo equipan (Fig. 7.43).

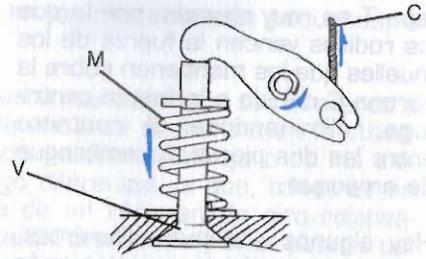
8. DESCOMPRESORES

En muchos motores, la relación de compresión, o simplemente el esfuerzo que el motor debe realizar para vencer la carrera de compresión del motor es muy elevada. Esto tiene lugar sobre todo en motores de gran cilindrada unitaria como los monocilíndricos de cuatro tiempos, o en bicilíndricos de características similares, y también en motores cuya desmultiplicación desde el sistema de accionamiento del arranque al del motor no es muy elevada, lo que obliga a vencer importantes esfuerzos.

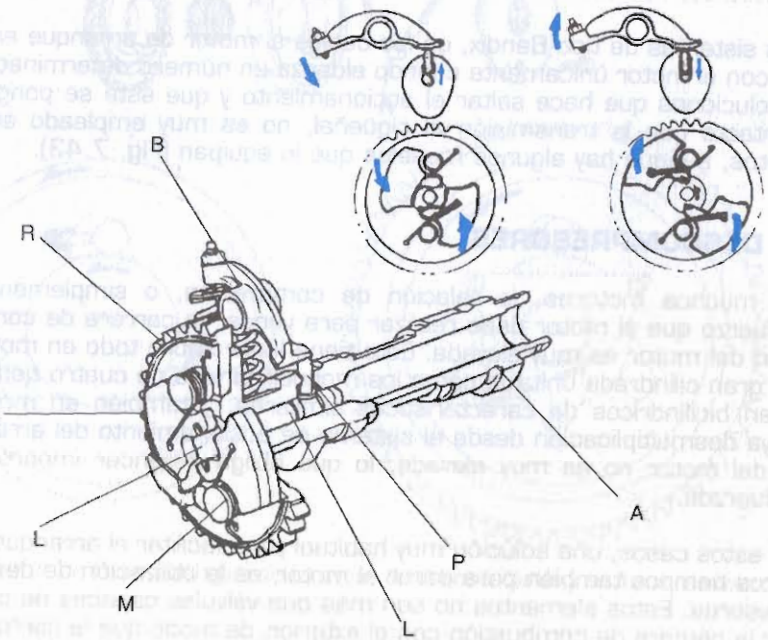
En estos casos, una solución muy habitual para facilitar el arranque y en otros tiempos también para parar el motor, es la utilización de descompresores. Estos elementos no son más que válvulas capaces de conectar la cámara de combustión con el exterior, de modo que la carrera de compresión no produzca un aumento excesivo de la presión de los gases internos, que tienen la posibilidad de salir. El motivo es disminuir el esfuerzo necesario para hacer girar el motor, y permitir un aumento del giro que permita un arranque más sencillo cuando el descompresor deje de actuar.

Hay dos tipos de descompresores, los manuales y los automáticos. Los primeros (Fig. 7.44) están formados por una válvula de movimiento line-

al que se sitúa en la culata y que, gracias a la acción de un muelle y a la presión de los gases, se encuentra normalmente cerrada. Por medio de un cable se puede abrir, de modo que la cámara de combustión quede en contacto con el exterior. Cuando la acción del cable desaparece, la válvula vuelve a su posición habitual. Este tipo de descompresores eran muy habituales en las motos de baja cilindrada de hace algunos años y en los ciclomotores, empleándose para facilitar la consecución de un mayor régimen de arranque y también para parar el motor.

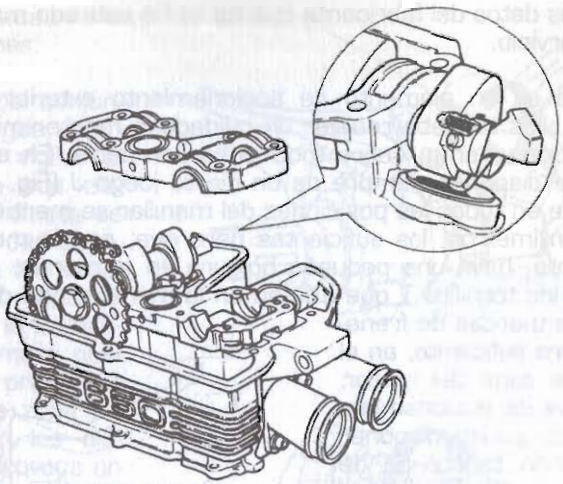


7.44. Descompresor manual.



7.45. Descompresor automático.

El segundo gran grupo de descompresores son los automáticos, empleados en los motores monocilíndricos de cuatro tiempos que disponen de un arranque más dificultoso. En este caso, se integra un sistema, que hasta un cierto número de revoluciones del motor, mantiene las válvulas de escape abiertas, o al menos una de ellas. En la Fig. 7.45 se puede



7.45 Bis. Descompresor centrífugo.

observar un mecanismo de este tipo. El árbol de levas A dispone de un pasador P que puede desplazarse hacia el exterior por la acción de un elemento interior al árbol. Cuando la moto está parada o las revoluciones de giro del motor son muy pequeñas, como ocurre cuando comienza el arranque, el pasador P empuja al balancín B, de modo que en la carrera de compresión, la válvula de escape se abre. Cuando el motor aumenta su giro, los contrapesos C, situados en la corona R de transmisión, se desplazan hacia el exterior por efecto de la fuerza centrífuga, contra la acción de los muelles M que los mantenían fijos al eje. Este desplazamiento hace que la palanca descompresora L gire accionada por los talones de los contrapesos, y que el pasador se introduzca en el árbol, liberando al balancín y permitiendo el cierre de la válvula.

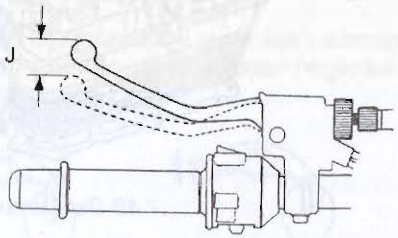
El régimen de funcionamiento del descompresor se regula por medio de la masa de los contrapesos, que lógicamente deben estar perfectamente equilibrados, y de la tensión inicial de los muelles.

9. AVERÍAS Y MANTENIMIENTO

La transmisión primaria de las motocicletas no requiere un mantenimiento especial, ya que se encuentra en el interior del motor, y, salvo en los casos en que se acciona a través de una cadena, no dispone de ningún elemento sometido a sustituciones periódicas. En el caso de las cadenas, hay que comprobar su estado cada cierto tiempo. Para ello no hay más que tensarla en uno de sus lados y medir con exactitud la longitud existente entre un número determinado de eslabones, compro-

bando con los datos del fabricante que no se ha estirado más allá de los límites de servicio.

El embrague es un elemento de accionamiento exterior en muchos casos, y en ellos se debe realizar un cuidadoso mantenimiento del sistema de accionamiento, sobre todo si es por cable. En este caso, la maneta debe disponer siempre de un cierto juego J (Fig. 7.46), comprobando que en todas las posiciones del manillar se mantiene. Hay que dejar unos milímetros, los suficientes para que, con la moto perfectamente caliente, haya una pequeña holgura en el mando. Para ello se actúa sobre los tornillos T que existen en la maneta, que disponen normalmente de tuercas de frenado. Si no fuera suficiente, en el anclaje de la zona del motor, junto a la leva de accionamiento, las motos suelen disponer de un segundo tensor S, de mayor recorrido que el primero (Fig. 7.47). En algunos modelos se puede actuar sobre la varilla de accionamiento desde el eje del embrague.



7.46. Juego necesario en la maneta de embrague.

En el caso de que el embrague esté demasiado tensado, se encontrará ligeramente accionado, por lo que los discos no tendrán la suficiente presión y rozarán constantemente con el consiguiente problema de sobrecalentamiento.

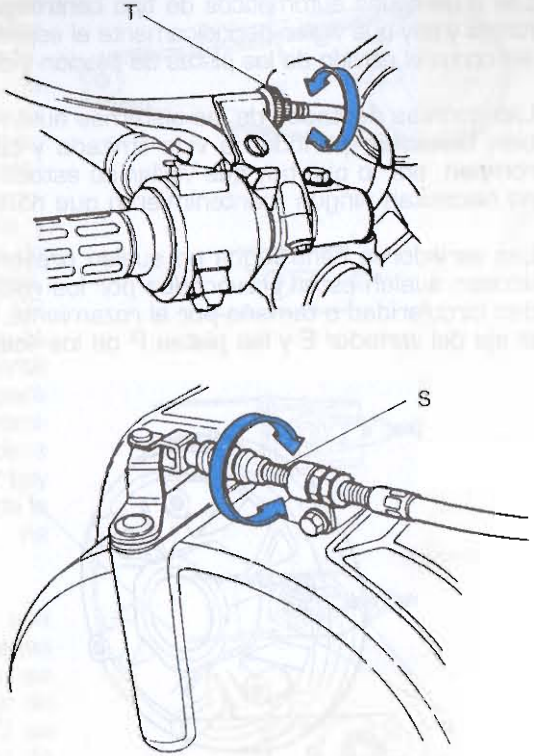
Esto provoca un desajuste entre el régimen del motor y la velocidad de la motocicleta, que se conoce como "patinado del embrague", y que, si se mantiene, provoca la rotura del embrague. En el caso contrario, el embrague no se acciona completamente y se somete a esfuerzos considerables, tanto a los elementos del embrague, cuyos discos siguen rozando aunque el embrague esté accionado completamente, como a los del cambio, que sufren continuos golpes.

Además, hay que engrasar los cables y sus topes, ya que el rozamiento continuo puede acabar rompiéndolos. Actualmente hay muchos cables que se sirven ya engrasados y sellados, pero nunca hay que olvidar la lubricación de sus topes ni de los ejes de las manetas.

En el caso de accionamiento mediante un sistema hidráulico, hay que sustituir el líquido hidráulico conforme se vaya oxidando, lo que se puede comprobar verazmente inspeccionando su color, que debe ser claro. Hay que vigilar el nivel N en el depósito (Fig. 7.48), y purgar el sistema si se comprueba que el recorrido de accionamiento es insuficiente. En cualquier caso, como la presión en estos circuitos no es muy elevada,

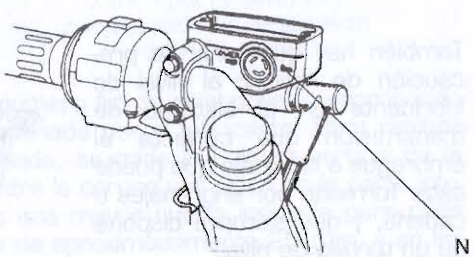
no suelen plantear muchos problemas.

Los ajustes del conjunto de embrague están enfocados a vigilar el desgaste de sus elementos. Los discos se gastan y pierden espesor, también los muelles pierden efectividad, y tanto la campana como la maza pueden llegar a presentar estrías en la zona de contacto con los discos, lo que provoca un funcionamiento a tirones.



7.47. Situación de los tensores de embrague.

El principal problema con el embrague es lo que normalmente se conoce como "quemado de los discos". Se trata de un sobrecalentamiento de éstos que acaba destrozando su superficie, de manera que la adherencia disminuye y el embrague patina sin poder transmitir toda la potencia. El quemado del embrague se puede producir por un tensado excesivo de los elementos de accionamiento, por obligarlo a patinar de manera exagerada, o por un uso continuo que acabe por deteriorarlo.



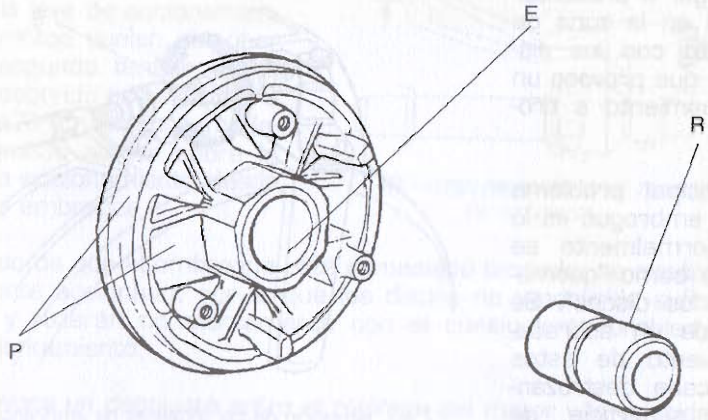
7.48. Nivel de líquido hidráulico en el accionamiento del embrague.

Los muelles también acusan fatiga con el paso del tiempo, y pueden provocar igualmente el patinado del embrague, si su fuerza no es la suficiente, lo que se comprueba midiendo su longitud.

Los embragues automáticos de tipo centrífugo también van gastando sus forros y hay que vigilar periódicamente el espesor del ferodo de las zapatas, así como el estado de las pistas de fricción y de los muelles de retorno.

Las correas dentadas de los sistemas automáticos de transmisión también tienen un periodo de vida limitado y cuando llegan a su límite se rompen, por lo que hay que vigilar su estado. Salvo estas sustituciones, no necesitan ningún mantenimiento que no sea una limpieza periódica.

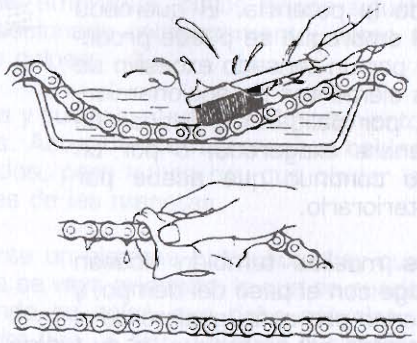
Los variadores centrífugos no suelen presentar problemas, pero si los acusan suelen estar provocados por los rodillos deslizantes R que pierden circularidad o tamaño por el rozamiento. Hay que controlar también el eje del variador E y las pistas P de los volantes (Fig. 7.49).



7.49. Revisión del desgaste de las pistas y los rodillos de un variador.

También hay que tener la precaución de revisar el nivel de lubricante en el sistema de transmisión que conecta el embrague a la rueda, que puede estar formado por engranajes o cadena, y que siempre dispone de un tornillo de nivel.

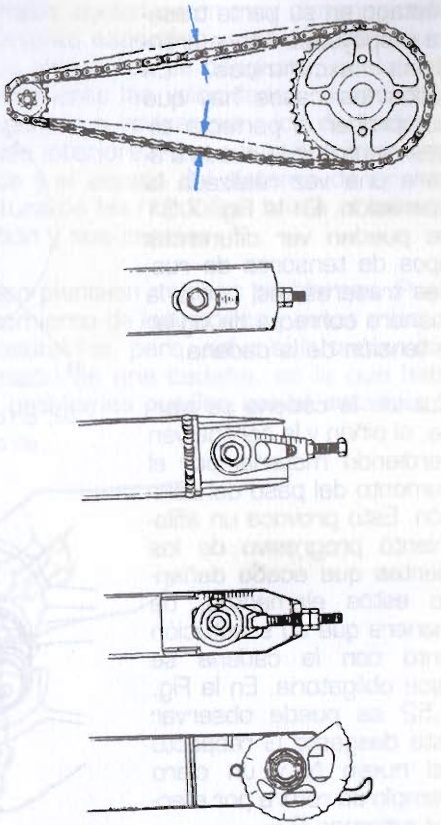
Las cadenas de la transmisión secundaria están sometidas a un constante alargamiento, y son uno de los elementos de mantenimiento y sustitución más frecuente.



7.50. Limpieza correcta de una cadena de transmisión secundaria.

Las dos operaciones que requieren de una manera constante son su engrase y su tensado. Para la primera operación, la solución más conveniente es su extracción y su limpieza a fondo con gasolina o algún detergente que no dañe los retenes si dispone de ellos. Una vez limpia y seca, se engrasa con aceite de alta viscosidad de transmisiones, tipo SAE 80 EP o SAE 90 EP. Esta operación sin embargo es bastante pesada, y normalmente se utilizan sprays especiales para engrasar este tipo de transmisiones. En este caso, la cadena debe estar limpia y seca, y hay que dejar que el propelente de la grasa se evapore antes de comenzar la marcha.

Las zonas que requieren una mayor lubricación son aquellas por las que el lubricante se puede introducir en el interior de los rodillos. En la Fig. 7.50 se puede observar la operación de limpieza y engrase.

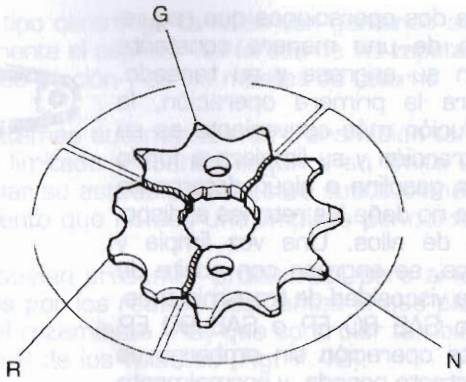


7.51. Tipos de tensores y comprobación del alargamiento de una cadena.

Las cadenas de transmisión secundaria también necesitan un tensado continuo. Para comprobar el estado de la cadena se puede medir la distancia entre un número fijo de eslabones, comprobando que la distancia no excede la dictaminada por el fabricante. Para realizar las operaciones periódicas de tensado, se mide la holgura vertical de la cadena en la mitad del recorrido entre la corona y el piñón en la parte inferior, y se comprueba que ésta no sea mayor que la indicada para cada modelo. En motos de carretera es de aproximadamente 25 mm, y en las de campo de 45 mm. La holgura mínima necesaria para soportar los cambios de tensión provocados por la suspensión se puede fijar en unos 15 mm para las de carretera y unos 35 mm para las de campo, pero estos datos deben ser siempre verificados en el manual de cada modelo.

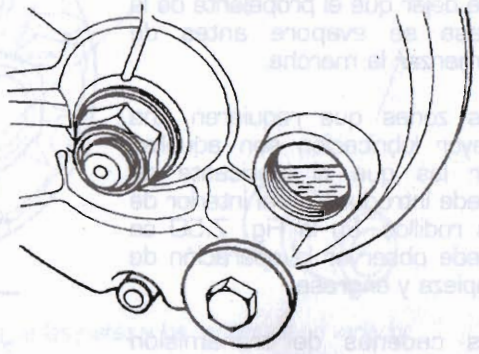
Para tensar la cadena, cada moto dispone de unos tensores específicos, que van desde los ejes excéntricos hasta las placas soporte con

vástago en su parte trasera o apoyados sobre arandelas excéntricas. En todos los casos hay que comprobar el perfecto alineamiento de la rueda trasera una vez realizada la operación. En la Fig. 7.51 se pueden ver diferentes tipos de tensores de ruedas traseras, así como la manera correcta de vigilar la tensión de la cadena.



7.52. En este piñon pueden verse un diente roto, un diente gastado y un diente nuevo.

Cuando la cadena se alarga, el piñón y la corona van perdiendo material por el aumento del paso del eslabón. Esto provoca un afilamiento progresivo de los dientes que acaba dañando estos elementos, de manera que su sustitución junto con la cadena se hace obligatoria. En la Fig. 7.52 se puede observar este desgaste G respecto del nuevo N y un claro ejemplo de rotura por efectos externos R.



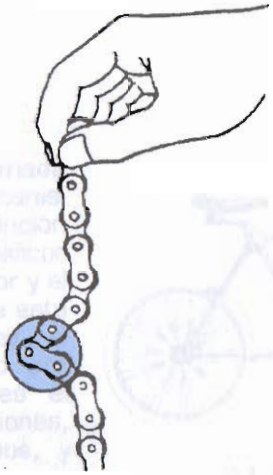
7.53. Revisión del nivel de aceite de una transmisión por cardan.

Las transmisiones por cardan están exentas de mantenimiento, a excepción de la vigilancia del nivel de lubricante que se inspecciona a través de un tornillo, como se observa en la Fig. 7.53, y de la sustitución periódica del aceite.

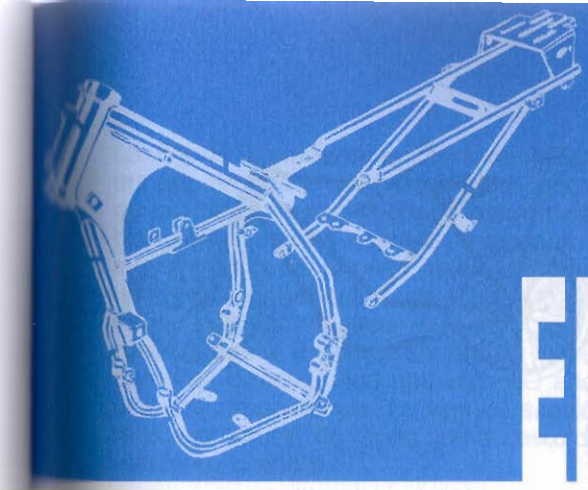
Las averías del sistema de transmisión se deben, o bien a la falta de lubricación, o bien al kilometraje recorrido por las cadenas. En ambos casos la sustitución es obligatoria. Si la cadena no se engrasa, los rodillos acaban gripándose, como se observa en la Fig. 7.54, mientras que un alargamiento excesivo provoca deterioros en el bastidor por los golpes, y, a largo plazo, la falta de transmisión al resbalar la cadena sobre los dientes o la rotura del elemento de transmisión. Las averías del cardan suelen deberse al engranaje cónico, que obliga a una laboriosa tarea de sustitución, ajuste, y pretensado de la unión.

Los cambios de velocidades normales suelen estar muy dimensionados y tampoco requieren un mantenimiento específico, más allá de la lubricación habitual. Si algunos de sus elementos se desgasta, suelen perder precisión, engranar defectuosamente las velocidades, o escupirlas a regímenes determinados. Los puntos a revisar son: los dentados de los piñones, sus tetones y sus ejes interiores, los casquillos interiores, la distancia entre los piñones fijos y el estado del sistema de accionamiento desde la anchura y curvatura de las horquillas hasta el selector, pasando por el tambor de selección y sus canales.

Los sistemas de arranque tampoco plantean muchos problemas. Puede llegar a dañarse la pista de deslizamiento de los rodillos y estos mismos, lo que plantea la necesidad de sustituirlos, pero, salvo si la transmisión del movimiento se efectúa por medio de una cadena, en la que habrá que vigilar su estado, los únicos problemas pueden ser el deterioro de alguna pieza.



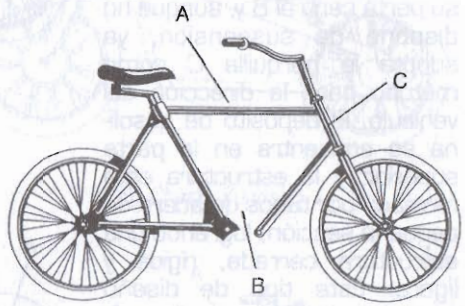
7.54. Rodillos gripados por falta de lubricación en una cadena.



El bastidor

1. GENERALIDADES

La motocicleta está formada por un conjunto de mecanismos, cada uno con una función concreta. Se podría simplificar y reducirlos a dos: el motor y el bastidor. Si se engloba de esta manera todo el conjunto, el bastidor estará formado por todo aquello que no es el motor: chasis, suspensiones, carrocería, ruedas, frenos, y elementos accesorios.



8.1. Chasis Werner.

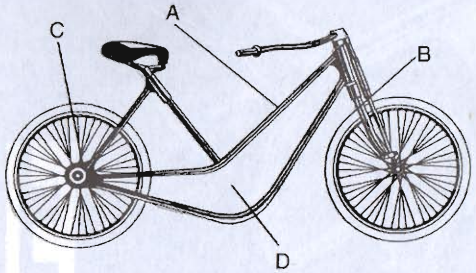
A lo largo de los años, estos elementos han ido variando poco a poco, unas veces para adaptarse a nuevas soluciones, y otras simplemente por cuestión de modas o gustos.

La función del chasis es servir de apoyo y sujeción al resto de los elementos que forman la motocicleta. Por una parte, sujetar el motor; y por otra, las ruedas, suspensiones y a los propios ocupantes. Inicialmente los chasis derivaron de los de las bicicletas. Se formaron a base de tubos metálicos en los que el motor se instalaba entre las dos ruedas, con el piloto sobre él.

La importancia de la rigidez del bastidor ha sido fundamental para el desarrollo de la moto, pero también el conseguir armonizar esta rigidez

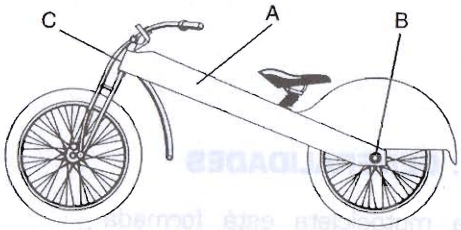
con un peso contenido que permitiera unas mínimas prestaciones y un buen comportamiento dinámico.

Si se hace un breve repaso histórico de los bastidores se puede observar, al igual que ocurrió con los propulsores, los distintos pasos evolutivos que han sufrido a lo largo de los años.

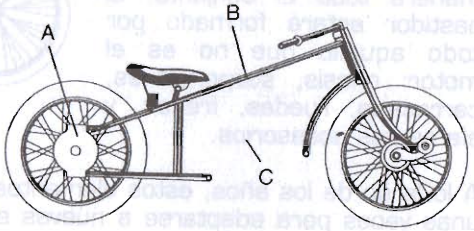


8.2. Chasis Scott.

La Fig. 8.1 muestra la motocicleta de los hermanos Werner de 1901, probablemente la primera moto con una estructura pionera de las actuales. Básicamente se trata de un bastidor de bicicleta A reforzado que ya instala el motor en su parte central B y, aunque no dispone de suspensión, ya adopta la horquilla C como método para la dirección del vehículo. El depósito de gasolina se encuentra en la parte superior, y la estructura está formada por tubos de acero de pequeña sección, logrando una estructura cerrada, rígida y ligera. Este tipo de diseño pasará a denominarse "cuna", pudiendo construirse de varias formas, según sea simple o doble, y cerrada completamente o abierta en la zona del motor.



8.3. Chasis Mars.

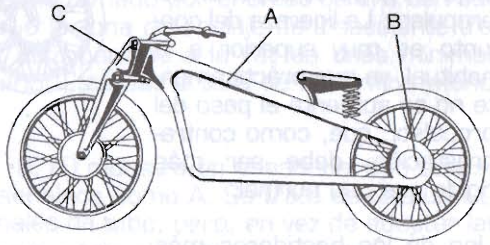


8.4. Chasis BMW.

Con el tiempo la rigidez debe aumentar y los tubos van agrandando su sección, al tiempo que los diseñadores más originales comienzan a innovar formas y diseños. La Scott de 1909 en la Fig. 8.2, plantea un bastidor A abierto por su parte superior, en el que el motor realiza una importante función portante. Ya hay suspensión delantera B, aunque la rueda trasera todavía mantiene un anclaje fijo C. El motor se sitúa de nuevo en la parte inferior D.

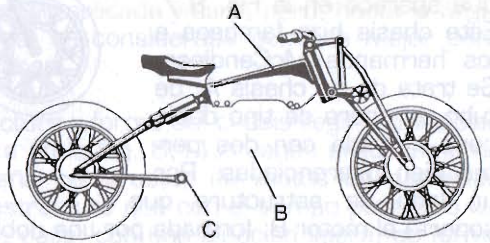
La Fig. 8.3 muestra la Mars de 1920 que arroja nuevos conceptos, aunque no sea la primera que los adopta. Los tubos de sección cerrada se cambian por la chapa estampada A, que no plantea tantos problemas de uniones soldadas y dispone de una gran rigidez. Su principal inconveniente es el peso, habitualmente mayor, pero su resistencia, en unos momentos en los que el estado de las carreteras es bastante precario, suele compensar sus defectos. En este chasis, la unión de la rueda trasera B con el anclaje de la suspensión delantera C es prácticamente directo, algo que sólo 60 años más tarde volvería a adquirir una gran importancia. La viga de sección cuadrada forma prácticamente la estructura, de modo que el resto de los elementos se sujetan a ella mediante tirantes.

La BMW R-32 de 1923, en la Fig. 8.4, no presenta grandes novedades respecto a lo conocido en ese momento, pero aprovecha el sistema de transmisión A, como elemento resistente, jugando con una gran ligereza y de nuevo utilizando el tubo de acero B, aunque intentando emplear las mínimas cantidades, estudiando los puntos más adecuados. De nuevo el motor situado en la zona C tiene una gran importancia en la función resistente del chasis.



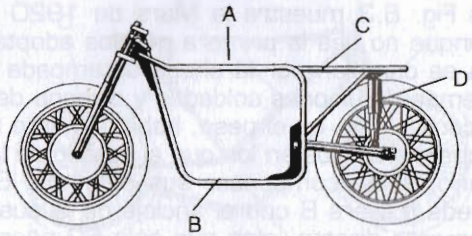
8.5. Chasis Zundapp.

De nuevo nos encontramos ante un chasis de chapa de acero en la Fig. 8.5, pero con catorce años de evolución con respecto al anterior. En este caso, es el de la Zundapp K 800 de 1934, en los prolegómenos de la segunda guerra mundial. La chapa ya no se emplea de manera tan masiva, con el fin de reducir el peso del conjunto. La chapa A se corta y se dobla mediante nuevos procedimientos, y su estructura es aun más dura y rígida. Se siguen las líneas maestras de los bastidores tubulares, rodeando el motor, y, aunque las primeras suspensiones traseras han aparecido hace tiempo, aún no están plenamente implantadas, de modo que el bastidor llega hasta el anclaje del tren posterior B. Las suspensiones delanteras van variando, pero todavía no han llegado a la horquilla telescópica que se impondrá después de la segunda guerra mundial.

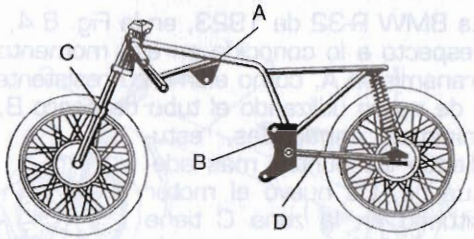


8.6. Chasis H.R.D.

A finales de la década de los treinta aparece una motocicleta exclusiva (Fig. 8.6). Está dotada de un nuevo bastidor A tan exclusivo como ella, la Vincent HRD Rapid de 1939. El motor situado en la posición B tiene una función portante muy importante, hasta el punto de que la suspensión trasera está directamente anclada a él por su parte trasera mediante el tirante C. La suspensión delantera también se ancla al motor mediante un pequeño elemento intermedio que se aloja en la parte superior del propulsor. La ligereza del conjunto es muy superior a la habitual, ya que prácticamente no se aumenta el peso del propulsor, que, como contraprestación, debe ser más rígido que uno normal.

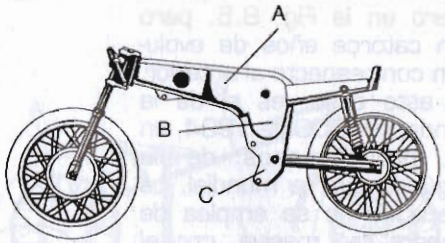


8.7. Chasis Norton.



8.8. Chasis Honda.

Uno de los bastidores más famosos de la historia es sin duda el que equipaba la Norton Manx del año 1950, que aparece en la Fig. 8.7. Este chasis hizo famosos a los hermanos McCandless. Se trata de un chasis A, de tubo de acero de tipo doble cuna cerrada con dos partes bien diferenciadas. Por un lado, la estructura que soporta el motor B, formada por una doble cuna cerrada, y por otro, un subchasis posterior C, que sirve de soporte para el piloto y para la amortiguación posterior D, que se realiza por medio de un sistema de basculante articulado y amortiguadores.



8.9. Chasis Ossa.

Las virtudes del chasis de esta moto, que llegó a tener hasta nombre, denominándose "Featherbed" —que vendría a ser "lecho de plumas" en castellano— hicieron famosa a esta moto, que se convirtió en una de las mejores armas para la competición, a pesar de su menor potencia.

La competición siempre ha sido uno de los grandes motores de la evolución de las motocicletas, sobre todo desde finales de la segunda guerra mundial, cuando ha alcanzado una gran repercusión publicitaria. El siguiente chasis que muestra la Fig. 8.8 vuelve a emplear el motor como un elemento estructural importante. Se trata de una Honda CR 72 de 1963 de competición, en la que el chasis A sortea por la parte superior al motor, pero mantiene en su estructura, tanto el anclaje de la suspensión delantera B, como el de la trasera, adoptando ya las suspensiones que se han mantenido durante los últimos años invariables en la mayoría de las motos, la horquilla delantera C y el basculante trasero D.

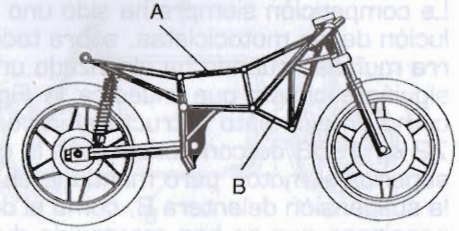
Hasta ahora se han estudiado chasis realizados en chapa, pero no como el de la Ossa de competición de finales de los años 60, de la Fig. 8.9 que integra además el depósito de gasolina A en la zona media. En este caso, el material deja de ser por primera vez el acero, para ser una aleación de magnesio, un material mucho más ligero que el hierro habitual. El chasis B es muy rígido, al estar formado por una estructura cerrada en su mayor parte, ya que, salvo la zona de anclaje del basculante trasero C, lo está por completo. Esto permite a la vez de unas mínimas dimensiones, un peso muy liviano. Esta estructura se denomina monocasco.

La Norton Challenge de la Fig. 8.10 muestra un chasis del tipo que se ha denominado "multitubular" señalado como A. Se trata de una derivación de los bastidores tradicionales de tubo, pero, en vez de adoptar las clásicas estructuras de tipo cuna, ancla el motor por la parte superior con numerosos tubos de sección recta B, de modo que los tubos no trabajen con esfuerzos de flexión. De esta manera, se aumenta de manera considerable la rigidez de la estructura, sin que ello represente un mayor peso. Esta estructura es complicada y cara, pero, hasta la llegada de los siguientes bastidores, se consideraba como la mejor para motocicletas de altas prestaciones.

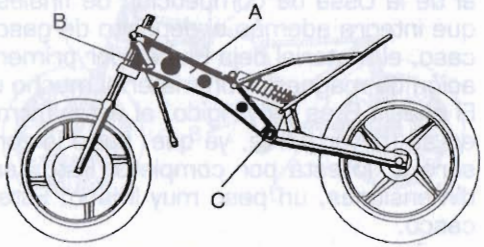
La gran revolución de la estructura y forma del chasis llegó a principios de los años 80, como aparece en la Fig. 8.11, cuando prácticamente a la vez Yamaha y un pequeño constructor de motos de carreras, Antonio Cobas, presentan la estructura que con el tiempo pasaría a llamarse de "doble viga". En este caso, con una aleación ligera, se forma una estructura A, que une directamente la pipa de sujeción de la suspensión delantera B con el eje del basculante trasero C. Se consigue una estructura muy rígida y a la vez ligera y sencilla de fabricar. Desde entonces, los bastidores han evolucionado hacia esta estructura, primero engordando las secciones superiores de sus cunas, y, finalmente, eliminado las secciones inferiores o manteniéndolas como soportes del motor únicamente.

Por último, la Fig. 8.12 muestra un bastidor de la última generación, el que equipa la Yamaha GTS. En este caso, al haberse obviado la clásica suspensión delantera por horquilla en favor de un nuevo sistema A, el bastidor no necesita comenzar en la parte superior, y forma una estructura B que abraza al motor, uniendo los puntos de anclaje de las dos suspensiones delantera y trasera, C y D respectivamente, también mediante gruesas vigas de aleación ligera.

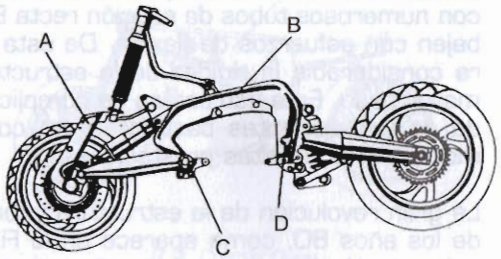
A lo largo de la historia, se han empleado otros tipos de bastidor, pero éstos pueden ser los mas significativos. La mayoría han sido —y son— de tipo cuna, realizados en tubos de acero de distintas secciones. En la actualidad, los tipos de doble viga dominan el mercado de la moto de carretera, donde el precio de las aleaciones ligeras está permitido. El acero y el aluminio son los materiales empleados, aunque es el primero el más utilizado por su menor coste.



8.10. Chasis Norton.



8.11. Chasis Kobas.

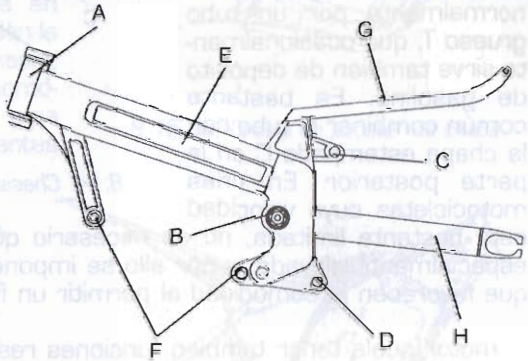


8.12. Chasis Yamaha.

2. TIPOS DE CHASIS

Tras haber podido ver una pequeña relación de los chasis empleados a lo largo de la historia, se estudiarán a continuación los que en la actualidad son más comunes en las motocicletas.

La estructura general de un chasis, independientemente de su tipo, es prácticamente invariable en todas. Como se aprecia en la figura 8.13, por una parte tenemos la zona de anclaje de la suspensión delantera A. Al ser ésta habitualmente una horquilla telescópica, es un eje que se denomina "pipa de dirección". Por la propia estructura de la horquilla, este punto se sitúa en la parte delantera, en la parte más alta del chasis. El otro punto de anclaje de la suspensión suele ser el eje del basculante B, que debe combinarse con un soporte para el o los amortiguadores traseros C, e incluso los anclajes de las bieletas de la suspensión trasera D, si es que éstas existen. Estas dos zonas están sometidas a unos grandes esfuerzos, de modo que conviene que dispongan de la máxima rigidez posible. Además hay que unir ambos anclajes con una estructura E, y aquí es donde la variedad abunda. Los distintos tipos pueden realizarlo con tubos, chapas, vigas gruesas etc., siendo éstos igualmente los materiales empleados para los anclajes. En el dibujo está representado un bastidor de tipo doble viga actual, pero cualquiera de los tipos que se verán con posterioridad adoptan los mismos principios.



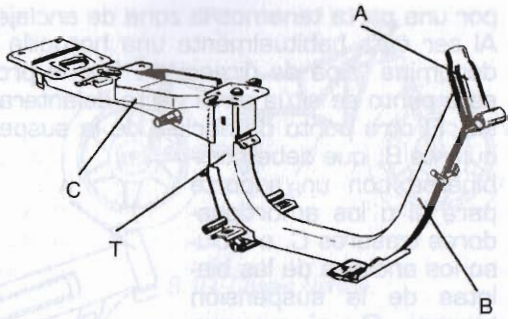
8.13. Partes de un bastidor.

Otros elementos que debe tener el chasis son los anclajes para el motor F, lo suficientemente resistentes como para que no les afecte ni el peso ni las vibraciones. El motor es ocasionalmente parte de la estructura del chasis, ya que, debido a su gran resistencia, puede realizar funciones portantes, permitiendo que el chasis sea más ligero. También hay que sujetar al piloto mediante la estructura G y los diferentes elementos accesorios como el depósito de gasolina y la carrocería en general, así como los accesorios del piloto. Si se incluye el basculante trasero H como un elemento del chasis, hay que señalar que esta pieza está sometida a unos grandes esfuerzos y que debe ser muy resistente. En otros momentos no se realizaban los basculantes siguiendo esta línea, pero con el tiempo han sido uno de los elementos que más se han dimensionado.

Se distinguirán a continuación los distintos chasis comenzando por los más sencillos, que son los que equipan las motocicletas de menor cilindrada, los ciclomotores.

Actualmente la estructura de estos vehículos es bastante general, similar a la de la Fig. 8.14. Siguen unas pautas marcadas, que parecen de

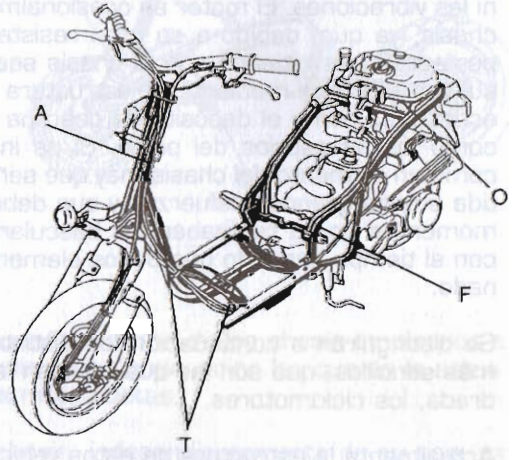
momento inamovibles. La pipa de dirección A está situada relativamente baja, normalmente a la altura del sillín. La estructura del chasis B es abierta, formada normalmente por un tubo grueso T, que ocasionalmente sirve también de depósito de gasolina. Es bastante común combinar el tubo con la chapa estampada C en la parte posterior. En unas motocicletas cuya velocidad está bastante limitada, no es necesario que la rigidez del chasis sea especialmente elevada, y por ello se imponen las estructuras abiertas, que favorecen la comodidad al permitir un fácil acceso.



8.14. Chasis de ciclomotor de tipo abierto.

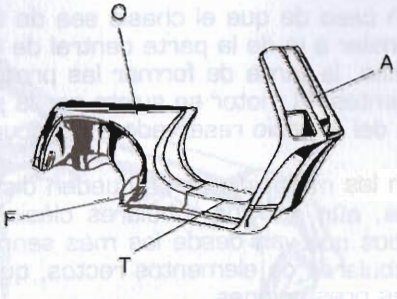
El motor suele tener también funciones resistentes, ya que la transmisión secundaria y la rueda, o bien están integradas en el propio propulsor, o lo están por medio de un basculante igualmente anclado a él. De este modo, el chasis sólo debe soportar la suspensión delantera D y al piloto, quedando el resto de las funciones en manos del motor. El material empleado es casi siempre el acero.

Los scooters son el siguiente paso. En este caso, las diferencias entre este tipo de motos y el resto son tan evidentes, que se comprende la necesidad de un chasis con algunas peculiaridades. Durante bastante tiempo, la chapa estampada ha sido el material más común para la realización de los chasis de los scooters, sobre todo porque los más vendidos y conocidos, las Vespa, así lo tenían. Actualmente la chapa está en franco retroceso frente a los bastidores realizados en tubo de acero, como el que aparece en la Fig. 8.15. La estructura de chapa tiene la ventaja de englobar en un solo elemento el chasis y la carrocería. Los scooters se distinguen entre otras cosas por la existencia de unas amplias superficies de protección en la parte delantera y en la inferior, que en los bastidores de chapa forman parte del chasis, ayudando a aumentar su rigidez.



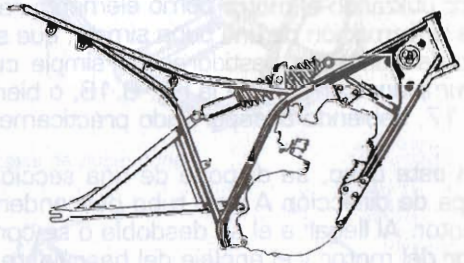
8.15. Chasis de scooter de tipo tubular.

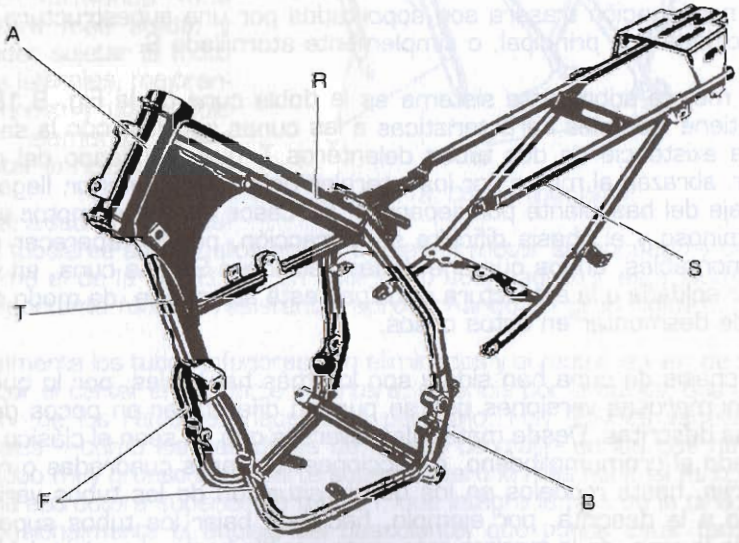
La estructura de los scooters, en los que el motor integra también la rueda trasera, hace que el chasis, al igual que se vio en los ciclomotores, sólo deba soportar la pipa de dirección A, y a los ocupantes O.



8.15 bis. Chasis de scooter de chapa.

Debido a las ruedas de pequeño diámetro, la suspensión delantera suele ser diferente a la horquilla que se instala en la mayoría de las motos, y la pipa de dirección A suele sustituirse por un alojamiento más amplio donde se instala una columna de mayor longitud.


8.16. Chasis de simple cuna interrumpida.



8.17. Chasis de simple cuna desdoblada.

En caso de que el chasis sea de tubos T, éstos siguen una trayectoria similar a la de la parte central de los de chapa, dejando a paneles plásticos, la tarea de formar las protecciones, que por tanto son independientes. El motor se sujeta por la parte inferior del chasis F, justo debajo del espacio reservado a los ocupantes.

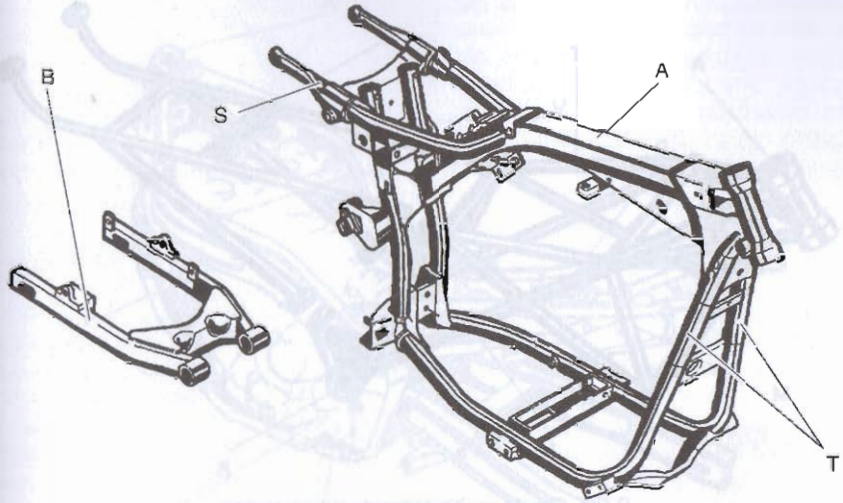
En las motocicletas se pueden distinguir varios tipos de chasis. Hoy en día, aún son los tubulares clásicos los más habituales. Hay diversos tipos que van desde los más sencillos de cuna simple, hasta los multitubulares de elementos rectos, que se emplean en las motos de mayores prestaciones.

Los de simple cuna pueden ser completos o interrumpir su sección inferior utilizando el motor como elemento resistente. Una tercera posibilidad es la formación de una cuna simple, que se desdobla a la altura del motor. Actualmente los bastidores de simple cuna habituales son, o bien interrumpidos como el de la Fig. 8.16, o bien desdoblados como el de la Fig. 8.17, habiendo desaparecido prácticamente las cunas simples cerradas.

En este caso, se dispone de una sección normalmente reforzada en la pipa de dirección A y un tubo descendente T hacia la parte anterior del motor. Al llegar a él se desdobla o se corta. Por otra parte, la zona inferior del motor y el anclaje del basculante B se sujetan mediante tubos R que, partiendo desde la pipa, sortean el motor por su parte superior, y bajan hacia ellas, desdoblándose, o bien en la propia pipa, o bien al llegar a la zona trasera del motor. Por su parte, el pasaje y el anclaje de la amortiguación trasera son soportados por una subestructura trasera soldada a la principal, o simplemente atornillada S.

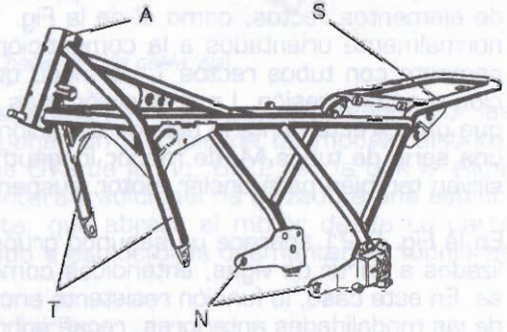
Una mejora sobre este sistema es la doble cuna de la Fig. 8.18, que mantiene idénticas características a las cunas simples, con la salvedad de la existencia de dos tubos delanteros T, que, partiendo del mismo lugar, abrazan al motor por los laterales de su parte inferior, llegando al anclaje del basculante por separado. En casos en que el motor es muy voluminoso y el chasis dificulta su extracción, pueden aparecer chasis desmontables, en los que una de las secciones S de la cuna, en vez de estar soldada a la estructura principal, está atornillada, de modo que se puede desmontar en estos casos.

Los chasis de cuna han sido y son los más habituales, por lo que existen numerosas versiones que se pueden diferenciar en pocos detalles de las descritas. Desde materiales diversos que no sean el clásico acero tratado al cromomolibdeno, o secciones tubulares cuadradas o rectangulares, hasta modelos en los que la situación de los tubos varía respecto a la descrita, por ejemplo, haciendo bajar los tubos superiores desde la pipa, de la manera más recta posible hasta el anclaje del basculante.



8.18. Chasis de doble cuna.

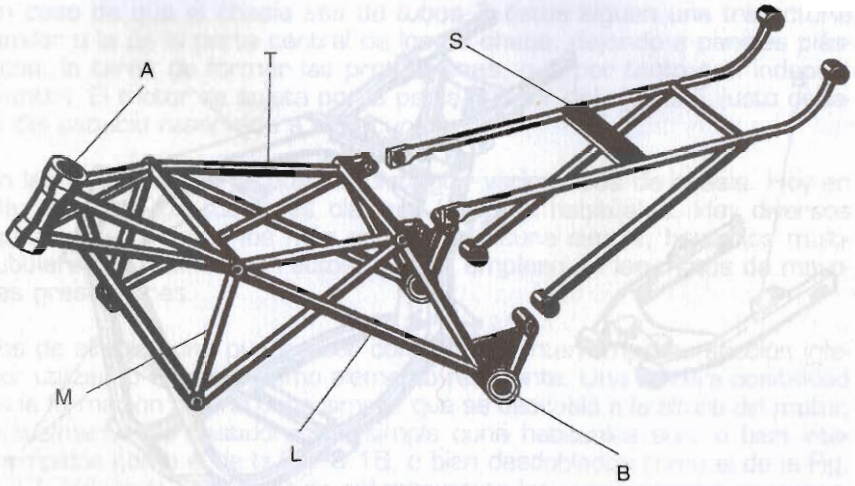
Los bastidores de doble cuna son más rígidos que los de cuna simple por estar cerrados en la práctica totalidad de las ocasiones, formando una estructura más solida, y por poder sujetar la moto por sus laterales, mejorando el apoyo y utilizándolo como elemento para aumentar la rigidez.



8.19. Chasis multitubular.

Otra variedad de los bastidores tubulares son aquellos en los cuales el motor se encuentra colgado, como el de la Fig. 8.19. En este caso suele adquirir este elemento una importante función resistente, aprovechando su gran rigidez.

Normalmente los tubos inferiores son eliminados y el motor, en vez de sujetarse por el cárter en su parte delantera, se ancla por la culata, que debe disponer de los refuerzos necesarios para ello. Hay algunas variedades especiales —como los bastidores de espina central— en los que hay un único tubo muy grueso en la parte superior, pero lo más habitual es contar con una estructura superior de tubos T, que integra la pipa de la dirección A y ocasionalmente el anclaje del basculante, que puede estar también unido al motor. Las secciones encargadas de soportar al piloto S, se integran en la estructura principal.

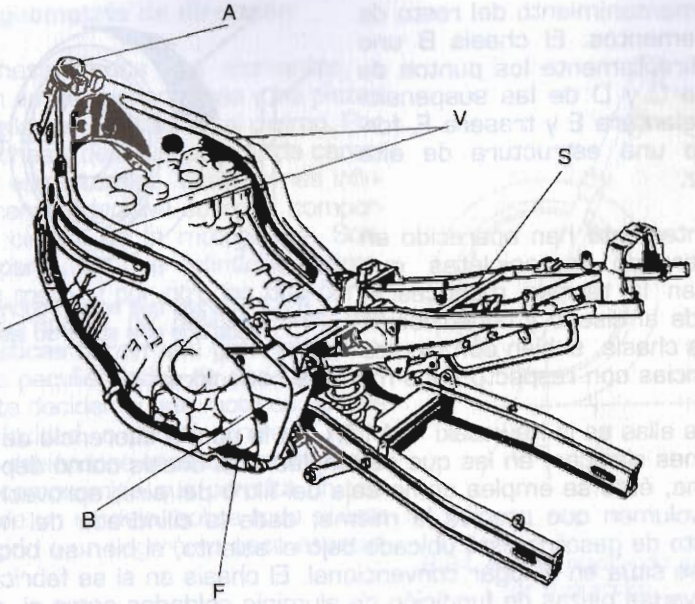


8.20. Chasis multitubular de tubos rectos.

Una importante variedad de este tipo son los bastidores multitubulares de elementos rectos, como el de la Fig. 8.20. En este tipo de chasis, normalmente orientados a la competición, la estructura se forma únicamente con tubos rectos T, de modo que éstos sólo trabajen a tracción o a compresión. La disposición más habitual es un elemento largo que une directamente la pipa de dirección con el eje del basculante L, y una serie de tubos M, de menor longitud, que refuerzan esta función y sirven también para anclar motor, suspensión trasera y pasaje.

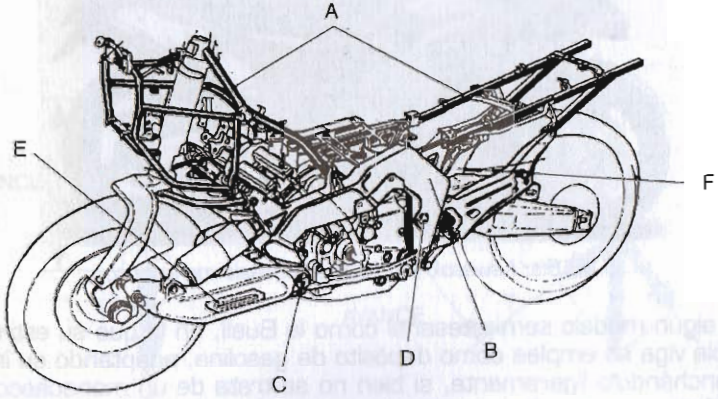
En la Fig. 8.21 aparece un segundo grupo de chasis. Son aquellos realizados a partir de vigas, entendidas como tubos de sección muy gruesa. En este caso, la función resistente encargada al entramado de tubos de las modalidades anteriores, recae sobre un par de vigas V, que unen la pipa A con el anclaje del basculante B, partiendo de la primera y bifurcándose hasta abrazar al motor por su parte posterior. Los puntos de anclaje del motor F y del pasaje S, se encargan a tubos de menor sección soldados o atornillados a la estructura principal.

En el caso de que se realicen en aluminio en vez de acero, las zonas que reciben mayor esfuerzo, es decir, la pipa de dirección A y el anclaje del basculante B, suelen estar fundidas y son macizas. También se puede cambiar la viga por un perfil de plancha laminada, moldeada y soldada, aunque esto sólo ocurre en modelos muy especializados de altas prestaciones. En los últimos modelos, se usa una novedosa tecnología en la fabricación de las vigas denominada "fundición a alta presión", con la que se mejora la rigidez sin incrementar el ,peso. Respecto a la fundición normal a presión atmosférica, presenta la ventaja de una mayor cohesión entre las moléculas del material, de la cual se obtiene su mayor rigidez.



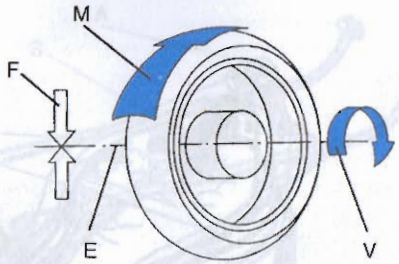
8.21. Chasis de tipo doble viga.

Salvo unidades excepcionales, estos son los chasis empleados por las motocicletas actuales. Por poner un ejemplo de un modelo distinto, existe el chasis de la Yamaha GTS de la Fig. 8.22, en la que la eliminación de la suspensión delantera tradicional ha forzado a una estructura completamente diferente, que abraza al motor desde su parte delantera a la trasera, dejando a estructuras desmontables tubulares



8.22. Chasis tipo Swing Arm.

A, el mantenimiento del resto de los elementos. El chasis B une casi directamente los puntos de anclaje C y D de las suspensiones delantera E y trasera F, formando una estructura de alta rigidez.



8.23. Fuerzas que actúan sobre una rueda que gira sobre su eje.

Recientemente han aparecido en el mercado motocicletas que emplean la técnica monocasco, aplicada al diseño y construcción de sus chasis, si bien con ciertas diferencias con respecto a los modelos conocidos.

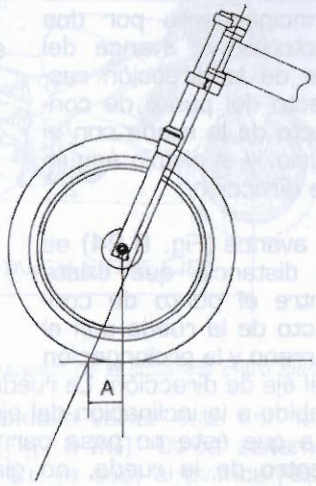
Una de ellas es la Kawasaki ZX-12R, en la que, a diferencia de las realizaciones clásicas, en las que se empleaba el chasis como depósito de gasolina, éste se emplea como caja del filtro del aire, aprovechando el gran volumen que precisa la misma, dada la cilindrada del motor. El depósito de gasolina está ubicado bajo el asiento, si bien su boca de llenado se sitúa en el lugar convencional. El chasis en sí se fabrica a partir de varias piezas de fundición de aluminio soldadas entre sí, a excepción de una que va atornillada, para así poder acceder a la batería, la cual se aloja en su interior, junto con la citada caja del filtro del aire. Esta es la primera moto de gran serie en utilizar la técnica monocasco, a excepción de algún modelo minoritario de hace muchas décadas.

8.23 Bis. Kawasaki ZX 12 R con chasis monocasco.

Existe algún modelo semiartesanal como la Buell, en la que su estructura de doble viga se emplea como depósito de gasolina, adaptando su interior y ensanchándolo ligeramente, si bien no se trata de un monocasco, tal y como éste se entiende, pues su estructura general no es cerrada (aunque sea practicable como en el caso anterior).

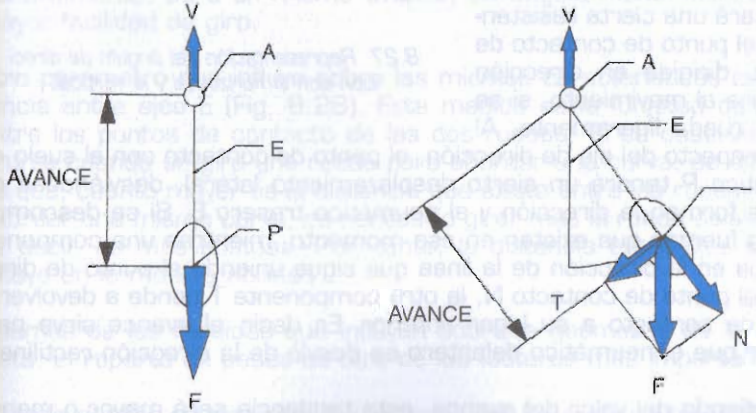
2.1. La geometría de dirección

En un chasis, todos sus elementos, a excepción de las suspensiones y las piezas unidas a ellas, son solidarios al mismo. Por tanto, el chasis define una serie de características estructurales, que además influyen de manera decisiva sobre el comportamiento ciclista de la motocicleta. Son, por una parte, las que definen la geometría de la moto, y por otra las que condicionan el reparto de pesos. Estas dos características tienen una gran importancia en las peculiaridades de una moto. En gran parte deciden si una moto es estable a alta velocidad, o por el contrario ágil y nerviosa, debiéndose encontrar entre todas ellas un compromiso que permita un uso racional de un modelo, sobre todo si éste está dirigido a un segmento poco especializado.



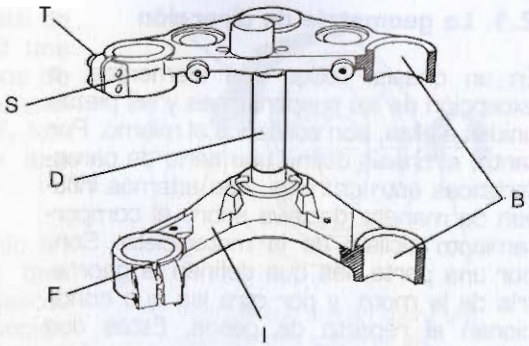
8.24. Representación del avance de la dirección.

La geometría de la moto está influenciada por varias medidas, entre las que destacan las de la dirección. La moto se mantiene recta debido al movimiento de rotación de las ruedas, que crea una fuerza F, que se opone a que giren con respecto a su eje, y que es mayor cuanto mayor sea el peso de la rueda, que marca el momento de inercia M y la velocidad de rotación V, marcadas en la Fig. 8.23. La rueda delantera, además, está sometida a otra serie de fuerzas, que pueden variarse jugando adecuadamente con algunos factores.



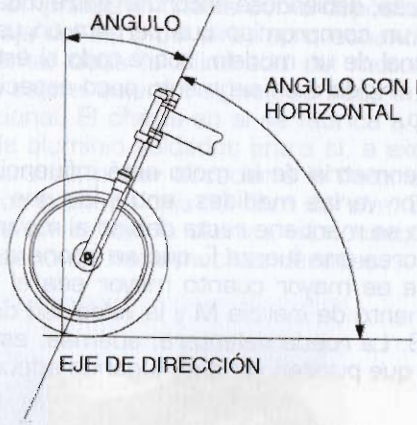
8.25. Esfuerzos direccionales sobre una rueda con avance de dirección.

La dirección de la motocicleta está determinada principalmente por dos factores, el avance del eje de la dirección respecto del punto de contacto de la rueda con el suelo, y el propio ángulo de dirección.



8.26. Tijas de una horquilla telescópica.

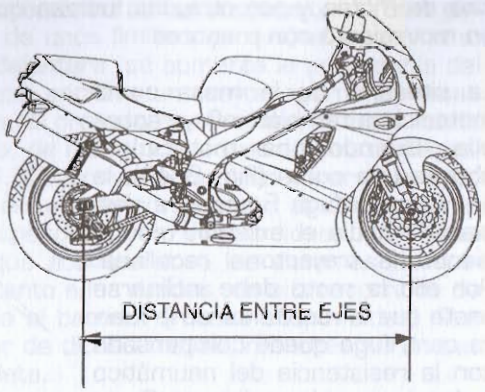
El avance (Fig. 8.24) es la distancia que existe entre el punto de contacto de la rueda con el terreno y la prolongación del eje de dirección. La rueda, debido a la inclinación del eje, y a que éste no pasa por el centro de la rueda, no gira alrededor del punto de contacto del neumático. Esto provoca unos ciertos esfuerzos sobre la dirección, que contribuyen a conseguir una adecuada estabilidad en línea recta, como se ve en la Fig. 8.25. Suponiendo que la motocicleta circula en línea recta a una cierta velocidad, la fuerza de rozamiento F entre el neumático y el suelo provocará una cierta resistencia en el punto de contacto de ambos, dirigida en dirección contraria al movimiento, si se gira la rueda ligeramente. Al girar respecto del eje de dirección, el punto de contacto con el suelo del neumático P tendrá un cierto desplazamiento lateral, desviándose del eje que forman la dirección y el neumático trasero E. Si se descomponen las fuerzas que existen en ese momento, mientras una componente actúa en la dirección de la línea que sigue uniendo el punto de dirección y el punto de contacto N, la otra componente T tiende a devolver el punto de contacto a su lugar anterior. Es decir, el avance sirve para impedir que el neumático delantero se desvíe de la dirección rectilínea.



8.27. Representación del ángulo de dirección con la horizontal y la vertical.

Dependiendo del valor del avance, esta tendencia será mayor o menor, aumentando con la longitud de avance, ya que, para un mismo ángulo,

sería necesario desviar más el punto de contacto, y, por lo tanto, se necesitaría un esfuerzo mayor. Para conseguir un adecuado avance, las motos disponen de suspensiones delanteras en las cuales los ejes de dirección están adecuadamente dispuestos. Las horquillas se sujetan sobre tijas, en las cuales el eje de dirección está ligeramente retrasado, de manera que el avance de la rueda que provoca el ángulo de la horquilla queda ligeramente disminuido, pudiéndose variar éste con sólo cambiar la longitud de la tija empleada (Fig. 8.26). Otros sistemas emplean otros mecanismos con el mismo fin, ya que, el avance resultante de mantener el giro de la rueda en un eje que pase por el de rotación, con los ángulos de dirección normales, que varían desde los 24 grados a los 28 grados en motos comerciales, es de 120 mm en el primer caso y de 140 mm en el segundo, y los avances empleados comúnmente no superan los 110 mm, en los casos más altos, situándose en unos 100 mm habitualmente.



8.28. Representación de la distancia entre ejes.

El ángulo de dirección A, (Fig. 8.27) es otro de los parámetros que influyen en el comportamiento ciclista de la moto. En este caso lo hace de varias maneras, ya que afecta tanto a la forma de orientación como a factores que intervienen en los esfuerzos sufridos por la dirección. Generalmente, para un mismo avance, un ángulo menor confiere una mayor facilidad de giro.

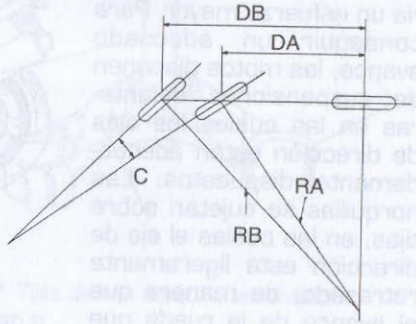
Otro parámetro que influye sobre las mismas características es la distancia entre ejes E (Fig. 8.28). Esta medida es la longitud que existe entre los puntos de contacto de las dos ruedas. Si se observa lo que ocurre cuando se gira una rueda para abordar una curva, se comprueba que, cuanto mayor es la distancia que existe entre las ruedas E para abordar una misma curva, es necesario girar más la rueda delantera D, es decir, es más costoso. Por, tanto, la distancia entre ejes también influye en la maniobrabilidad.

Además de las medidas que influyen sobre la geometría de la motocicleta, el reparto de pesos es otro de los factores más importantes.

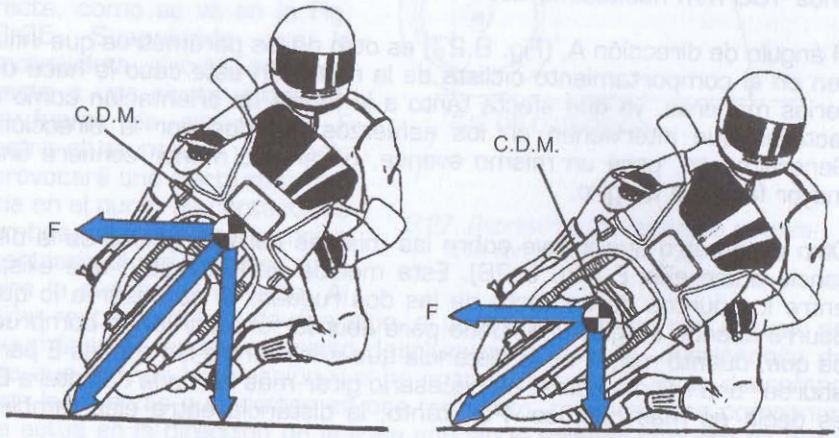
Reducir el peso es algo siempre buscado por los constructores. Por una parte, se pueden alcanzar mayores prestaciones con las mismas poten-

cias de motor, y por otra, las fuerzas que actúan sobre la motocicleta en movimiento son menores.

La situación de la masa en la motocicleta también influye sobre ella. Cuando una motocicleta aborda una curva (Fig. 8.29), la fuerza centrífuga F tiende a desplazarla hacia el exterior, manteniendo la trayectoria rectilínea. Por ello la moto debe inclinarse hasta que la resultante de la fuerza centrífuga quede compensada con la resistencia del neumático a desplazarse lateralmente R, es decir, a derrapar. La posición del centro de masas D es importante en esta situación, ya que, dependiendo de su altura, para una misma fuerza centrífuga —que equivale a una misma velocidad— hay que inclinar más la moto si el centro de gravedad está situado a una distancia menor del suelo. Al mismo tiempo, cuando la moto se inclina, el peso debe desplazarse, por lo que, cuanto más alto se encuentra, más difícil resulta al tenerse que desplazar una mayor distancia.



8.29. Variaciones en el giro de la rueda necesario para abordar una curva con diferentes distancias entre ejes.



8.30. Diferencias de inclinación en la misma moto necesarias para abordar una misma curva con distintas alturas del centro de masas.

La altura del centro de masa también influye notablemente sobre la transferencia de masa a los ejes durante las aceleraciones y las frenadas, que tiene lugar por el funcionamiento de las suspensiones. Esta circunstancia es favorable dentro de unos límites, ya que, al frenar, si el peso se concentra en la rueda delantera, se aumenta la adherencia del neumático contra el suelo, lo que conlleva un mayor agarre en estas situaciones. En las aceleraciones, el proceso es el contrario, es la rueda trasera la que concentra el peso, de modo que la tracción aumenta, tal y como se observa en la Fig. 8.30. Conviene también tener presente, dada su decisiva importancia en el comportamiento dinámico de la moto, el concepto de masas suspendidas y no suspendidas. Las masas no suspendidas, son aquellas que acompañan a los sistemas de suspensión y amortiguación, y por tanto a las ruedas, en sus recorridos de aproximación y alejamiento hacia el bastidor (masas suspendidas). Por tanto, cuanto menor sea el valor de dichas masas, menores serán sus repercusiones sobre la motocicleta.

Ello se explica con el ejemplo de la bola de billar, que representaría a las masas suspendidas (la moto) y la canica, que representaría a las masas no suspendidas. A la hora de impulsar la bola pequeña hacia la grande, las repercusiones del choque en esta última, serán tanto mayores, cuanto más lo sea la masa de la bola pequeña, sobrecargando de trabajo a los sistemas de suspensión y amortiguación.

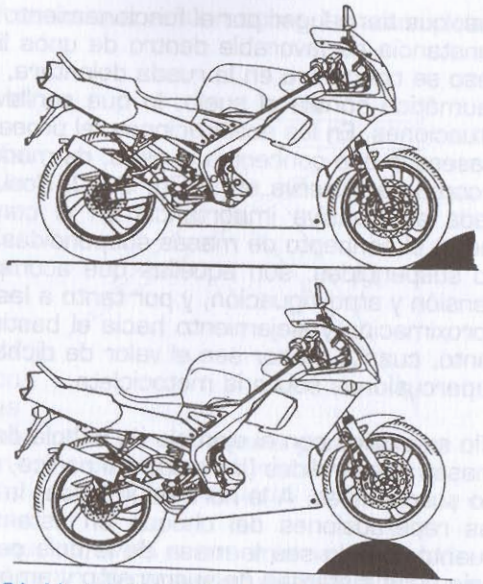
3. LA SUSPENSIÓN DELANTERA

Las motocicletas necesitan incorporar en su estructura unos anclajes elásticos entre la estructura principal y el terreno. La razón es bien sencilla; como el piso por el que transitan no es completamente uniforme, se producen constantes elevaciones y hundimientos del conjunto. Esto no plantea excesivos problemas a baja velocidad, pero si ésta aumenta, se llega a un punto en que la moto salta sobre el terreno por efecto de la inercia, perdiendo contacto con el suelo, y, por tanto, capacidad de maniobra. Además, los constantes saltos causan incomodidad al piloto y los pasajeros, que se ven continuamente sacudidos sobre el vehículo. En la Fig. 8.31 se comprueba que la ausencia de suspensión causa constantes desplazamientos verticales de los elementos.

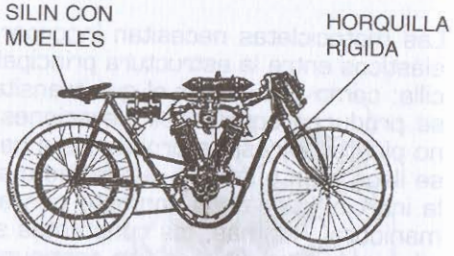
Para evitar estos efectos, se intercala algún mecanismo entre las ruedas, que deben estar en contacto firme con el suelo y el resto del bastidor. Estos mecanismos forman el conjunto de lo que se denomina "suspensión", al mantener en ese estado la gran mayoría de la motocicleta.

Inicialmente, las motos no dispusieron de suspensión, como se aprecia en el modelo de la Fig. 8.32, una Peugeot de competición de principios de siglo, reduciéndose todo el sistema elástico a muelles en los sillines, que amortiguaban algo las sacudidas. Pronto, sin embargo, se vio la necesidad de dotar a la rueda delantera de suspensión para mejorar el

control y la direccionabilidad de la motocicleta en aquellos terrenos en los que el piso era irregular, y sobre las horquillas iniciales, se comenzaron a instalar elementos elásticos. Hasta prácticamente la segunda guerra mundial, las suspensiones delanteras no adoptaron una forma similar a la actual. En aquellos tiempos había muchos sistemas conviviendo, entre los que se pueden destacar algunos en la Fig. 8.33, en la que se ilustran los más importantes, empleados por las diferentes firmas. Como se puede apreciar, los elementos elásticos podían estar formados por muelles o por ballestas, no disponiendo en la práctica totalidad de los casos de elementos de freno a la oscilación de los muelles. Las más empleadas hasta los años 40 fueron las de paralelogramo deformable que aparecen en el dibujo como obra de la firma Webb.



8.31. Movimientos verticales sufridos por una motocicleta carente de suspensiones en las irregularidades del terrreno.



8.32. Peugeot de competición del año 1904.

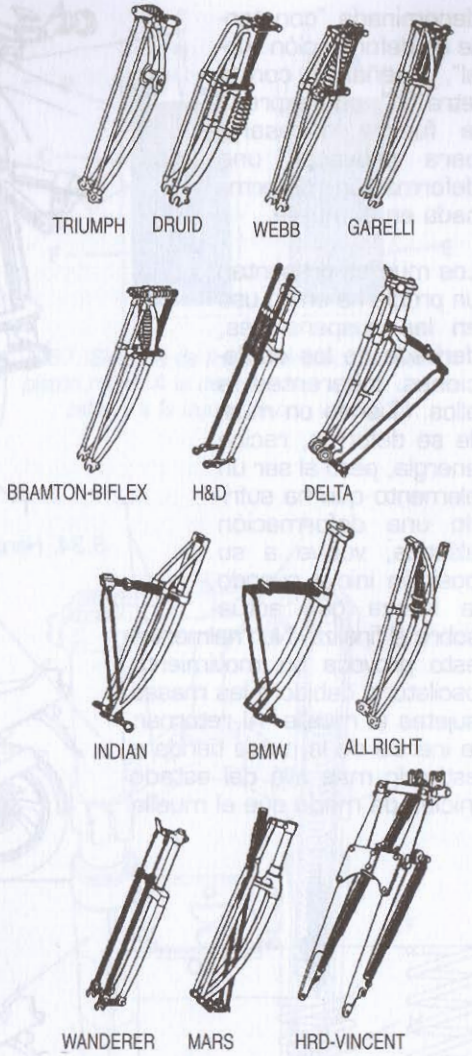
Tras estas horquillas, tuvieron también un éxito aceptable las de tipo Earles y algunas otras variedades similares. Como las de la Fig. 8.34, este tipo de horquillas disponía de una sección rígida S, que iba desde la pipa de dirección P hasta detrás del eje de la rueda E, y la suspensión se efectuaba por medio de un tubo basculante T y un elemento amortiguador A. Estas horquillas ya disponían de sistemas hidráulicos, lo que suponía una enorme ventaja.

Sin embargo el gran paso lo dio BMW en el año 1935 al equipar por primera vez en una moto de serie la horquilla telescópica, un sistema que ha llegado hasta nuestros días, convirtiéndose en prácticamente el único utilizado en motos de serie, e imprescindible en las de carácter deportivo.

Sin embargo, antes de estudiar con detenimiento la horquilla telescópica, hay que analizar por separado los elementos que forman el principio básico de cualquier sistema de suspensión, los resortes y los sistemas hidráulicos de freno de las oscilaciones.

Para absorber las irregularidades del suelo, es necesario contar con un sistema que sea capaz de deformarse, de manera que, mientras la estructura general de la moto no se ve afectada por la irregularidad, las ruedas son capaces de sortear el obstáculo, tal y como indica la Fig. 8.35. Realizar esto es bastante difícil y la moto siempre sufrirá una pequeña desviación de la trayectoria horizontal, ya que el elemento elástico no es tan perfecto como para que no haya reacción sobre el chasis. Los elementos elásticos empleados normalmente son los muelles helicoidales.

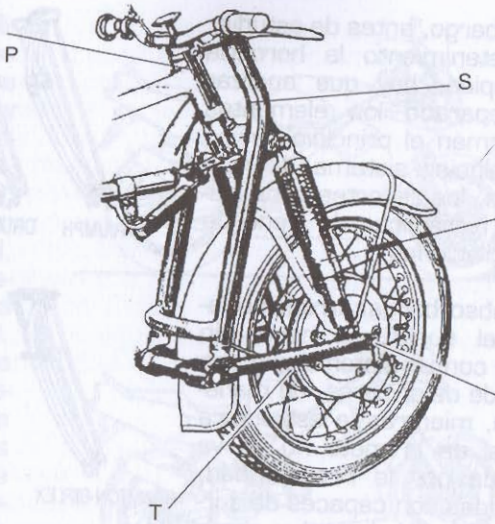
Este tipo de resortes están constituidos por un hilo metálico de grosor variable, que se enrolla en el exterior de un cilindro, de manera que adopta la forma de una hélice. La forma de trabajo del muelle es muy sencilla, como se aprecia en la Fig. 8.36. Al comprimirse, sus hilos se acercan en el sentido del eje del cilindro sobre el que se enrolla, mientras que al estirarse ocurre lo contrario. Para que estas operaciones se produzcan, el muelle debe deformarse, produciéndose en él esfuerzos de torsión principalmente. La energía necesaria para la deformación E, es proporcional al desplazamiento D, de modo que cada muelle puede identificarse independientemente de su tamaño y longitud por una característica



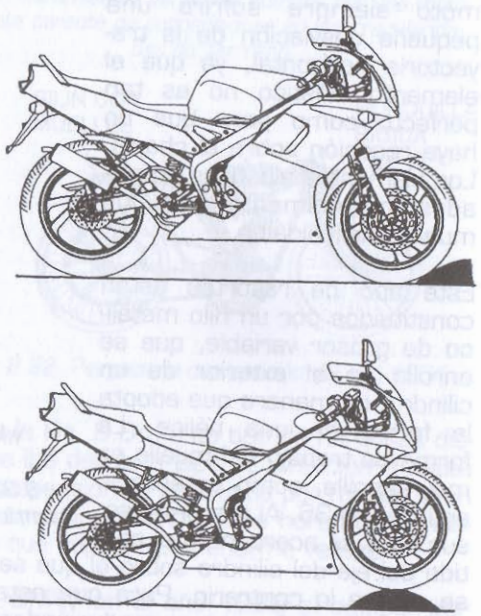
8.33. Sistemas de suspensión delantera empleados en la primera mitad del siglo XX.

denominada "constante de deformación lineal", y señalada con la letra "K", que expresa la fuerza necesaria para provocar una deformación determinada en el muelle.

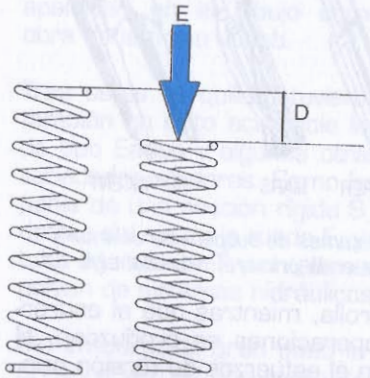
Los muelles presentan un problema en su uso en las suspensiones, derivado de las oscilaciones inherentes a ellos. Cuando un muelle se deforma, recibe energía, pero al ser un elemento que ha sufrido una deformación elástica, vuelve a su posición inicial cuando la fuerza que actúa sobre él finaliza. Normalmente, esto provoca un movimiento oscilatorio debido a las masas sujetas al muelle. Al retornar, la inercia de la masa tiende a estirarlo más allá del estado inicial, de modo que el muelle



8.34. Horquilla Earles montada sobre una motocicleta BMW.

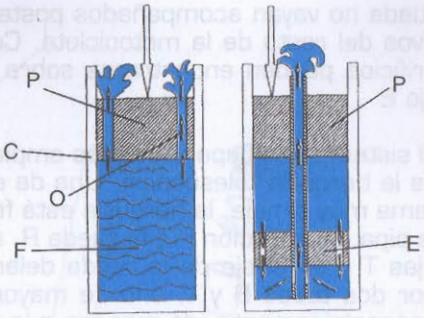


8.35. Movimiento vertical anulado en una motocicleta dotada de suspensión delantera al circular sobre obstáculos en el terreno.



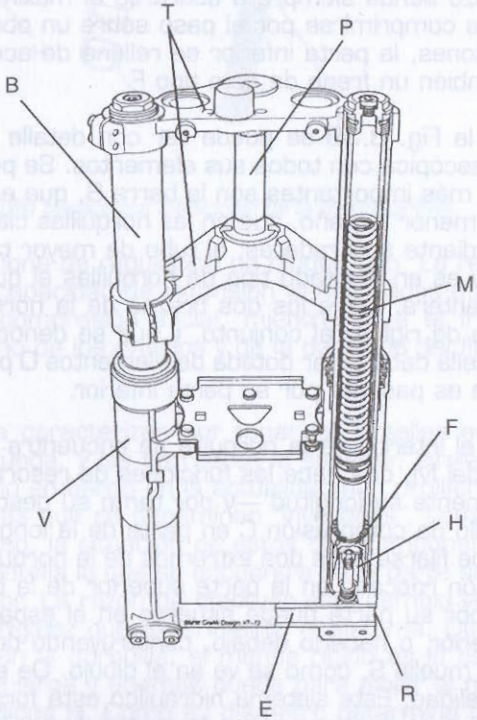
8.36. Funcionamiento de un resorte formado por un muelle helicoidal.

vuelve a comprimirse, y por efecto de inercia de las masas sujetas a ellas lo hace más de lo debido. Este proceso repetido provoca una oscilación durante un cierto tiempo que es necesario evitar. De aquí se desprende además que es muy importante que los elementos que se mueven conjuntamente con las suspensiones sean lo más ligeros posibles para reducir este efecto. Estas masas se denominan "masas no suspendidas" y están formadas por las ruedas, los sistemas de frenado y algunos elementos de la carrocería.



8.37. Sistema de freno hidráulico dotado de pistón móvil. A la derecha con válvula desplazable y a la izquierda con válvula fija.

Para reducir la oscilación del resorte, que provocaría en caso de que quedase sin freno, una circulación insegura y muy poco cómoda, a las suspensiones se les añade un sistema de retención hidráulico. El de la Fig. 8.37, está formado por un alojamiento estanco, normalmente un cilindro C, en el que hay un fluido. En el interior se encuentra un pistón P guiado por un vástago, y dotado de orificios de pequeño tamaño O. Al moverse el pistón en el interior del cilindro que contiene el fluido F, se establece una oposición a su movimiento, realizada por el líquido, que debe pasar por los orificios, frenando el desplazamiento. Si incluimos un sistema de estas características en el sistema de suspensión, junto al resorte, podremos frenar las oscilaciones de éste, de manera que el funcionamiento sea mucho más preciso, y los desplazamientos de la



8.38. Horquilla telescópica Marzocchi.

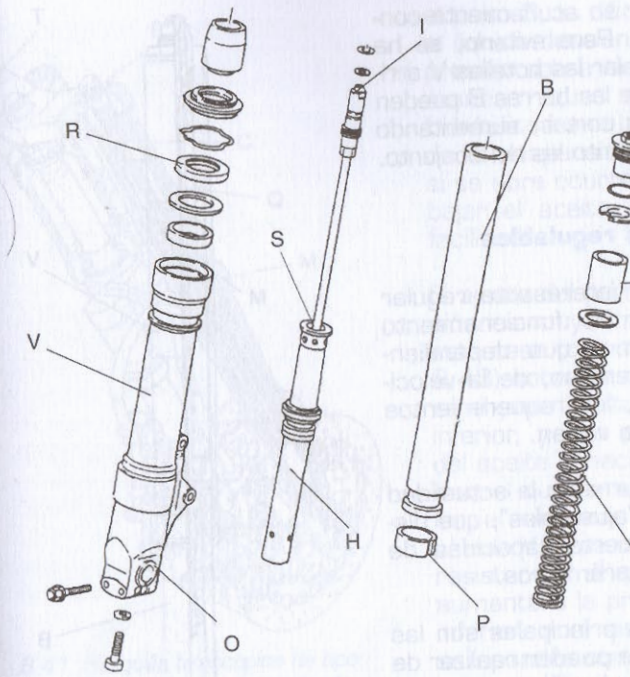
rueda no vayan acompañados posteriormente de movimientos alternativos del resto de la motocicleta. Como vemos en la misma figura los orificios pueden encontrarse sobre un pistón móvil o en un elemento fijo E.

El sistema de suspensión más empleado —y prácticamente universal— es la horquilla telescópica. Una de ellas ilustra la Fig. 8.38, en un sistema muy simple, la horquilla está formada por dos brazos B que unen la pipa de dirección P a la rueda R, anclandose respectivamente en las tijas T y en el eje de la rueda delantera E. Cada brazo está formado por dos tubos B y V, uno de mayor diámetro que el otro, y situados concentricamente, de manera que uno de ellos puede introducirse en el interior del otro, variando la distancia existente entre el eje y las tijas.

El sistema empleado para que este mecanismo realice tareas de suspensión es introducir un muelle M en su interior, de manera que cada brazo tienda siempre a estirarse al máximo, y a volver a esta posición tras comprimirse por el paso sobre un obstáculo. Para frenar las oscilaciones, la parte inferior se rellena de aceite hidráulico H, y se instala también un freno de este tipo F.

En la Fig. 8.39 se puede ver con detalle el despiece de una horquilla telescópica con todos sus elementos. Se pueden apreciar varias piezas, las más importantes son la barra B, que es el tubo que se introduce, el de menor tamaño, que en las horquillas clásicas está anclado a las tijas mediante abrazaderas; el tubo de mayor tamaño se denomina "botella" V, y es en el citado tipo de horquillas el que soporta el eje de la rueda delantera. Entre los dos brazos de la horquilla puede existir una pieza que de rigidez al conjunto, y que se denomina "puente de horquilla". la botella debe estar dotada de elementos O para sujetar el eje de la rueda, que es pasante por su parte inferior.

En el interior de la horquilla se encuentra por una parte el muelle helicoidal M, que hace las funciones de resorte. Para no aumentar excesivamente su longitud —y por tanto su peso— puede emplearse un casquillo de compresión C en parte de la longitud de la barra. El muelle M debe fijarse a los dos extremos de la horquilla. Para acceder a él hay un tapón roscado en la parte superior de la barra T. El sistema hidráulico H por su parte puede situarse en el espacio que deja el muelle en su interior, o hacerlo debajo, construyendo de forma adecuada el soporte del muelle S, como se ve en el dibujo. De esta manera se gana espacio y calidad. Este sistema hidráulico está formado por un pequeño pistón P que se desplaza sobre la parte inferior de la botella, que está rellena de líquido hidráulico. Para que este fluido no pueda salir al exterior en la zona de contacto de la barra y la botella, se intercala un retén R de goma que ejerce las funciones de tapón intermedio.



8.39. Despiece de una horquilla telescópica tradicional de la marca Showa.

Este tipo de horquilla no dispone de regulación de ningún tipo. La resistencia a la compresión y la capacidad de extensión vienen dadas por el muelle instalado y por su compresión inicial, mientras que el freno hidráulico depende del tamaño de los orificios y de la densidad del fluido hidráulico.

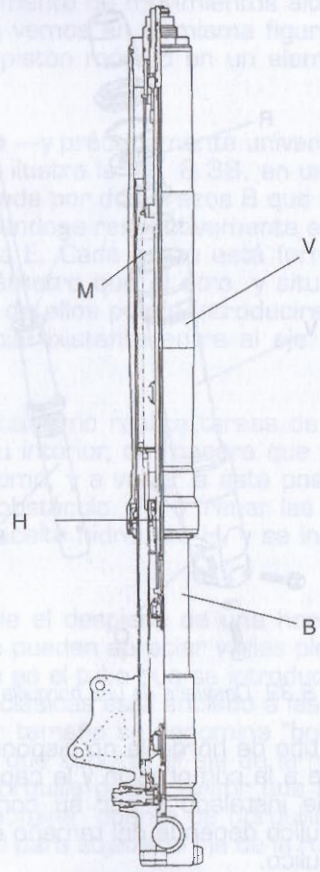
Las horquillas estudiadas se caracterizan por tener las botellas en la parte inferior, sujetando la rueda, y las barras en la superior, sirviendo de conexión con el chasis. Sin embargo en la actualidad han proliferado de manera espectacular otras que se denominan "invertidas", como la de la Fig. 8.40 . En este caso, la situación de estos dos componentes cambia, de modo que es la botella la que se encuentra en la parte superior, y las barras en la inferior. La razón de efectuar este cambio viene dada por el aumento de la rigidez que experimenta el sistema. De los dos elementos que componen la horquilla, el menos rígido es la barra B, ya que debe ser bastante larga y además hueca para alojar el muelle M y los elementos hidráulicos H. Como su diámetro determina también el de la botella V, no se puede aumentar de manera incontrolada, ya que aumenta el peso del conjunto y, por tanto, la masa no suspendida, de modo que las barras tienen una cierta falta de rigidez, que provoca flexiones e imprecisiones en la dirección y el funcionamiento de la

suspensión, por su acuñamiento contra las botellas. Para evitarlo, se ha recurrido a instalar las botellas V arriba, de modo que las barras B pueden ser mucho más cortas, aumentando su rigidez y por tanto las del conjunto.

3.1. Horquillas regulables

Puede ser muy interesante regular los parámetros de funcionamiento de la suspensión, ya que, dependiendo del tipo de terreno, de la velocidad o del peso, los requerimientos sobre la horquilla varían.

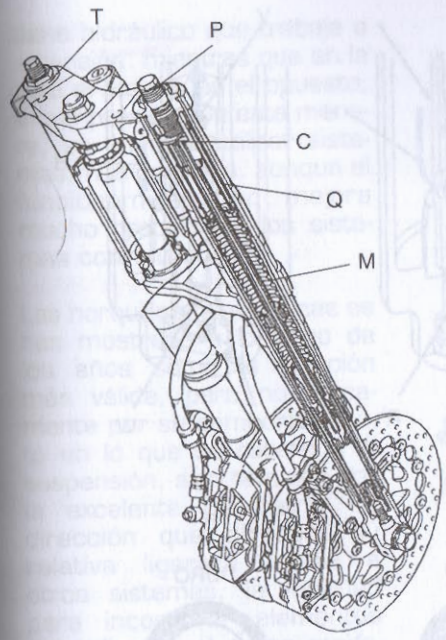
Por esto se recurre en la actualidad a las horquillas "ajustables", que disponen de una cierta capacidad de cambio de sus parámetros.



8.40. Horquilla telescópica de tipo i nvertido de la firma Kayaba.

Las regulaciones principales son las del muelle, que se pueden realizar de una manera muy sencilla como se ve en la Fig. 8.41. El muelle suele estar precomprimido con un casquillo, o simplemente por el tapón de cierre superior, si en este tapón T se instala un tornillo pasante P, dotado de una placa C que comprima el muelle M o el casquillo Q en su extremo inferior. Según se rosca el tornillo, el muelle queda comprimido, de modo que hace falta un mayor esfuerzo para comprimirlo, endureciendose la suspensión.

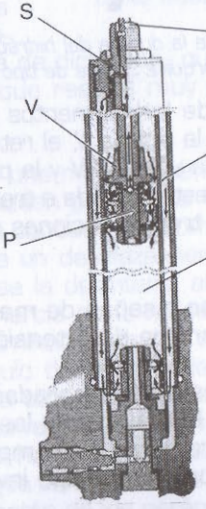
Las regulaciones de los sistemas hidráulicos se realizan en uno o en los dos sentidos de movimiento de la horquilla. La regulación del sistema hidráulico se suele efectuar en la fase de extensión, que es la principal. En la Fig. 8.42 hay una horquilla de tipo invertido que dispone de esta peculiaridad. Como se aprecia en el dibujo, el aceite hidráulico H debe pasar por una serie de canalizaciones C cuando la horquilla se estira, que se indican con las flechas. Se observa también que existe un tornillo T situado en la parte superior que regula el caudal del líquido H que pasa por esa zona, y que es el que baja a la parte inferior de la horquilla, una vez que. ha sido impulsado por el pistón superior P. Si se cierra



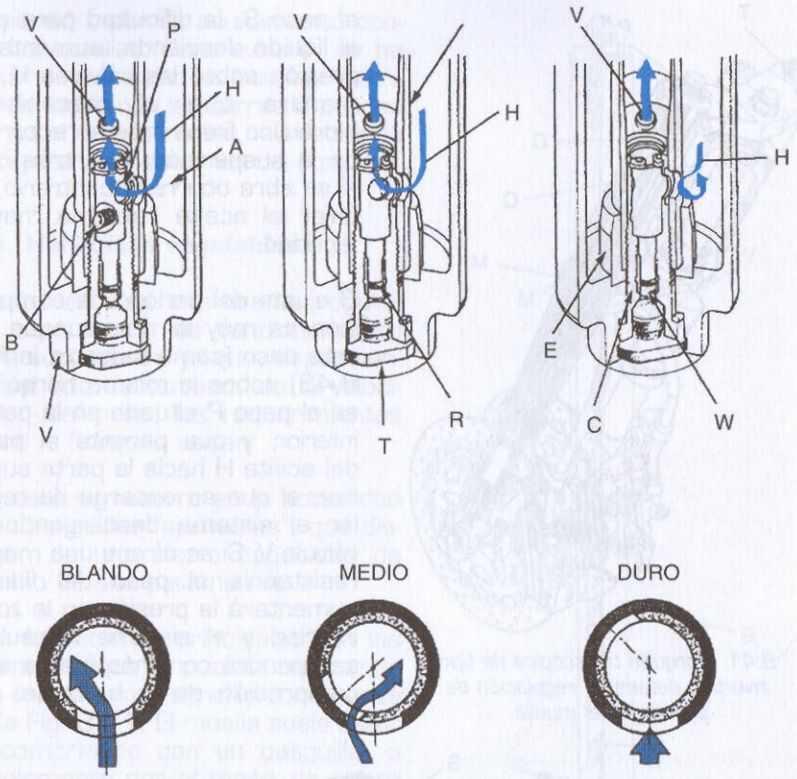
8.41. Horquilla telescópica de tipo invertido dotada de regulación de precarga del muelle.

el paso S, la dificultad para que el líquido descienda, aumenta la presión sobre las válvulas V, de manera que el mecanismo hidráulico frena más el recorrido de la suspensión, mientras que si se abre ocurre lo contrario, al bajar el aceite con una mayor facilidad.

El ajuste del periodo de compresión es muy similar, aunque en este caso (como muestra la Fig. 8.43) sobre la misma horquilla, es el paso P situado en la parte inferior, y que permite el paso del aceite H hacia la parte superior, el que se encarga de regular el sistema descargando la válvula V. Si se ofrece una mayor resistencia al paso del fluido, aumentará la presión en la zona inferior, y el sistema hidráulico se opondrá con más fuerza a la compresión de la horquilla. Se



8.42. Sistema de regulación de la dureza del hidráulico en el periodo de extensión en una horquilla Kayaba de tipo invertido.



8.43. Sistema de regulación de la dureza del hidráulico en el periodo de extensión en una horquilla Showa de tipo invertido.

pueden apreciar algunos de los elementos del sistema, como la bola de retención B con su muelle, la botella V, el retén inferior R, el tapón inferior T, el casquillo de cierre C, la válvula W y la pieza de cierre del conjunto E. En este caso, la regulación está limitada a tres posiciones de la válvula, que dotan al freno hidráulico de tres retenciones distintas, suave, media y alta, a elección del usuario.

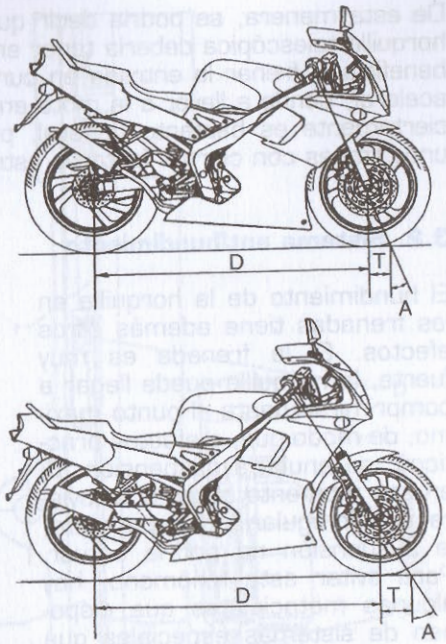
En general, las horquillas se diseñan de manera que los hidráulicos frenan más al muelle en la carrera de extensión que en la de compresión.

Normalmente, las horquillas más elaboradas son en la actualidad las de tipo invertido, que equipan la mayoría de las motocicletas de altas prestaciones, tanto de carretera como de campo. Las horquillas tradicionales van siendo sustituidas por las de tipo invertido

Hay algunas horquillas especiales, que disponen de hidráulicos separados en cada botella, de manera que una de las dos barras únicamente

tiene hidráulico que trabaje a extensión, mientras que en la otra el trabajo es el opuesto, a compresión. De esta manera, se pueden realizar sistemas más precisos, aunque el funcionamiento no mejora mucho respecto a los sistemas convencionales.

Las horquillas telescopicas se han mostrado a lo largo de los años como la solución más válida, pero no únicamente por su comportamiento en lo que se refiere a la suspensión, sino también por la excelente geometría de dirección que ofrecen, su relativa ligereza frente a otros sistemas, la facilidad para incorporar elementos hidráulicos y el coste moderado.



8.44. Variación de las cotas de dirección en una motocicleta dotada de horquilla telescópica en las fases de frenada y aceleración.

La geometría de dirección planteada por una horquilla se regula a través de la distancia de las barras a la pipa de dirección, que viene dada por la forma y dimensiones de la tija, lo que resulta muy fácil no sólo de construir, sino también de variar.

Durante el funcionamiento de una motocicleta, y debido a la forma de trabajo que tiene la horquilla, pueden producirse variaciones en la geometría de dirección, que afectan a la conducción. Como indica la Fig. 8.44, cuando la moto frena, se produce un desplazamiento de la cantidad de masa sobre cada rueda, cargándose la delantera, al tiempo que la horquilla se comprime por efecto de la inercia de la masa de la moto y su punto de anclaje. Esto provoca una disminución de los valores de la distancia entre ejes D, el avance T y el ángulo de la horquilla A, que tiene como consecuencia una disminución de la tendencia a mantener la línea recta, lo que favorece la entrada en las curvas. De la misma manera, cuando la moto acelera, la carga se desplaza hacia el tren delantero, provocando una disminución sobre el delantero que tiene como consecuencia la extensión de la horquilla. El efecto es un aumento de los parámetros comentados anteriormente, es decir, la distancia entre ejes D, el avance de la dirección T y el ángulo de la horquilla A, que tiende a aumentar la estabilidad en línea recta.

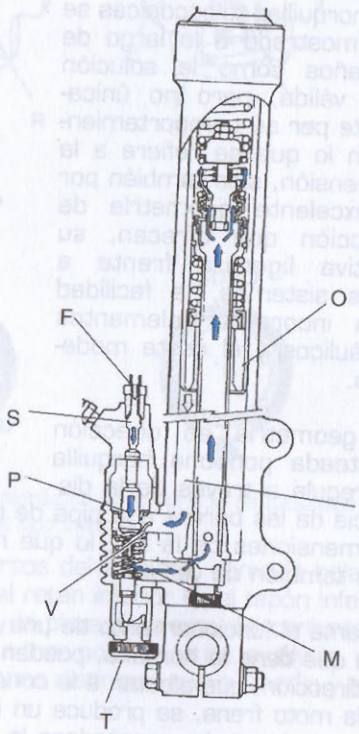
De esta manera, se podría decir que una moto que disponga de una horquilla telescópica debería tener en principio un comportamiento que beneficia al frenar la entrada en curvas y que, cuando se comienza a acelerar, tiende a llevar a la moto en línea recta. Este comportamiento ciertamente es bastante general, pero puede modificarse dentro de unos límites con ciertos factores estructurales.

3.2. Sistema antihundimiento

El hundimiento de la horquilla en las frenadas tiene además otros efectos. Si la frenada es muy fuerte, la horquilla puede llegar a comprimirse hasta el punto máximo, de modo que, a efectos prácticos, se anula la suspensión. Si en ese momento el terreno tuviera una irregularidad importante, la suspensión no podría actuar. Para evitar este fenómeno, hay algunas motocicletas que disponen de sistemas especiales que impiden el hundimiento total de la suspensión en estas situaciones. Estos mecanismos reciben el nombre de sistemas antihundimiento, o antidive.

Los sistemas antihundimiento pueden ser mecánicos o hidráulicos, siendo estos últimos los instalados en las motocicletas de serie.

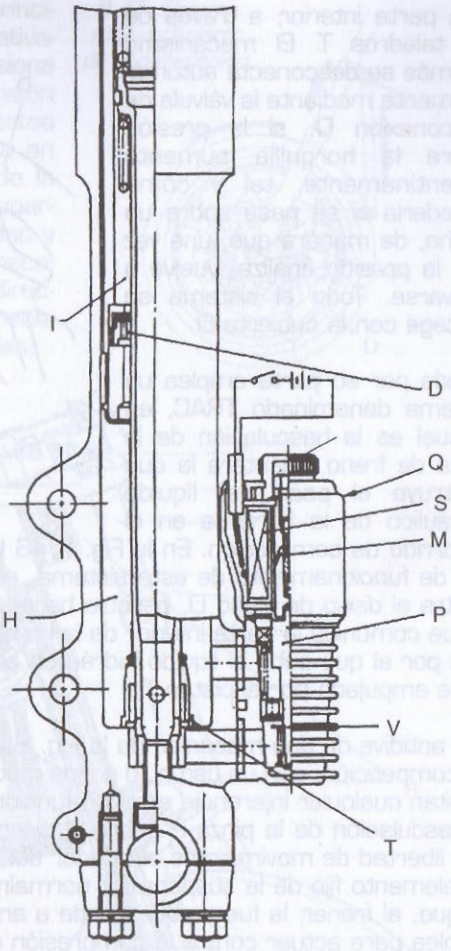
Los sistemas hidráulicos tradicionales, empleados en motocicletas desde hace más de una década, disponen de un circuito secundario activado por el freno, que endurece la suspensión delantera cuando el circuito de frenos dispone de presión. Para ello, se realiza una derivación del circuito hasta la horquilla delantera, normalmente a base de un latiguillo desde la pinza de freno del disco. Cuando el freno se activa, el líquido de frenos entra en el mecanismo del sistema antihundimiento, endureciendo el hidráulico al impedir el paso del líquido hidráulico de la suspensión, de modo que el hundimiento es menor.



8.45. Sistema antihundimiento de tipo AVDS.

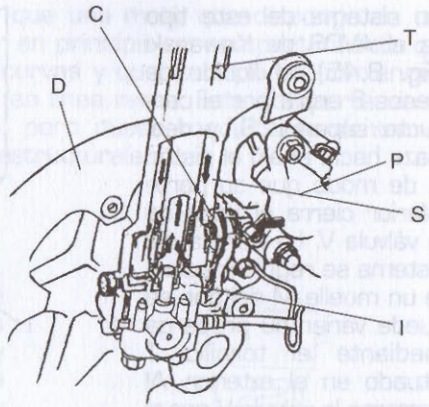
Un sistema de este tipo es el AVDS de Kawasaki (Fig. 8.45): el líquido de frenos F entra por el conducto superior S, y desplaza hacia abajo el pistón P, de modo que su parte inferior cierra el paso de la válvula V. La dureza del sistema se regula mediante un muelle M del que se puede variar su precarga mediante el tornillo T situado en el exterior. Al cerrarse la válvula V por el pistón P, el líquido hidráulico H de la horquilla que viene empujado desde arriba por el pistón O, no puede volver a subir, de manera que es necesario un mayor esfuerzo para comprimir la horquilla. Esto sólo tiene lugar cuando se accionan los frenos, de manera que en, otras situaciones, la horquilla funciona con total normalidad.

Un sistema similar, pero que en este caso no tiene accionamiento hidráulico, de modo que no se desvía presión de frenada hacia otros fines, es el NEAS empleado por Suzuki, que se encuentra en la Fig. 8.46. En este caso, el método de activación es una corriente eléctrica procedente del sistema central de la moto, y que se activa cuando el piloto acciona la maneta del freno. La corriente eléctrica llega a un solenoide S, que desplaza por efecto magnético el pistón P, que se mantiene normalmente en la parte superior por la acción de un muelle M, que además puede precargarse actuando sobre el mecanismo de regulación exterior formado por una rueda R. Cuando el solenoide mueve el cilindro C, éste cierra el paso del líquido de la horquilla H desde la parte superior, de donde viene presionado por el pistón hidráulico D, hasta la inferior, por donde pasa



8.46. Sistema antihundimiento SAEC de tipo electrohidráulico.

a la parte interior, a través de los taladros T. El mecanismo además se desconecta automáticamente mediante la válvula de desconexión D, si la presión sobre la horquilla aumenta repentinamente, tal y como sucedería si se pasa sobre un bache, de manera que, una vez que la presión finaliza, vuelve a activarse. Todo el sistema se protege con la cubierta Q.



8.46 Bis. Sistema de antihundimiento TRAC de tipo mecánico-hidráulico.

Honda por su parte emplea un sistema denominado TRAC, en el cual es la basculación de la pinza de freno delantera la que obstruye el paso del líquido hidráulico de la horquilla en el recorrido de compresión. En la Fig. 8.46 también se puede ver un esquema de funcionamiento de este sistema, en el que la pinza P, al apretarse contra el disco de freno D, bascula hacia delante, cerrándose el conducto C que comunica la parte inferior de la horquilla I, donde se encuentra el orificio por el que sube el líquido hidráulico con la zona superior S, de donde viene empujado por el pistón T.

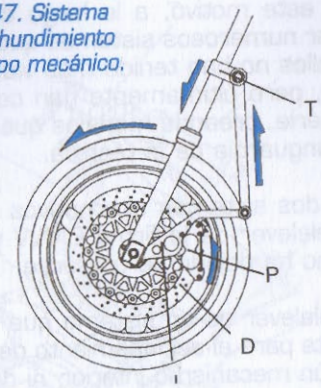
Los antidive de tipo mecánico de la Fig. 8.47 se han empleado sobre todo en competición, con un uso nulo en los modelos de serie salvo en scooters, y evitan cualquier injerencia exterior, funcionando únicamente por efecto de la basculación de la pinza P sobre el disco D, al anclarla en una pletina L con libertad de movimientos alrededor del disco D. Esta pletina se sujeta a un elemento fijo de la suspensión, normalmente la tija inferior T, de manera que, al frenar, la fuerza que tiende a arrastrar la pinza con el disco, se emplea para actuar contra la compresión de la horquilla.

No obstante, las mejoras introducidas en los últimos años en las horquillas telescópicas, con válvulas de paso variable que endurecen la suspensión cuando la velocidad de paso del líquido por las mismas es muy alta (caso de una frenada violenta, por ejemplo), ha hecho que los sistemas antihundimiento hayan caído en desuso, no usándose actualmente en ninguna motocicleta de los mercados occidentales.

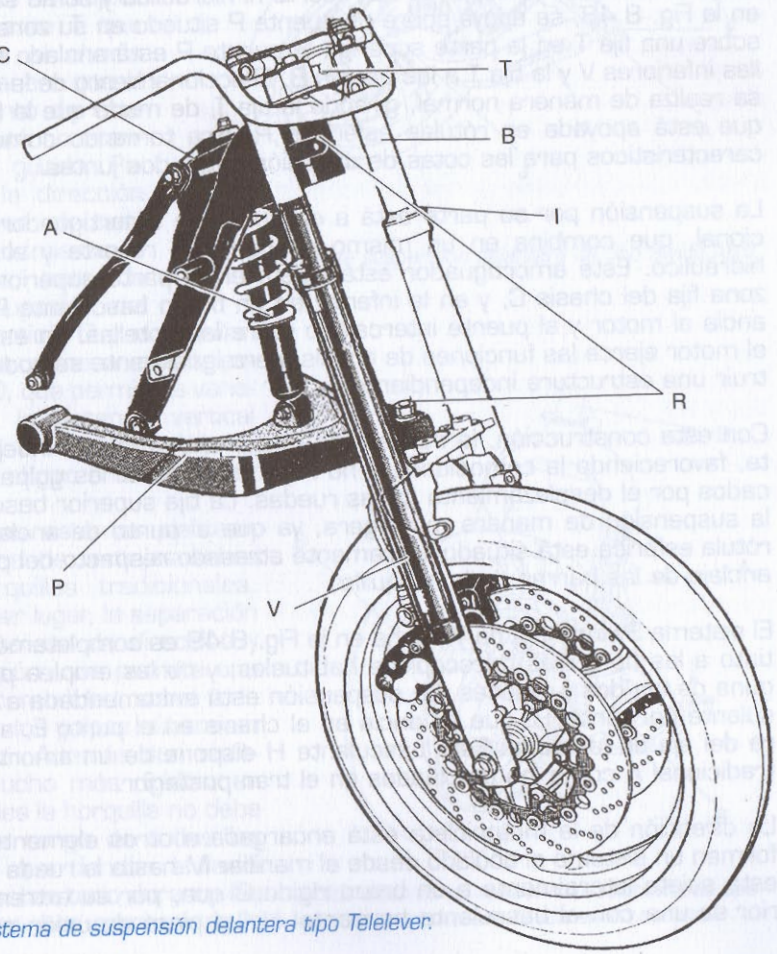
3.3. Sistemas especiales

Las horquillas telescópicas disponen de bastantes ventajas y una extrema sencillez, por lo que se han empleado con profusión. Sin embargo, no están

carentes de problemas. Los principales vienen derivados de su relativamente escasa rigidez, que ocasiona defectos tanto en la suspensión como en la dirección, y en efectos inevitables como su hundimiento en las frenadas y las variaciones de la geometría con los cambios del reparto de pesos durante las frenadas y las aceleraciones. Además, la necesidad de tener las funciones de dirección y suspensión en el mismo mecanismo, crea problemas entre ellas.



8.47. Sistema antihundimiento de tipo mecánico.



8.48. Sistema de suspensión delantera tipo Telelever.

Por este motivo, a lo largo de las últimas décadas se han intentado crear numerosos sistemas que sustituyeran a las horquillas. La mayoría de ellos no han tenido más vida que la de algunos modelos de competición, pero últimamente han comenzado a tener su lugar en las motos de serie, creando modelos que en la actualidad pueden considerarse en la vanguardia de la técnica.

Los dos sistemas alternativos más importantes en este momento son el Telelever de la firma BMW y el Swing Arm de Yamaha, si bien este último ha dejado de utilizarse.

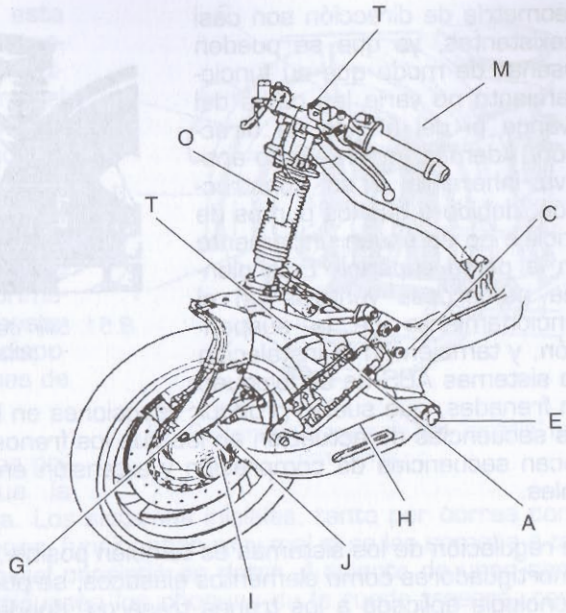
El Telelever es un sistema que emplea una horquilla telescópica I únicamente para el accionamiento de la dirección. Esta horquilla no dispone de ningún mecanismo interior, ni de resorte ni hidráulico y como se aprecia en la Fig. 8.48, se apoya sobre un puente P situado en su zona media y sobre una fija T en la parte superior. El puente P está anclado a la botellas inferiores V y la tija T a las barras B. El accionamiento de la dirección se realiza de manera normal, girando la tija T, de modo que la horquilla, que está apoyada en rótulas esféricas R, gira tomando como puntos característicos para las cotas de dirección estas dos juntas.

La suspensión por su parte está a cargo de un amortiguador A tradicional, que combina en un mismo elemento el resorte y el sistema hidráulico. Este amortiguador está sujeto en la parte superior en una zona fija del chasis C, y en la inferior en un brazo basculante P que se ancla al motor y al puente intercalado entre las botellas. En este caso, el motor ejerce las funciones de chasis, pero igualmente se podría construir una estructura independiente.

Con esta construcción, la suspensión funciona de manera independiente, favoreciendo la comodidad, al no llegar al manillar los golpes provocados por el desplazamiento de las ruedas. La tija superior bascula con la suspensión de manera muy ligera, ya que el punto de anclaje de la rótula esférica está situado ligeramente atrasado respecto del punto de anclaje de las barras de la horquilla.

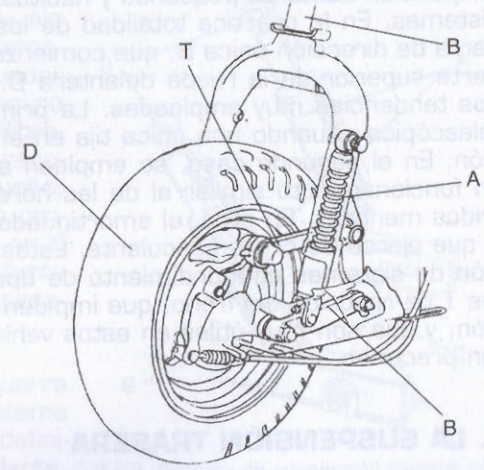
El sistema Swing Arm de Yamaha en la Fig. 8.49 es completamente distinto a las horquillas telescopicas habituales, y no las emplea para ninguna de las dos funciones. La suspensión está encomendada a un basculante horizontal H, que se ancla en el chasis en el punto E, a la altura del eje de la rueda. Este basculante H dispone de un amortiguador tradicional A como los empleados en el tren posterior.

La dirección de la motocicleta está encargada a otros elementos, que forman un sistema articulado desde el manillar M hasta la rueda R. Ésta está sujeta lateralmente a un brazo rígido G que, por su extremo inferior se une con el basculante horizontal H. La pieza de unión está formada por un eje J que tiene una cierta inclinación, que se une perpendicularmente con el brazo horizontal. De esta manera, se permite tanto el giro de la rueda como la variación del ángulo inicial entre las dos piezas. La parte superior de este brazo vertical G se sujeta a un tirante T que se ancla al chasis C, de manera que el movimiento de este brazo está constantemente guiado. Para que la dirección no se vea afectada por el movimiento de la rueda, entre la parte superior del brazo vertical G y el manillar M, existe un mecanismo telescópico O, que permite la variación de la distancia vertical entre el brazo G y la tija T, pero no el giro entre ambos.



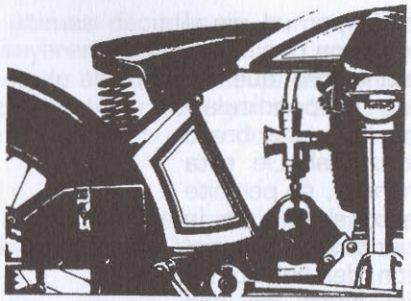
8.49. Sistema de suspensión delantera de tipo Swing Arm.

Estos dos sistemas plantean una serie de ventajas sobre las horquillas tradicionales. En primer lugar, la separación de las tareas de dirección y suspensión, que permite una mayor comodidad, sobre todo frente a los golpes súbitos en la rueda. Además son sistemas mucho más rígidos, en los cuales la horquilla no debe hacerse cargo de todas las fuerzas que tienden a flexionarla, sobre todo durante las frenadas. Los cambios de la



8.50. Sistema de suspensión delantera de tipo Earles con rueda tirada en un scooter.

geometría de dirección son casi inexistentes, ya que se pueden diseñar de modo que su funcionamiento no varíe las cotas del avance ni del ángulo de dirección. Además tienen efecto anti-dive inherente a su construcción, debido a que los puntos de anclaje no se sitúan únicamente en la parte superior. Esto plantea numerosas ventajas en el funcionamiento de la suspensión, y también en la instalación de sistemas ABS de antibloqueo en frenadas, que suelen producir reacciones en las horquillas, debido a las secuencias de actuación en las que los frenos no actúan, y que provocan secuencias de compresión y extensión en los sistemas tradicionales.



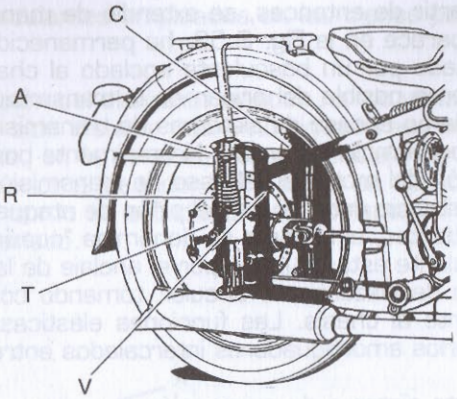
8.51. Sillín de una motocicleta Norton dotado de muelles.

La regulación de los sistemas es también posible, ya que, al disponer de amortiguadores como elementos elásticos, se puede aprovechar toda la tecnología aplicada a los trenes traseros, donde estos elementos son empleados siempre.

Unos tipos especiales de suspensión son normalmente los empleados por los scooters. En la Fig. 8.50 aparece uno de ellos. Este tipo de motocicletas equipa ruedas de pequeño diámetro, con recorridos de suspensión bastante pequeños y habitualmente poco espacio para los sistemas. En la práctica totalidad de los modelos se dispone de una barra de dirección única B, que comienza en el manillar y finaliza en la parte superior de la rueda delantera D. A partir de este punto, hay dos tendencias muy empleadas. La primera, es utilizar una horquilla telescópica situando una única tija en el final de la columna de dirección. En el segundo caso, se emplean sistemas de rueda tirada con un funcionamiento similar al de las horquillas Earles, pero con recorridos menores. En ellos, el amortiguador A se sitúa sobre un tirante B que ejerce de brazo basculante. Estos sistemas favorecen la aparición de sistemas antihundimiento de tipo mecánico, incluyendo tirantes T de reacción del freno, que impiden el hundimiento de la suspensión, y que son muy útiles en estos vehículos de recorridos de rueda tan precarios.

4. LA SUSPENSIÓN TRASERA

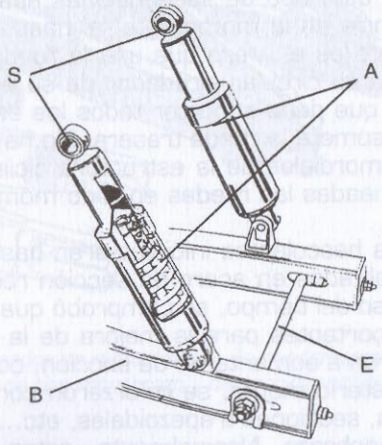
Al igual que en el tren delantero, el trasero, con el paso del tiempo, requirió un anclaje elástico con el chasis. Aunque la importancia de equipar suspensión en esta rueda era menos importante que en la delantera, debido a que la dirección del vehículo se encontraba en esta primera, la comodidad y el aumento de las velocidades lo hicieron necesario. Por ello, a partir del primer cuarto de siglo, los modelos de mayor cilindrada primero, y los demás con posterioridad, empezaron a disponer de distintos sistemas de suspensión trasera.



8.52. Suspensión trasera de tipo "embolo" en una BMW.

El gran obstáculo en los primeros momentos fue la transmisión secundaria. Los sistemas iniciales, tanto por correa como por cadenas de eslabones, funcionaban muy mal si se les sometía a tensiones, y la solución inicial consistió en dotar al asiento de unos sencillos muelles que amortiguasen los choques de la rueda trasera, como en la Fig. 8.51. Algo más tarde se impusieron los sistemas en los cuales la rueda disponía de un mínimo desplazamiento vertical. De los diferentes sistemas, el que más éxito tuvo fue la suspensión trasera por émbolo, que, muestra la Fig. 8.52. En este caso, se mantenía el chasis rígido, pero la rueda trasera se anclaba sobre un soporte deslizante que permitía un pequeño desplazamiento vertical, al estar fijado su eje sobre un rail en el que se intercalaba un muelle o un amortiguador hidráulico. Estos sistemas aún no eran lo suficientemente equilibrados, ya que, por una parte, el recorrido de la rueda era muy pequeño, y por otra, su desplazamiento provocaba variaciones de tensión en la transmisión secundaria bastante importantes, ya que era completamente recto.

Algo antes de la segunda guerra mundial, se desarrolló el sistema que más tarde se impondría definitivamente, el brazo basculante. Previamente ya había sido ensayado por algunos fabricantes, pero, a



8.53. Sistema de suspensión trasera con basculante y doble amortiguador en una motocicleta Yamaha.

partir de entonces, se extendió de manera definitiva. Este sistema, que aparece en la Fig. 8.53, ha permanecido hasta nuestros días. Está formado por un basculante anclado al chasis en la parte trasera, lo más cerca posible del origen de la transmisión secundaria o coincidente con ella en el caso de sistemas de transmisión posterior de tipo rígido como por ejemplo el cardan. Normalmente por sencillez de diseño y de instalación del motor en el caso de transmisión por cadena, hay una pequeña distancia entre el eje del piñón de ataque y el del basculante. Si son coincidentes, el sistema se denomina "coaxial". El extremo libre de este basculante está ocupado por el anclaje de la rueda, que de este modo tiene un desplazamiento circular, tomando como centro el anclaje del basculante al chasis. Las funciones elásticas están encomendadas a uno o varios amortiguadores intercalados entre el basculante y el chasis.

Este sistema de suspensión presenta una serie de ventajas. En primer lugar, es bastante ligero, permite un gran recorrido de la rueda, ya que ésta no está limitada por nada, y además el movimiento que sigue es perfectamente compatible con cualquier transmisión secundaria.

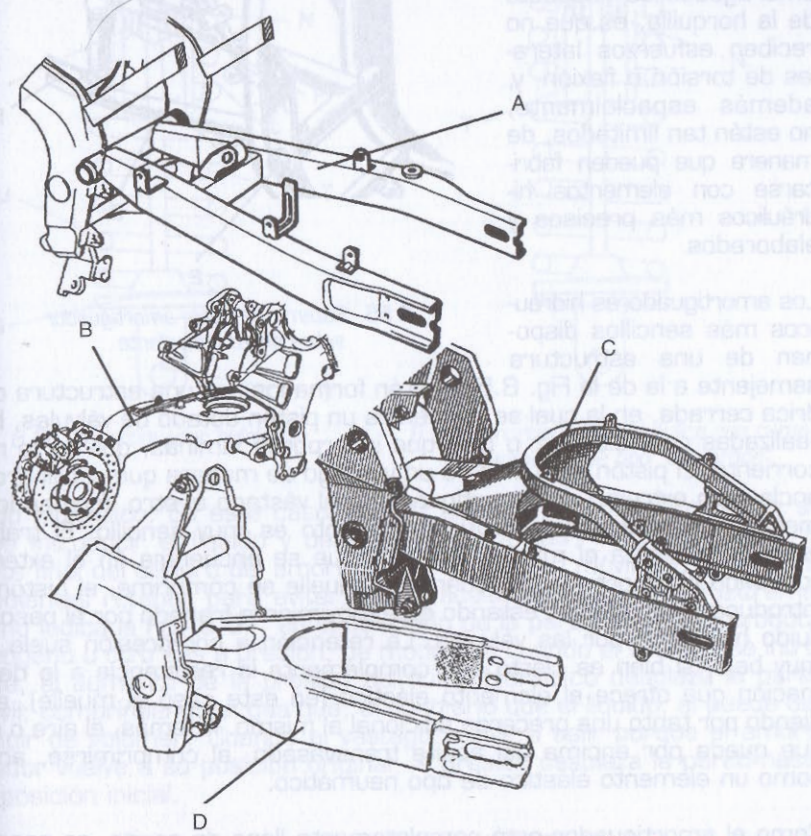
Con la llegada de este tipo de suspensión, la práctica totalidad de las motocicletas pudieron disponer de un sistema que evitara todos lo problemas causados por la falta de tracción al despegarse la rueda del suelo en los baches, las derrapadas por causa de una deficiente adherencia, y facilitara un importante aumento de la comodidad, lo que posibilitó el aumento de la potencia, y, sobre todo, de las posibilidades de aplicarla al asfalto.

En este tipo de suspensiones aparecen dos elementos de gran importancia en la motocicleta, el basculante y los amortiguadores. El basculante es el brazo que une la rueda con el chasis y la dota de un movimiento circular alrededor de su eje. Esta pieza debe ser muy robusta, ya que debe soportar todos los esfuerzos de torsión y flexión a los que le somete la rueda trasera. No hay que olvidar que una de las funciones primordiales de la estructura ciclista de la moto es mantener siempre alineadas las ruedas en todo momento.

Los basculantes iniciales eran bastante poco resistentes, normalmente realizados en acero de sección redonda con escasos refuerzos. Con el paso del tiempo, se comprobó que su rigidez era uno de los puntos más importantes para la mejora de la estabilidad a alta velocidad y comenzaron a aumentarse de sección, con perfiles cuadrados y rectangulares. Posteriormente, se reforzaron con triangulaciones superiores e inferiores, secciones trapezoidales, etc.... Un tipo especial de basculante es el monobrazo. Normalmente, estas piezas disponen de dos brazos, de manera que, junto con el eje de la rueda, forman una estructura cerrada. Con el fin de facilitar la extracción de la rueda, se han realizado también modelos con una sola viga lateral muy reforzada. En la Fig. 8.54 se

pueden ver algunos tipos de basculantes empleados en los trenes posteriores de las motocicletas.

A lo largo de los años, la colocación del elemento elástico ha ido variando. La posición más clásica ha sido instalar dos amortiguadores, uno sobre cada brazo del basculante, en la zona cercana al anclaje de la rueda, sujetos por su parte superior al bastidor, tal y como se aprecia en la Fig. 8.55, sin embargo, y como se estudiará más adelante en la actualidad esta disposición ha variado.

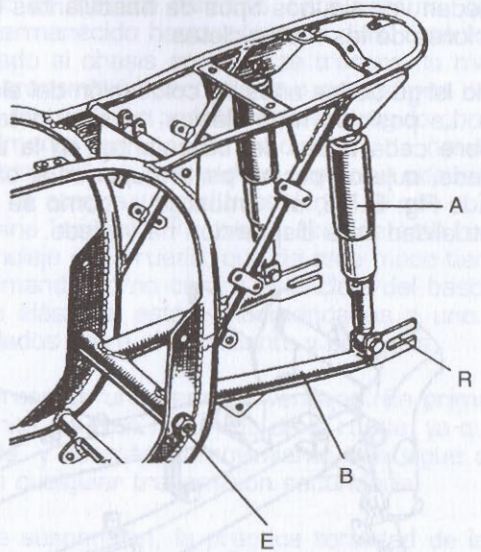


8.54. Tipos más usuales de bastidores empleados en motocicletas. Se pueden apreciar modelos dobles, con refuerzos superiores, de tipo monobrazo y de sección variable.

4.1. Amortiguadores

Los elementos elásticos del tren trasero son los conjuntos muelle-amortiguador. Al igual que ocurría en la suspensión delantera, son sistemas

que combinan el resorte, formado normalmente por un muelle helicoidal y un freno hidráulico, que puede trabajar tanto en la carrera de extensión como en la de compresión, con especial relevancia en la primera. La ventaja de los amortiguadores respecto de la horquilla, es que no reciben esfuerzos laterales de torsión o flexión, y, además espacialmente, no están tan limitados, de manera que pueden fabricarse con elementos hidráulicos más precisos y elaborados.

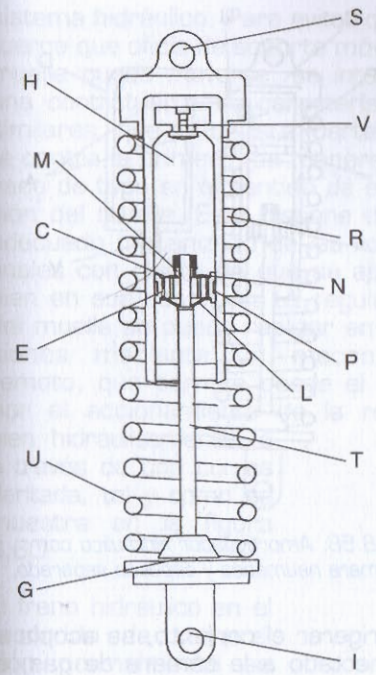


8.55. Sistema de doble amortiguador sobre brazo basculante.

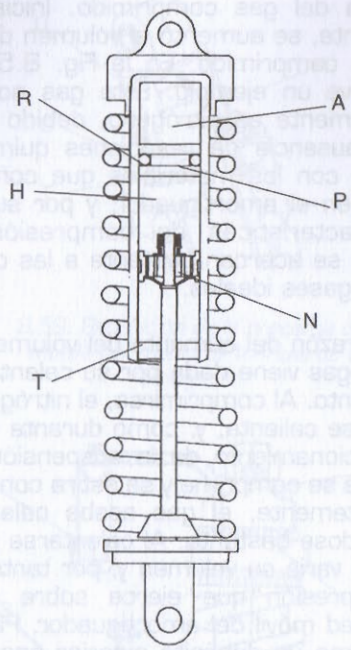
Los amortiguadores hidráulicos más sencillos disponen de una estructura semejante a la de la Fig. 8.56. Están formados por una estructura cilíndrica cerrada, en la cual se encuentra un pistón dotado de válvulas, bien realizadas con taladros, o bien que incorporen láminas, que es lo más corriente. El pistón está unido a un vástago de manera que el cilindro se ancla a un extremo del amortiguador, y el vástago al otro, formando un mecanismo telescópico. El funcionamiento es muy sencillo. El trabajo elástico lo realiza el muelle helicoidal que se encuentra en el exterior, rodeando el amortiguador. Cuando el muelle se comprime, el pistón se introduce en el cilindro, estando este movimiento frenado por el paso del fluido hidráulico por las válvulas. La retención a compresión suele ser muy baja, si bien es cierto que complementa la resistencia a la deformación que ofrece el elemento elástico (en este caso el muelle), añadiendo por tanto una precarga adicional al mismo. Además, el aire o gas que queda por encima del aceite transvasado, al comprimirse, actúa como un elemento elástico de tipo neumático.

Como el amortiguador está completamente lleno de aceite, es necesario que la superficie de contacto entre el vástago y el amortiguador se mantenga completamente estanca. Para ello se instala un retén de goma en el cuerpo del amortiguador que abraza al vástago.

Este tipo de amortiguadores componen actualmente el sector más sencillo, pero han sido sustituidos en las motos de mayores prestaciones por los otros que se diferencian en la forma de mantener la presión del



8.56. Amortiguador hidráulico.



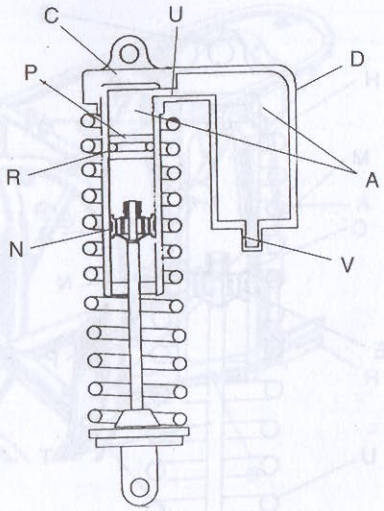
8.57. Amortiguador hidráulico con cámara neumática de tipo "de carbón".

fluido hidráulico. En este caso, en vez de tener un depósito donde se debe introducir el líquido y después volver a salir, se interpone en la parte final del cilindro del amortiguador una pared móvil con los correspondientes retenes para evitar que el aceite pase a la zona extrema. Como indica la Fig. 8.57, en el otro lado de la pared móvil se introduce nitrógeno u otro gas a presión, de modo que cuando el vástago se introduce, el aumento de la presión del fluido hidráulico desplaza la pared móvil, comprimiendo el gas que, al contrario que el líquido, sí puede disminuir de volumen. Cuando el vástago vuelve a salir porque el amortiguador vuelve a su posición original, la presión desplaza la pared hasta su posición inicial.

Este tipo de amortiguadores denominado "De Carbon" —por ser este fabricante el primero en emplearlos— es en la actualidad el más empleado con distintas variedades que se diferencian en la regulación de los elementos que lo componen, e incluso en la posición y la forma de la cámara de gas a presión.

Las modificaciones que se han realizado sobre este sistema básico vienen dadas en un principio por la lucha contra la elevación de tempera-

tura del gas comprimido. Inicialmente, se aumentó el volumen del gas comprimido. En la Fig. 8.58 se ve un ejemplo. Este gas normalmente es nitrógeno, debido a la ausencia de reacciones químicas con los materiales que componen el amortiguador, y por sus características de compresión, que se acercan bastante a las de los gases ideales.



8.58. Amortiguador hidraulico con cámara neumática y depósito separado.

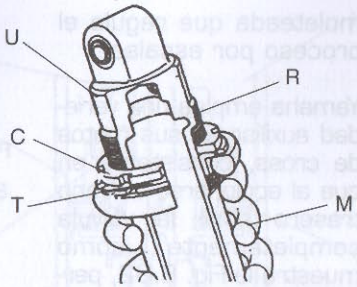
La razón del aumento del volumen del gas viene dada por su calentamiento. Al comprimirse, el nitrógeno se calienta, y, como durante el funcionamiento de la suspensión, ésta se comprime y se estira constantemente, el gas acaba calentándose bastante. Al calentarse el gas varia su volumen y, por tanto, la presión que ejerce sobre la pared móvil del amortiguador. Para refrigerar el conjunto, se acopla al mismo un depósito exterior anexo, conectado a la cámara de gas, el cual dispone en muchos casos de aletas exteriores disipadoras de calor. Por otra parte, al mantenerse el aceite a presión, se evita la formación de burbujas en el mismo, las cuales disminuirían el efecto amortiguante, al pasar con mayor fluidez por los orificios de estrechamiento de paso.

4.2. Regulación

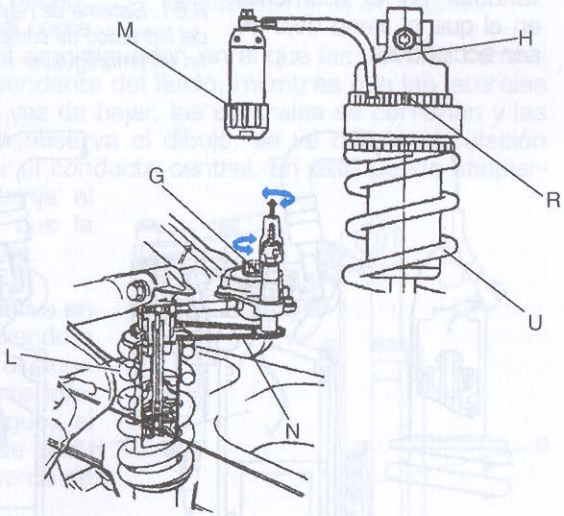
Los amortiguadores de mejores prestaciones son los regulables, constituidos básicamente por la misma estructura que los descritos anteriormente, pero que permiten variar sus parámetros de funcionamiento. Los más especializados disponen de regulación de todos los elementos: precarga del muelle y ajuste del efecto amortiguante, tanto a extensión como a compresión. Los más modernos disponen incluso de diferente regulación hidráulica para baja y alta velocidad.

La regulación del resorte se efectúa comprimiéndolo inicialmente, de manera que, al ser necesaria una mayor presión inicial para comprimirlo, es necesario un mayor esfuerzo en todo el recorrido. Para ello, como se aprecia en la Fig. 8.59, uno de los extremos del muelle se sujeta en un soporte que puede desplazarse a lo largo del cilindro principal, normalmente mediante una rosca, aunque también puede dotarse de un

sistema hidráulico. Para evitar que la tuerca que oficia de soporte móvil del muelle pueda moverse, se intercala una contratuerca de características similares, que se aprieta fuertemente contra la primera, de manera que hace de tope en el sentido de extensión del muelle. Este dispone de un adecuado mecanizado de las roscas finales con objeto de que se apoyen bien en sus soportes. La regulación del muelle se puede realizar en ocasiones mediante un mecanismo remoto, que permite desde el exterior el accionamiento de la rosca, bien hidráulicamente, o a través de una correa dentada, tal y como se muestra en la figura 8.60



8.59. Regulación de la precarga del muelle por medio de tuercas de c ompresión.

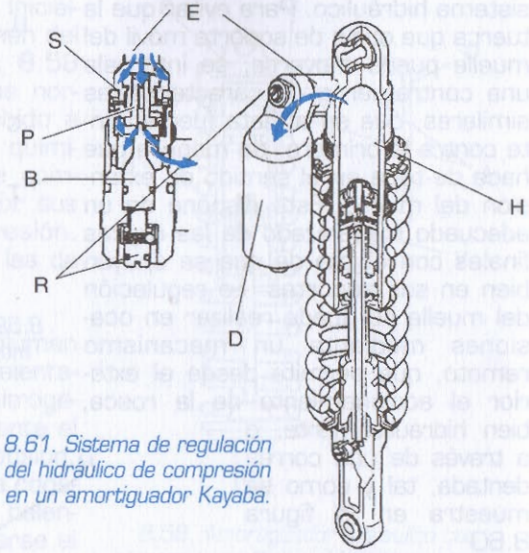


8.60. Regulación de la precarga del muelle en un amortiguador por medio de sistemas remotos hidráulicos o mecánicos.

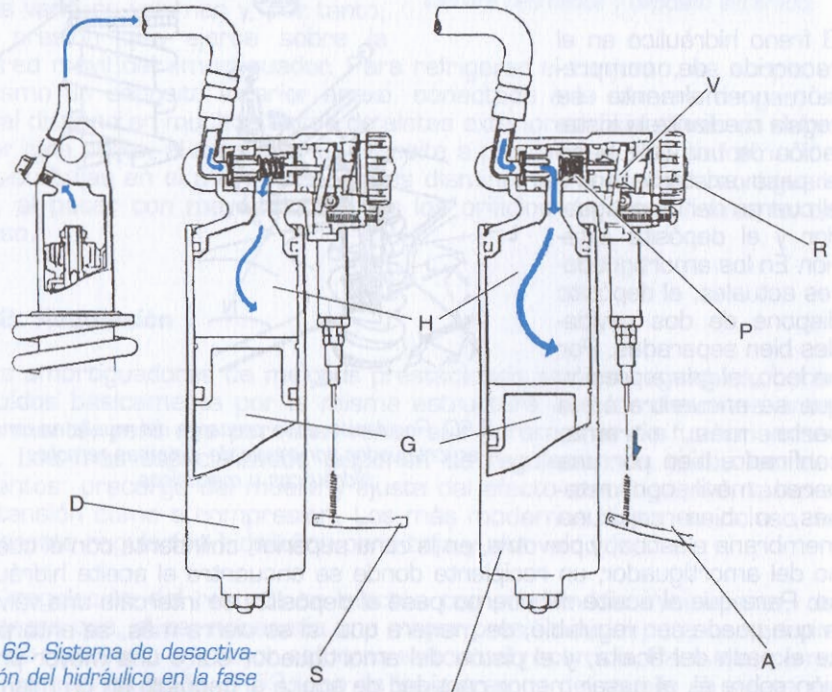
El freno hidráulico en el recorrido de compresión normalmente se regula mediante la instalación de una válvula en el paso existente entre el cuerpo del amortiguador y el depósito exterior. En los amortiguadores actuales, el depósito dispone de dos cavidades bien separadas. Por un lado, el gas a presión que se encuentra en la parte más extrema, confinado, bien por una pared móvil con retenes, o bien con una membrana elástica, y por otra, en la zona superior, colindante con el cuerpo del amortiguador, un recipiente donde se encuentra el aceite hidráulico. Para que el aceite del cuerpo pase al depósito, se intercala una válvula que puede ser regulable, de manera que, si se cierra más, se entorpece el paso del aceite, y el pistón del amortiguador sufre una mayor presión sobre él, al pasar menor cantidad de aceite al depósito en un mismo tiempo. La regulación se consigue abriendo o cerrando la válvula por medio de un tornillo exterior, que normalmente dispone de una ruleta

moleteada que regula el proceso por escalas.

Yamaha emplea una variedad auxiliar en sus motos de cross, consistente en que al accionarse el freno trasero abre la válvula completamente, como muestra la Fig. 8.62, permitiendo una mayor suavidad del hidráulico en la fase de compresión, que suaviza la suspensión en este momento, desactivándose en el momento en el que el freno deja de ser accionado.

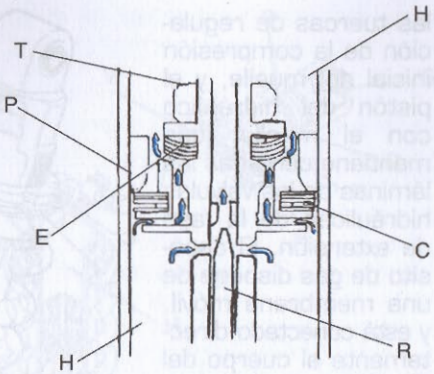


8.61. Sistema de regulación del hidráulico de compresión en un amortiguador Kayaba.



8.62. Sistema de desactivación del hidráulico en la fase de extensión con el accionamiento del freno de las motocicletas Yamaha.

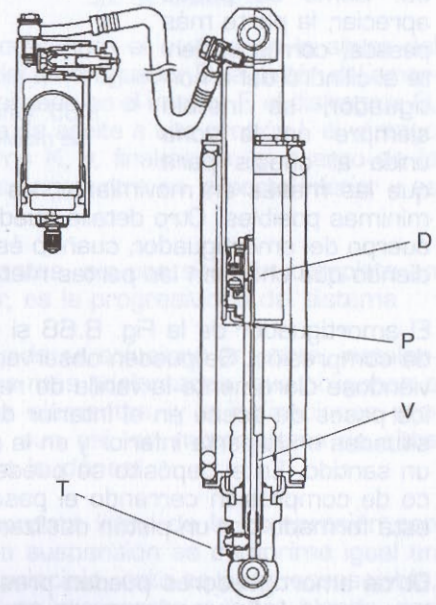
La regulación de hidráulico en la fase de extensión, que normalmente tiene una actuación más efectiva, debido a que en la compresión es el muelle el que participa de manera más activa, se realiza mediante el tarado de las válvulas situadas en el pistón del interior del amortiguador. Las válvulas suelen estar formadas por pasos unidireccionales, dotados de válvulas formadas por una lámina o varias láminas, que se deforman cuando el aceite pasa en un sentido, permitiéndolo, mientras que en el sentido contrario no lo hacen. En la Fig. 8.63 se aprecia el corte de un pistón del interior del amortiguador, en el que las válvulas centrales permiten el sentido ascendente del fluido, mientras que las laterales no. Si el pistón subiese en vez de bajar, las centrales se cerrarían y las laterales se abrirían. Si se observa el dibujo, se ve que la circulación también está permitida por el conducto central. En éste puede acoplarse un elemento que restrinja el paso del fluido, de modo que la fase de extensión se dificulte.



8.63. Regulación del hidráulico en la fase de extensión en un amortiguador.

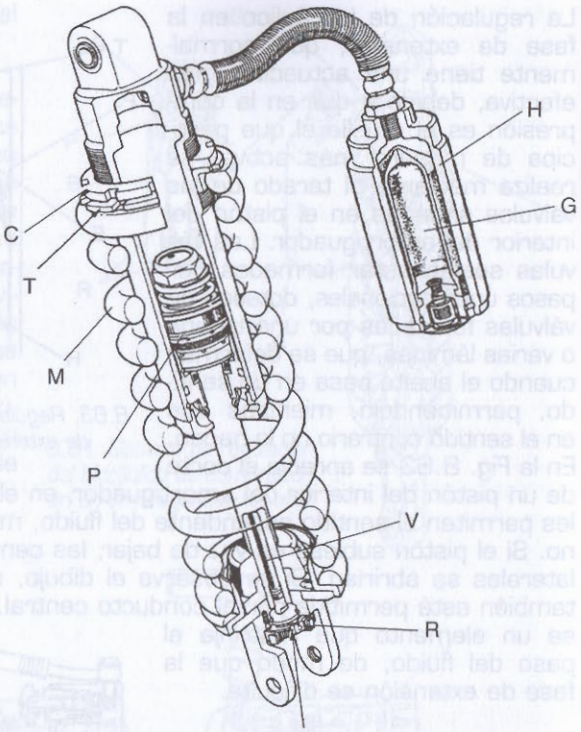
Esta regulación que se observa en la Fig. 8.64 se obtiene subiendo o bajando la varilla que se acciona normalmente desde la parte inferior del amortiguador, y que, al igual que en el hidráulico de compresión, dispone habitualmente de pasos.

En las Fig. 8.65 y 8.66 se ven un par de amortiguadores actuales dotados de depósito separado. En el primer caso sólo hay regulación de la fase de extensión, que se realiza mediante la rueda situada en la parte inferior del amortiguador, numerada para conocer el punto en el que se encuentra y que hace subir o bajar el vástago que cierra el paso principal de hidráulico. También se observan



8.64. Accionamiento de la regulación del hidráulico en la fase de extensión.

las tuercas de regulación de la compresión inicial del muelle, y el pistón del hidráulico con el muelle, que mantiene cerradas las láminas de las válvulas hidráulicas de la fase de extensión. El depósito de gas dispone de una membrana móvil, y está conectado directamente al cuerpo del amortiguador mediante el tubo flexible, sin ningún tipo de válvula intermedia. Los anclajes al basculante y al chasis son diferentes; una U en el primer lugar y un taladro en el cuerpo en el segundo. Como se puede apreciar, la parte más pesada, correspondiente al cilindro del amortiguador, se instala siempre en la zona unida al chasis para que las masas en movimiento, es decir, las no suspendidas sean las mínimas posibles. Otro detalle puede ser la goma que hace tope con el cuerpo del amortiguador, cuando éste se comprime por completo, impidiendo que choquen las partes metálicas.

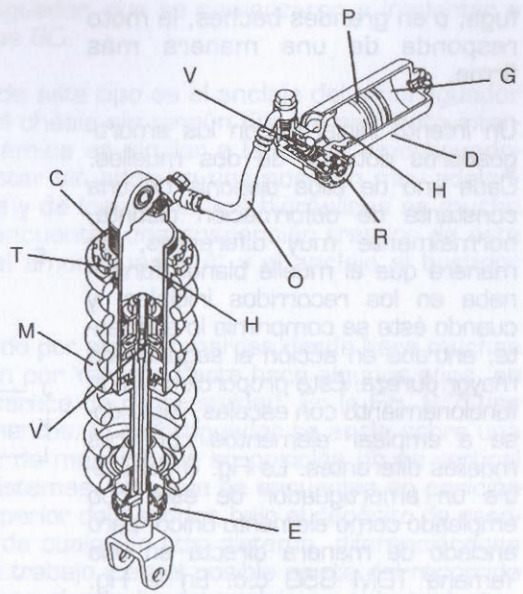


8.65. Amortiguador Showa dotado de regulación de muelle e hidráulico en la fase de extensión.

El amortiguador de la Fig. 8.66 sí dispone de regulación del hidráulico de compresión. Se pueden observar los mismos elementos del anterior, viéndose claramente la varilla de regulación del hidráulico a extensión y los pasos de aceite en el interior del pistón, regulados por las láminas situadas en la parte inferior y en la superior, cada una con incidencia en un sentido. En el depósito se puede ver la rueda que regula el hidráulico de compresión cerrando el paso al aceite, y la pared de éste, que está formada por un pistón deslizante.

Otros amortiguadores pueden presentar variaciones sobre la arquitectura general. En ocasiones, en vez de un muelle helicoidal, se dispone de un sistema neumático como resorte, formado por gas a presión. En este caso, hay una cámara presurizada que mantiene una presión constante, y que dispone de un recorrido lo suficientemente elevado como para que el amortiguador funcione correctamente.

El sistema Nivomat empleado en algunas motos mantiene constante la altura inicial de la moto mediante un sistema especial que combina cámaras de gas a baja presión con otras a alta, de manera que la posición estática del amortiguador es siempre la misma, y no se producen cambios dependiendo del peso inicial sobre el tren trasero. En la Fig. 8.67 se pueden ver los diferentes elementos de un amortiguador de este tipo, la válvula de aspiración de la bomba A, la cámara de baja presión B, las aberturas interiores para el control de la altura del amortiguador C, la válvula hidráulica del amortiguador D, el pistón del amortiguador E, el resorte suplementario situado en el interior F, el diafragma G, la cámara de gas a alta presión H, la de aceite a alta presión I, el vástago de la bomba J, la válvula antirretorno K, y, finalmente, el cuerpo de la bomba. El muelle del amortiguador se encuentra en la parte inferior y es doble, señalado con la letra L.



8.66. Amortiguador Showa dotado de todo tipo de regulación.

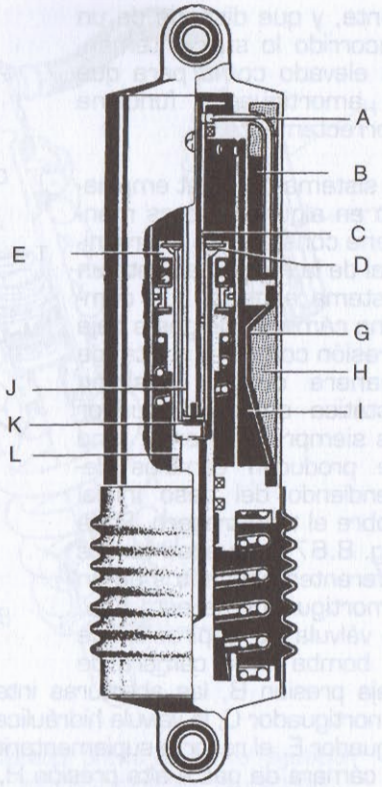
Una de las cuestiones más importantes, sin una solución completa en los sistemas de doble amortiguador, es la progresividad del sistema.

El problema de los recorridos de rueda se solucionó en parte, instalando los amortiguadores en posiciones más adelantadas, que obligaban a menores desplazamientos de estos elementos, y a inclinaciones pronunciadas con el mismo fin, pero, aun así, en motocicletas de altas prestaciones esta disposición no era la idónea.

El elemento elástico tiene una respuesta lineal de la compresión con respecto al recorrido, por lo que la suspensión se comprime igual en el recorrido inicial y en el final. En principio, esto es poco aconsejable, ya que, mientras el recorrido inicial es interesante que sea blando, con el fin de absorber pequeñas irregularidades del terreno, la parte final debe ser dura, de modo que en curvas con una intensa fuerza centrí-

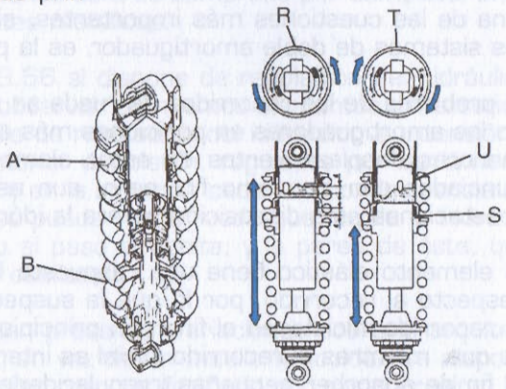
fuga, o en grandes baches, la moto responda de una manera más firme.

Un intento inicial fueron los amortiguadores dotados de dos muelles. Cada uno de ellos disponía de una constante de deformación distinta, normalmente muy diferentes, de manera que el muelle blando funcionaba en los recorridos iniciales, y cuando éste se comprimía lo suficiente, entraba en acción el segundo de mayor dureza. Esto proporcionaba un funcionamiento con escalas, llegándose a emplear elementos con tres muelles diferentes. La Fig. 8.68 ilustra un amortiguador de este tipo empleado como elemento único, pero anclado de manera directa en una Yamaha TDM 850 c.c. En la Fig. 8.68 se pueden ver los dos muelles A y B que pueden ajustarse mediante tuercas, de manera que las curvas de funcionamiento que aparecen a la derecha son bastante diferentes de la posición blanda a la más dura.



8.67. Amortiguador Nivomat.

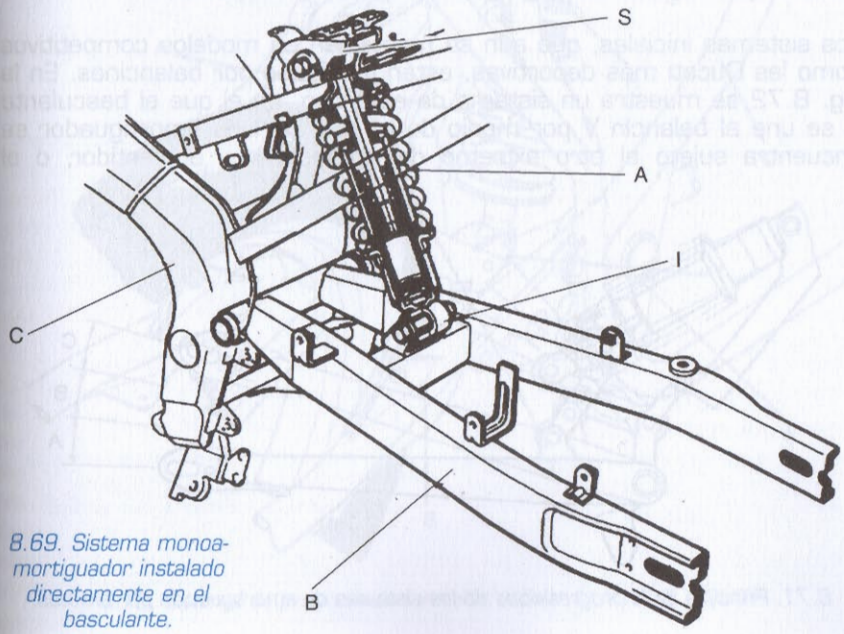
Los sistemas de doble amortiguador han sido hasta hace poco los más empleados, manteniéndose aún en muchos modelos. Sus principales ventajas estriban en la facilidad de colocación, mejor refrigeración, mayor rigidez del basculante, al estar guiado en sus extremos, en su economía y, en general, en la sencillez de diseño y mantenimiento. Sin embargo, en motocicletas de altas prestaciones en las que se requiere, dado su enorme potencial, un funcionamiento progresivo del tren posterior, se han impuesto los sistemas monoamortiguador, que se comenzaron a implantar a principios de la década de los 80.



8.68. Amortiguador de doble muelle.

La disposición más sencilla de este tipo es el anclaje del amortiguador desde el basculante hasta el chasis sin ningún tipo de elemento intermedio. En este caso, la dinámica es similar a la de los amortiguadores paralelos, aunque, al estar situados en una posición muy adelantada, el recorrido del muelle y de los elementos hidráulicos es mucho menor. En la Fig. 8.69 se encuentra una suspensión trasera de este tipo, con el basculante B, el amortiguador A, y el anclaje al bastidor C.

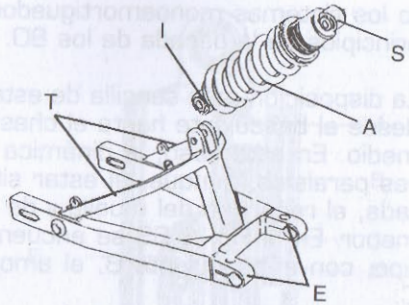
El sistema cantiléver, empleado por algunas marcas desde hace muchas décadas y con gran profusión por Yamaha hasta hace algunos años, es un monoamortiguador que carece de progresividad. En la Fig. 8.70 se ve la disposición de sus elementos. El amortiguador se ancla sobre una triangulación del basculante, de manera que su posición no es vertical como en la mayoría de los sistemas, sino que se encuentra en posición casi horizontal en la parte superior del bastidor, bajo el depósito de gasolina. El trabajo es similar al de cualquier otro sistema, diferenciándose sobre todo en la posición de trabajo y en el posible ajuste del recorrido que se puede realizar mediante el estudio del anclaje en el basculante.



8.69. Sistema monoamortiguador instalado directamente en el basculante.

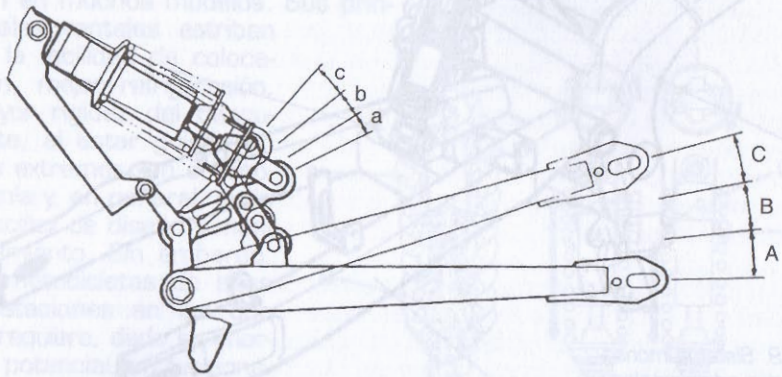
4.3. Sistemas progresivos

Como hemos comentado, el funcionamiento de una suspensión conviene que sea más suave en un principio y más firme según se va aumentando el recorrido de la rueda. Los sistemas elásticos empleados tienen una curva de funcionamiento prácticamente recta, es decir, a una compresión del muelle, le corresponde una fuerza determinada, independientemente de cuál sea el punto inicial. Por ello, los sistemas progresivos deben jugar con los recorridos de la rueda y el amortiguador, de manera que la suspensión se endurezca al final. Para ello, lo habitual es dotar al sistema de unas bieletas de forma y posición variable, que hacen que el recorrido de compresión del amortiguador no se corresponda con el de la rueda. Al principio, un recorrido pequeño de la rueda corresponde a un recorrido también pequeño del amortiguador, pero, conforme la rueda va ascendiendo, el recorrido del amortiguador aumenta respecto del de la rueda, tal y como muestra la Fig. 8.71. Con esto se consigue que al final un recorrido pequeño de la rueda se corresponda con uno más grande del amortiguador, lo que requiere un esfuerzo mayor, de manera que cada vez es más difícil comprimir la suspensión.



8.70. Sistema Cantilever de suspensión trasera.

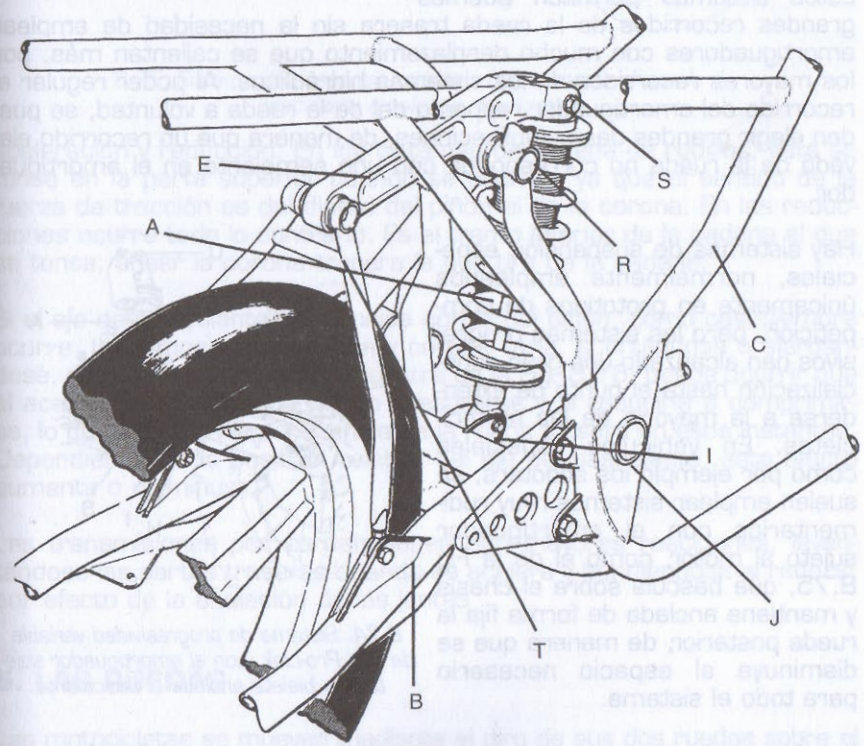
Los sistemas iniciales, que aún se mantienen en modelos competitivos como las Ducati más deportivas, están formados por balancines. En la Fig. 8.72 se muestra un sistema de este tipo, en el que el basculante B se une al balancín V por medio de un tirante T. El amortiguador se encuentra sujeto al otro extremo del balancín V y al bastidor, o al



8.71. Principio de la progresividad de los sistemas de amortiguación por bieletas.

comienzo del basculante. Es posible regular la altura inicial del tirante mediante tuerca y tornillo, de manera que se regula la altura de la parte trasera y también la curva de progresividad. El funcionamiento es simple, ya que el amortiguador se ancla al balancín, que está en una posición tal, que el recorrido vertical al principio, es menor que al final, donde su ángulo con la horizontal es menor.

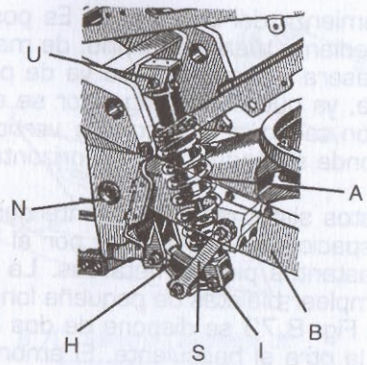
Estos sistemas actualmente son poco utilizados, principalmente por el espacio que necesitan y por el peso de todo el conjunto, que requiere bastantes piezas metálicas. La variación sobre el sistema consiste en emplear bieletas de pequeña longitud. En este caso, como se aprecia en la Fig. 8.73 se dispone de dos bieletas, una de ellas sujeta al bastidor, y la otra al basculante. El amortiguador se puede anclar en cualquiera de las dos bieletas. La firma Honda lo hace en la bieleta sujeta al basculante como aparece en la Fig 8.74, mientras que el resto lo hace en la sujeta al bastidor, como en la Fig. 8.73. Las bieletas pueden situarse tanto en la parte superior del basculante como en la inferior, aunque en



8.72. Sistema de progresividad variable dotado de tirantes y balacín.

este caso, este elemento debe disponer de una abertura para que el amortiguador se pueda situar, ya que éste, por razones de espacio, se sujeta a la parte superior del chasis.

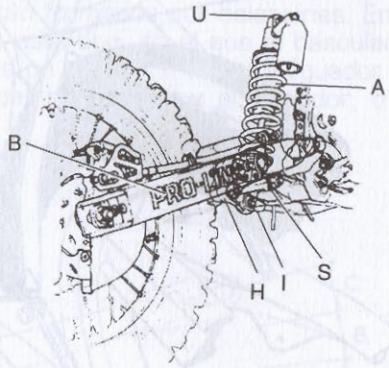
El funcionamiento es también progresivo, con algunas diferencias, dependiendo del sistema empleado. En todos los casos, la bieleta sobre la que se sujeta el amortiguador se eleva poco al principio, para acelerar su movimiento cuando la rueda va ascendiendo, de manera que el recorrido del amortiguador aumenta para un mismo desplazamiento de la rueda.



8.73. Sistema de suspensión de progresividad variable con el amortiguador anclado en la bieleta sujeta al chasis.

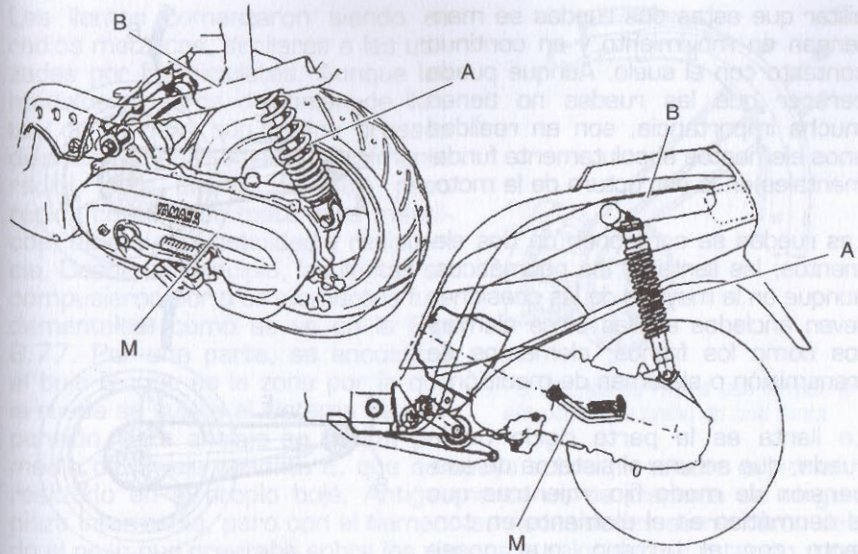
Estos sistemas permiten además grandes recorridos de la rueda trasera sin la necesidad de emplear amortiguadores con mucho desplazamiento que se calientan más, por los mayores recorridos de los sistemas hidráulicos. Al poder regular el recorrido del amortiguador respecto del de la rueda a voluntad, se pueden elegir grandes desmultiplicaciones, de manera que un recorrido elevado de la rueda no corresponda con uno semejante en el amortiguador.

Hay sistemas de suspensión especiales, normalmente empleados únicamente en prototipos de competición, pero los sistemas progresivos han alcanzado una gran especialización hasta el punto de extenderse a la mayoría de las motocicletas. En vehículos especiales como por ejemplo los scooters, se suelen emplear sistemas muy rudimentarios con el amortiguador sujeto al motor, como el de la Fig 8.75, que bascula sobre el chasis y mantiene anclada de forma fija la rueda posterior, de manera que se disminuye el espacio necesario para todo el sistema.



8.74. Sistema de progresividad variable de tipo Pro-Link, con el amortiguador sujeto a la bieleta anclada al basculante.

La suspensión trasera plantea una serie de reacciones sobre la transmisión, que pueden variar el comportamiento de la moto en las fases de



8.75. Sistema de suspensión trasera con el motor oficiando de basculante empleado en scooters.

aceleración y reducción. En los sistemas de cadena de rodillos, ésta se tensa en la parte superior cuando se acelera, ya que el sentido de la fuerza de tracción es del diente del piñón al de la corona. En las reducciones ocurre todo lo contrario. Es el tramo inferior de la cadena el que se tensa, al ser la corona trasera la que tira de la cadena.

Si el eje del basculante no coincide con el del piñón, como casi siempre ocurre, la distancia entre piñón y corona varía, acortándose o alargándose, de modo que, como se muestra en la Fig. 8.76, puede ocurrir que al acelerar la suspensión tienda a estirarse y al reducirla a comprimirse, lo que aumenta la adherencia de la rueda trasera en esos instantes. Dependiendo de la posición relativa del eje del basculante, este efecto aumenta o disminuye.

Las transmisiones por cardan tienen aún mayores reacciones, levantándose las partes traseras cuando se acelera y hundiéndose al reducir, por efecto de la anulación de las juntas.

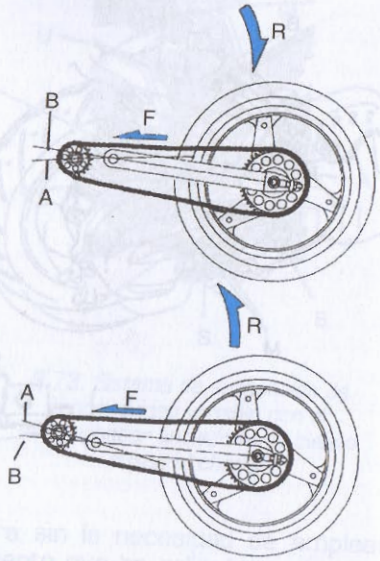
5. LAS RUEDAS

Las motocicletas se mueven mediante el giro de sus dos ruedas sobre el terreno. Todos los elementos que componen el resto de la motocicleta están encaminados o bien a mantener al piloto sobre el vehículo, o a posi-

bilitar que estas dos ruedas se mantengan en movimiento y en continuo contacto con el suelo. Aunque pueda parecer que las ruedas no tienen mucha importancia, son en realidad unos elementos absolutamente fundamentales en la estructura de la moto.

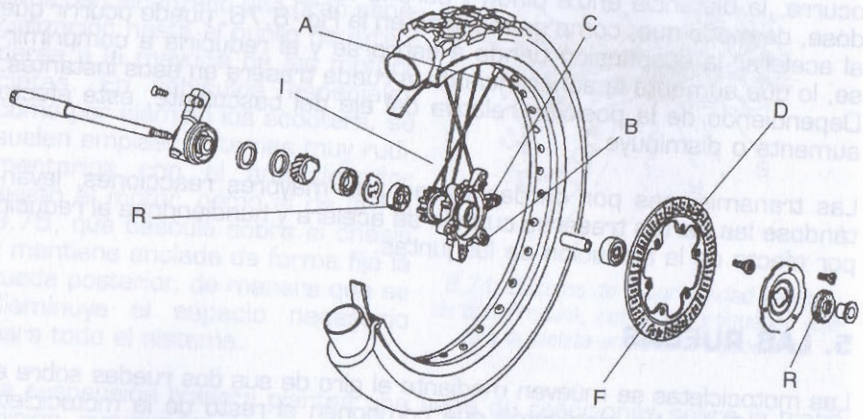
Las ruedas se componen de dos elementos, las llantas y los neumáticos, aunque en la mayoría de las ocasiones llevan anclados a ellas otros elementos como los frenos, elementos de transmisión o sistemas de medición.

La llanta es la parte rígida de la rueda, que se une al sistema de suspensión de modo fijo, mientras que el neumático es el elemento en contacto con el terreno, que posee características elásticas y dispone de una cierta capacidad de deformación, para adaptarse a las superficies por donde transita la moto.



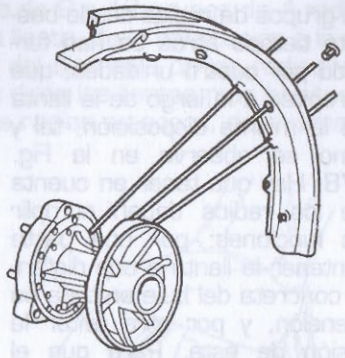
8.76. Reacciones de la transmisión sobre la suspensión trasera dependiendo de la posición relativa de los ejes de transmisión y basculación.

A lo largo de los años, las ruedas han sido unos de los elementos que más han evolucionado, sobre todo los neumáticos. Conforme la velocidad ha aumentado y las características del terreno han mejorado, se ha hecho necesaria una mayor adherencia de estos elementos al suelo y unas mayores dotes de flexibilidad.



8.77. Elementos constitutivos de una llanta.

Las llantas comenzaron siendo de radios metálicos, similares a las utilizadas por las bicicletas. Aunque los modelos pioneros disponían de llantas de madera con radios gruesos dispuestos en posición totalmente radial, esta disposición dejó paso rápidamente a los materiales metálicos, de mayor elasticidad y resistencia. Desde un principio, las llantas se compusieron por tres elementos fundamentales, como se ve en la Fig. 8.77. Por una parte, se encuentra el buje B, que es la zona por la que la rueda se sujeta al sistema de suspensión. Este anclaje se realiza por medio de un eje pasante E, que se apoya sobre un taladro cilíndrico C realizado en el propio buje. Antiguamente no se disponía de ninguna pieza intermedia, pero con el tiempo, las necesidades aumentaron debido al peso que gravitaba sobre los ejes y a la velocidad de rotación, intercalándose elementos intermedios. Actualmente hay un mínimo de dos rodamientos R, normalmente de bolas, y sellados para evitar la contaminación exterior. Estos rodamientos apoyan su parte exterior sobre el buje de la llanta y la interior sobre el eje, que se mantiene inmóvil frente a la rotación de la rueda. Habitualmente, los bujes integran los anclajes de los elementos sujetos por la rueda, como es el caso de los frenos. Si éstos son de tambor, es el propio buje el que oficia de tambor de frenado, mientras que si son de disco D, se diseñan los anclajes correspondientes para sujetarlos lateralmente. En la rueda trasera, además del freno hay que anclar el sistema de transmisión secundaria, bien una corona si ésta se realiza por medio de una cadena, o bien un engranaje cónico. Habitualmente se instalan elementos intermedios con cierta capacidad de amortiguación, donde se fijan los sistemas de transmisión.

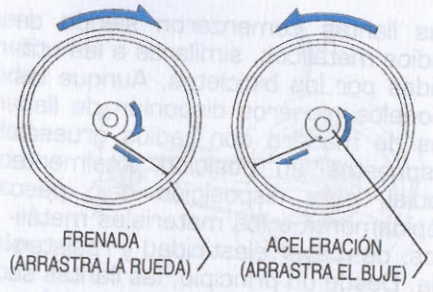


8.78. Grupos de radios que forman la estructura de unión de una llanta.

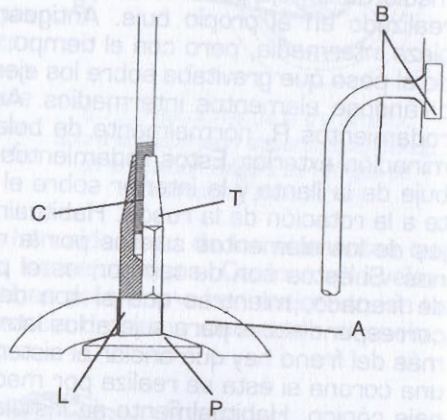
El buje se une con el neumático mediante dos elementos, el cerco A, denominado en ocasiones también simplemente llanta, que se encarga de sujetar el neumático impidiendo que éste se salga o gire sobre ella, y los elementos de unión I, que han ido variando con el paso de los años.

Inicialmente, los elementos de unión eran radios metálicos colocados de manera radial a la llanta. Con el paso del tiempo estos elementos se fueron especializando, de manera que aumentase no sólo su resistencia, sino también su capacidad para amortiguar los golpes. Los radios son bastante elásticos y su peso moderado, lo que es una gran ventaja, debido a la disminución de la masa no suspendida, que afecta al funcionamiento de las suspensiones.

Los grupos de radios desde bastante tiempo atrás se han formado por cuatro unidades, que se repiten a lo largo de la llanta con la misma disposición, tal y como se observa en la Fig. 8.78. Hay que tener en cuenta que los radios deben cumplir dos funciones: por una parte mantener la llanta a una distancia concreta del buje en toda su extensión, y por otra evitar la torsión de ésta. Para que el radio funcione correctamente, debe trabajar a tracción, de manera que hay que tensarlos previamente con una fuerza suficiente como para que los golpes no consigan cambiar la solicitud, ya que se romperían. Los citados radios en el cubo se sitúan tangencialmente, mientras que en el cerco se encuentran angulados. Esta disposición hace que los esfuerzos de aceleración y frenada sean soportados por los radios que trabajan en el sentido de tracción en cada caso como se aprecia en la Fig. 8.79. La disposición de los radios puede variar, dependiendo de las solicitudes. Cada radio puede cruzarse con tres, dos, uno, o ninguno, según disposiciones denominadas X0, X1, X2 y X3.



8.79. Colocación de los radios en una llanta con objeto de que trabajen sometidos a esfuerzos de tracción tanto en las fases de aceleración como en las de frenada.

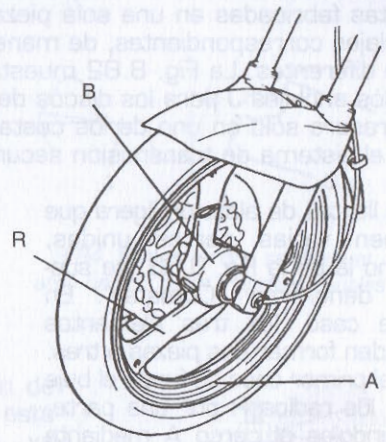


8.80. Sistema de anclaje de los radios de una llanta.

Para tensar los radios convenientemente, la llanta dispone de un anclaje formado por un tornillo T, que aparece en la Fig. 8.80. Este tornillo se introduce por la parte interior I, en un taladro L realizado en el cerco A, de manera que su tope P le impide salir completamente. El radio se sujeta mediante una sección doblada en el buje, manteniéndose fijo con un tope E, y tensándose por medio de una rosca C que se introduce en el tornillo, haciendo variar la distancia de la llanta al radio. En algún modelo, el tensado de los radios se efectúa en la zona próxima al buje, disponiéndose la sección doblada en la zona del cerco. Con ello se permite el empleo de neumáticos "tubeless" (sin cámara), ya que de la otra forma, el aire se escaparía por los orificios de fijación del radio al cerco.

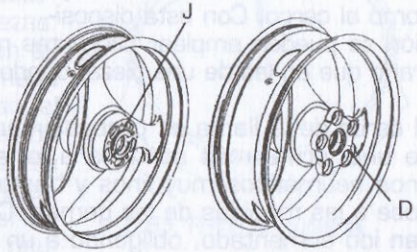
En las motocicletas normales se dispone de 9 a 12 grupos de 4 radios. Este número depende del diámetro de la llanta, de la solicitación a la que se vea sometido, del peso de la rueda, del diámetro de los radios y de otra serie de características, siendo sin duda las llantas más habituales las de 36 y 40 radios. El material de los radios es acero, normalmente cromado o de aleaciones inoxidables, para evitar la corrosión a que se somete por su funcionamiento a la intemperie.

Con el paso del tiempo, los radios han ido siendo sustituidos en algunos tipos de motocicletas debido a su peso y a su mantenimiento obligado. Hay que tener en cuenta que, a pesar del correcto tensado, las fuertes sacudidas acaban por dañar los radios, los cuales se doblan y se rompen, obligando a su sustitución y el posterior tensado de toda la rueda. Además, a pesar de su mínima sección, el acero es pesado, y es inevitable una tara elevada.



8.81. Llanta de aleación ligera.

Para mejorar este aspecto, desde hace un par de décadas se han sustituido las llantas de radios por llantas de aleación ligera en las motocicletas de carretera, que, con altas velocidades, necesitan la mínima masa no suspendida posible y una rigidez mayor por los esfuerzos que deben soportar.

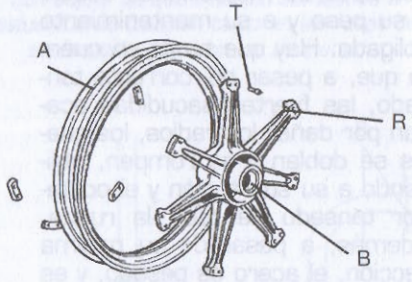


8.82. Llantas de aleación ligera especiales para cada tren con sus anclajes correspondientes.

Las llantas de aleación ligera, como la de la Fig. 8.81 suelen estar formadas por una pieza única, por dos e incluso por tres, aunque la solución más habitual es la primera. En este caso buje B, radios R y arco A, se realizan en fundición ligera de aluminio, magnesio e incluso fibra de carbono en modelos de competición. Los grupos de múltiples radios se sustituyen por varios radios de gran resistencia que pueden variar desde un mínimo de tres hasta un máximo de siete. Los radios R, habitualmente llamados "palos" por asociación al nombre con que se conocieron inicialmente estas ruedas, pueden ser huecos o macizos, con diversas formas en las que

cuentan tanto el aspecto exterior como la aerodinámica. El peso de estas llantas varía bastante de un modelo a otro, al mismo tiempo que su resistencia. Mientras las llantas de competición son muy ligeras pero poco resistentes, las de las motos de serie, con un aspecto exterior muy similar, son mucho más pesadas y resistentes ya que deben someterse a unos esfuerzos mucho mayores, al soportar baches y golpes. En las llantas fabricadas en una sola pieza los bujes deben realizarse con los anclajes correspondientes, de manera que las traseras y las delanteras son diferentes. La Fig. 8.82 muestra un ejemplo. La delantera dispone de los anclajes J para los discos de freno a ambos lados, mientras que la trasera sólo en uno de los costados, dejando el otro libre para sujetar el sistema de transmisión secundaria por cadena D.

Las llantas de aleación ligera que tienen varias partes unidas, como la de la Fig. 8.83, se suelen denominar "Comstar". En este caso, los tres elementos pueden formar dos piezas o tres. En el primer caso se funde el buje B y los radios R por una parte, uniéndolos al cerco A mediante tornillos o remaches T, mientras que en el segundo caso, los radios se atornillan tanto al buje como al cerco. Con esta disposición se pueden emplear diferentes materiales en cada elemento, al contrario que en las de una pieza, donde toda la llanta debe ser del mismo.



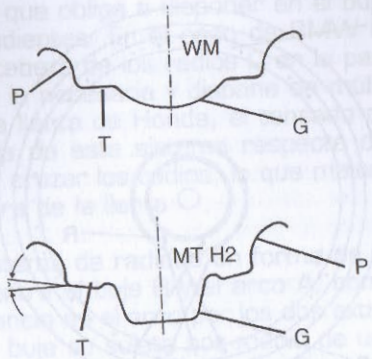
8.83. Llanta de aleación ligera desmontable de tipo "Comstar".

El cerco de la llanta es probablemente el elemento que ha ido variando de una forma más continua a lo largo de los años. Inicialmente, con unos neumáticos muy finos y bastante altos, eran estrechos, ajustándose a las medidas de las gomas. Con el paso del tiempo las secciones han ido aumentado, obligando a un mayor dimensionado de la anchura de las llantas. Esta es otra de las razones por las que se han sustituido las ruedas de radios, ya que en éstas la anchura está limitada por la propia forma de trabajo de los radios.

El cerco está dividido en tres partes principales, señaladas en la Fig. 8.84. El borde o pestaña P, que es la zona encargada de sujetar el neumático e impedir que se salga, la base del talón T que sirve también de apoyo, y la garganta o canal G, que une las dos bases de los talones y sirve de anclaje a los elementos de unión con el buje. En el caso de que las ruedas sean de radios dispone de taladros donde anclarlos.

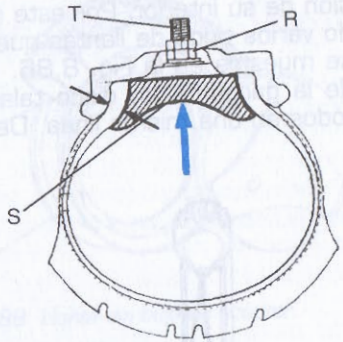
Los cercos tienen una serie de perfiles definidos. Dependiendo de su empleo, el perfil más corriente en las llantas de radios es el denomina-

do WM, utilizado por los neumáticos con cámara interior, mientras que los que carecen de ella emplean normalmente el MT-H2. La forma del canal es diferente como se observa en la figura anterior, si se emplean neumáticos con cámara de aire interior o no. En el primer caso, es necesario que la forma sea más o menos de sector circular, de modo que la cámara se pueda apoyar sobre esta parte de la llanta sin excesivas deformaciones. En este caso, las llantas suelen tener en el centro un abombamiento. Si no se emplean cámaras, la forma es más libre, pudiéndose rebajar la altura de la garganta.



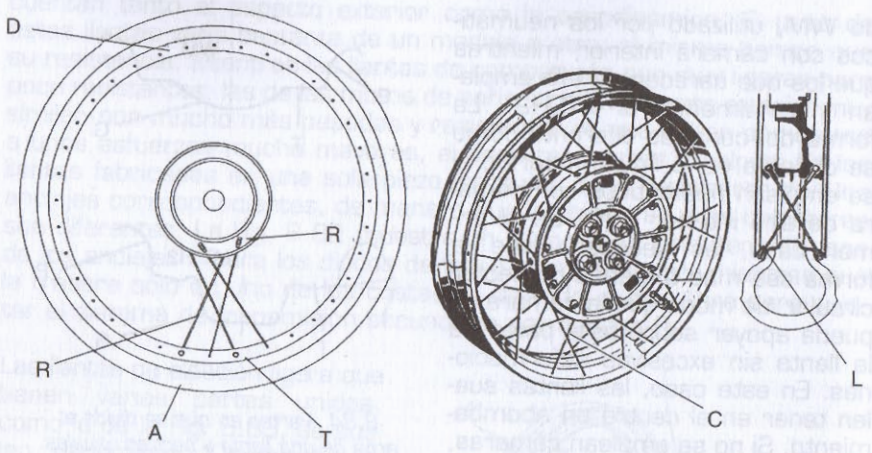
8.84. Partes en que se divide el arco de una llanta y perfiles usuales.

Los bordes de la llanta se encargan de sujetar el neumático. Esta zona está sometida a importantes esfuerzos, ya que, aunque el neumático se encuentra comprimido por efecto de la presión interior del aire encerrado, pueden producirse deslizamientos entre ambas piezas. Para evitarlo, los flancos disponen en su interior de una superficie rugosa formada por múltiples muescas que dificultan el deslizamiento. En caso de que la presión del neumático sea muy baja, como suele ocurrir en motocicletas destinadas a un uso campestre, el mecanizado interior de la llanta no es suficiente para que el neumático no gire, por lo que se introducen unos frenos de cubierta que presionan la goma en sus laterales contra el borde de la llanta, siendo apretados por medio de un tornillo desde el exterior de la garganta. Este elemento se muestra en la Fig. 8.85. Consta de una sección en forma de sector circular S, cuyos bordes se apoyan en los talones del neumático y un tornillo T que atraviesa la llanta, y que mediante una tuerca R puede ser apretado de modo que aprisione al neumático, impidiendo su desplazamiento a lo largo de la llanta.



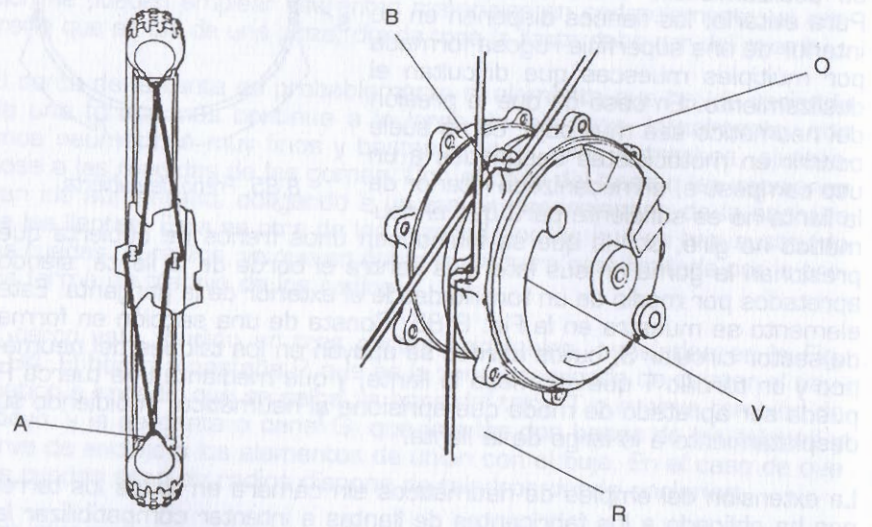
8.85. Freno de cubierta.

La extensión del empleo de neumáticos sin cámara en todos los terrenos ha obligado a los fabricantes de llantas a intentar compatibilizar la elasticidad de las ruedas de radios con la obligación de disponer de un arco perfectamente hermético, que imposibilite la salida del aire a pre-



8.86. Sistemas de ruedas de radios preparados para montar neumáticos sin cámara de la firma Honda y de la BMW.

sión de su interior. Por este motivo, en los últimos años se han diseñado varios tipos de llantas que posibilitan este tipo de neumáticos y que se muestra en la Fig. 8.86. La firma Honda adapta a la parte central de la garganta un disco taladrado D, donde se sujetan los radios R, todos en una misma línea. Debido al sistema, es en el arco A donde se



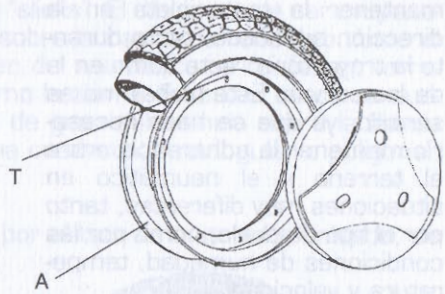
8.87. Sistema de radiado en Z de la firma Yamaha.

sujeta el radio por medio del tope T, lo que obliga a disponer en el buje los tornillos de regulación R correspondientes. En el caso de BMW la solución ha sido distinta, sujetando la cabeza de los radios C en la pestaña, que tiene una anchura mayor de la necesaria y dispone de múltiples taladros L. Como en el caso de la llanta de Honda, el tensado se realiza en la parte del buje. La ventaja de este sistema respecto del anterior viene dada en la posibilidad de cruzar los radios, lo que mejora las posibilidades de aumentar la anchura de la llanta

Yamaha por su parte ha ideado un sistema de radiado en forma de Z. En este caso, el radio R no discurre entre el buje B y el arco A, como en el resto de las llantas, sino que se ancla en el arco por los dos extremos. Se puede ver en la Fig. 8.87. El buje se sujeta por medio de una curva V que realiza el radio, y que se introduce en un taladro O realizado en el propio buje.

5.1. Llantas especiales

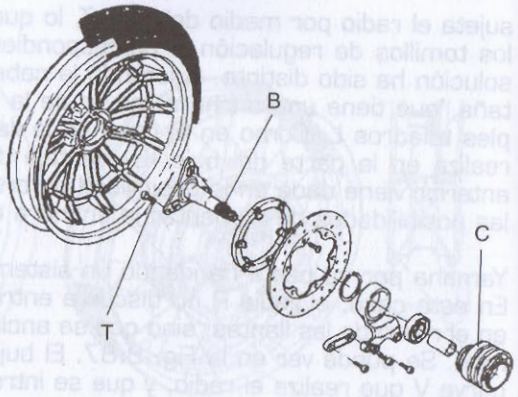
Además de las llantas de los tipos anteriores, empleadas en motocicletas de serie, hay algunos tipos diseñados para modelos especiales. Las más importantes son las llantas lenticulares, en las que los radios se sustituyen por un disco, con o sin taladros, que une directamente el buje con el arco. Su principal ventaja viene dada de la ligereza y la buena aerodinámica, pero plantean problemas de rigidez por su propio diseño y de reacciones frente al viento lateral. Los scooters que disponen de llantas de diámetro pequeño, normalmente de no más de 10", emplean en muchas ocasiones ruedas de chapa, en las cuales el cerco A se une directamente por medio de tornillos T al buje B, que no está integrado en la llanta, sino que forma un conjunto aparte, que se observa en la Fig. 8.88.



8.88. Llanta sin buje de scooter.

Otro tipo de llantas son aquellas en las cuales no existe eje, son las que se anclan lateralmente a la motocicleta, diseñadas para ser montadas y desmontadas rápidamente. En este caso el buje B no dispone de los rodamientos habituales, ya que la sujeción se realiza por medio de tornillos T situados en el lateral. La llanta puede apoyarse en un cilindro central C para facilitar su centrado, o directamente en los elementos de unión. En este caso las ruedas suelen ser bastante ligeras, ya que no deben soportar los tradicionales sistemas de frenado y transmisión, como muestra la Fig. 8.89.

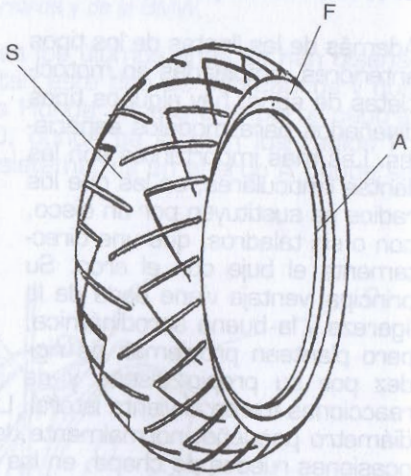
Si el neumático no tiene cámara, el perfil del flanco se inclina ligeramente hacia el interior, con el fin de dificultar aún más la salida del aire interior. En este caso, el arco no debe disponer de ninguna posible salida de aire, por lo que la válvula se integra en la llanta directamente.



8.89. Llanta de anclaje lateral de una Gilera CX.

6. LOS NEUMATICOS

Los neumáticos son los elementos en contacto con el suelo. Son por tanto, los encargados en último término de mantener la motocicleta en la dirección adecuada, tanto durante la trayectoria recta como en la de las curvas. Este trabajo no es sencillo, ya que se hace necesario mantener la adherencia entre el terreno y el neumático en situaciones muy diferentes, tanto por el tipo de suelo, como por las condiciones de humedad, temperatura y velocidad.

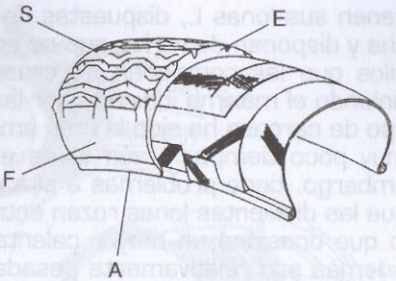


8.90. Elementos exteriores que forman un neumático.

Los neumáticos están formados por una banda de caucho que se calza sobre el arco de la llanta. La sección del neumático se divide en varias zonas bien diferenciadas, que se pueden ver en la Fig. 8.90. La parte del neumático en contacto con el suelo S se denomina "banda de rodadura", la que se encarga de apoyarse en la llanta A se denomina "talón", mientras que la superficie lateral F que une la banda de rodadura con el talón recibe en nombre de "flanco" u "hombro".

A su vez el neumático interiormente tiene varias zonas, y una estructura interior bastante compleja. Inicialmente, los neumáticos eran más sencillos, pero las necesidades de adherencia conforme mejoraron las

carreteras y aumentó la velocidad obligó a fortalecer toda la estructura interior en busca de compuestos para la banda de rodadura que aseguraran un mayor agarre.



8.91. Elementos que constituyen la estructura interna de un neumático.

En la Fig. 8.91 se aprecia que interiormente el neumático está compuesto por una funda exterior de goma E que forma la banda de rodadura S y la cubierta del flanco F y el talón A. Este material debe tener un cierto espesor en la zona en contacto con el suelo, ya que el uso provoca un cierto desgaste, que poco, a poco va disminuyendo el espesor de la banda. La banda de rodadura normalmente no es lisa, sino que dispone de unos ciertos canales N que se emplean para evacuar el agua en caso de necesidad. Algunos tipos de neumáticos empleados para conducción deportiva y únicamente sobre asfalto seco no disponen de estos canales, normalmente conocidos como "dibujo" y se denominan "slicks". El dibujo puede ser muy exagerado, convirtiéndose en tacos T sobre la banda de rodadura como el modelo de la Fig. 8.92, si el empleo del neumático se realiza en terrenos con muy poca consistencia como la tierra. En estos casos se suelen situar bloques de goma blanda de gran adherencia sobre la banda de rodadura, normalmente de forma cuadrada, rectangular o poligonal, que son conocidos como tacos.

La banda de rodadura no dispone, por el tipo de material empleado, de la suficiente consistencia, por lo que necesita una estructura interna que se la confiera. Este esqueleto se llama "carcasa", y está formada por una serie de lonas L, realizadas con diferentes materiales, que abrazan por completo la superficie del neumático.

8.92. Aspecto de la banda de rodadura de un neumático especial para uso campestre.

La forma y el material de la carcasa distingue a los neumáticos, y hace variar de manera importante su comportamiento. Se pueden distinguir básicamente dos tipos de neumáticos según su carcasa: los neumáticos diagonales D y los neumáticos radiales R. Los primeros

tienen sus lonas L, dispuestas de manera oblicua al sentido de la marcha y disponen de varias que se encuentran situadas de manera que los hilos que las componen se cruzan. Puede haber un mínimo de dos, viniendo el máximo indicado por las solicitudes de peso de la goma. Este tipo de carcasa ha sido la más empleada en las motocicletas hasta hace muy poco tiempo, y aún lo es en los modelos más económicos. Sin embargo, tiene problemas a alta velocidad, sobre todo de desgaste, ya que las diferentes lonas rozan entre sí cuando el neumático se deforma, lo que ocasiona un mayor calentamiento que se traduce en desgaste. Además son relativamente pesadas.

Para paliar estos inconvenientes, se ha evolucionado la estructura hacía la carcasa de tipo radial R. Este tipo de carcasa dispone únicamente de una lona N y orientada de manera especial, ya que sus hilos se encuentran perpendiculares al sentido de la marcha. Esto permite que con una sola lona se complete la estructura de la carcasa, eliminando peso, y también las fricciones entre las diferentes capas que provocaba parte del calentamiento.

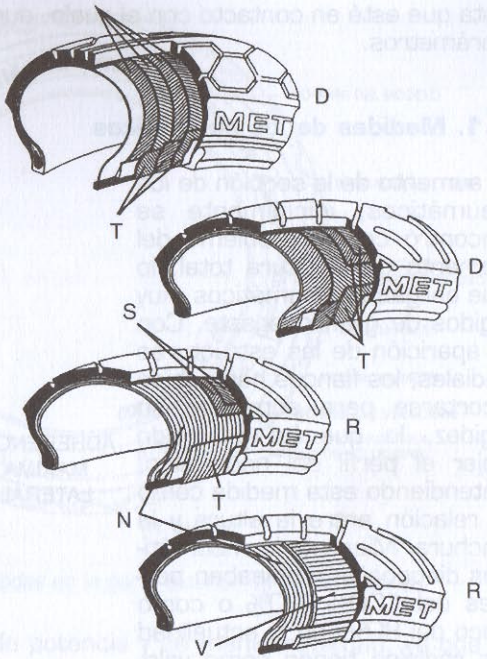
Hay algunos tipos de carcasas especiales, empleados de manera poco habitual. Una variación de la diagonal emplea dos lonas S con muy poca anulación entre ellas, y en los neumáticos delanteros es común emplear una sola lona, pero orientada con un pequeño ángulo para mejorar la direccionabilidad.

Con la carcasa no acaba la estructura interna del neumático, ya que entre ésta y la banda de rodadura y también en los flancos se disponen otras lonas denominadas "cinturas" T que se encargan de reforzar la estructura en los puntos necesarios, pero sin llegar a abrazar por completo al neumático como ocurre con la carcasa. Las cinturas se pueden colocar sobre la banda de rodadura y en los laterales del neumático, siendo bastante variable su número y el ángulo de sus hilos. Éstos pueden estar formados por nylon o materiales compuestos como el kevlar.

Una disposición relativamente reciente es la de la cintura única a 0 grados, consistente en emplear una sola lona V con sus hilos colocados en posición longitudinal a la marcha. En esta estructura, el material suele ser kevlar, e incluso acero, y hasta el momento sólo se emplea en los trenes traseros, debido a que es en requerimientos de tracción donde mejor funciona. En la Fig. 8.93 se aprecian varias estructuras interiores en las que se distingue tanto la carcasa como las lonas de cintura.

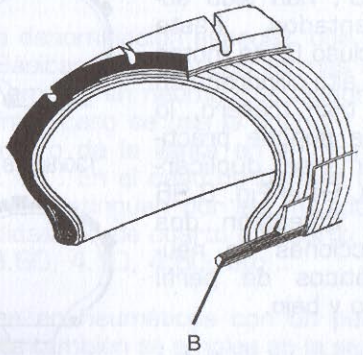
La estructura del neumático se completa con el "anillo de cierre", que está formado por un cable B de grosor apreciable que se encuentra en la parte extrema del talón, y que sirve para dar rigidez al extremo del neumático que debe ajustarse con la llanta, de manera que no haya posibilidad de que una deformación desmonte del arco al neumático, como

se observa en la Fig. 8.94. Esta estructura se mantiene en todos los neumáticos de mínimas prestaciones, sea cual sea su empleo. Generalmente, la estructura diagonal se sigue manteniendo en las motos de campo, que no necesitan alcanzar una gran velocidad, aunque ya se comienza a extender el empleo de radiales, que precisamente comenzaron a experimentarse en motos de trial. En neumáticos de carretera, la tendencia generalizada es al empleo de modelos radiales, que han copado en los últimos años el mercado de manera total.



8.93. Estructuras interiores de los neumáticos diagonales y radiales.

Con el aumento de las prestaciones se ha hecho necesario también un aumento de la adherencia del neumático, que ha hecho necesario un aumento paralelo de la sección de los neumáticos y de la calidad de la goma de la banda de rodadura. Para ver el grado de adherencia de un neumático, se puede dibujar una elipse, en la cual se considera que se encuentran los esfuerzos que el neumático debe soportar. Si se miden los esfuerzos máximos que este elemento puede resistir en las fases de aceleración y frenada, así como el máximo esfuerzo lateral aplicable, se puede dibujar una superficie más o menos elíptica, que marcará durante un esfuerzo combinado la máxima solicitud que el neumático puede aguantar sin llegar a derrapar sobre el suelo. En la Fig. 8.95 se puede ver una de estas figuras con los esfuerzos anteriormente descritos. Hay que tener en cuenta, que estos valores dependen de la presión del neumático con el suelo, del tipo de goma y de la cantidad de

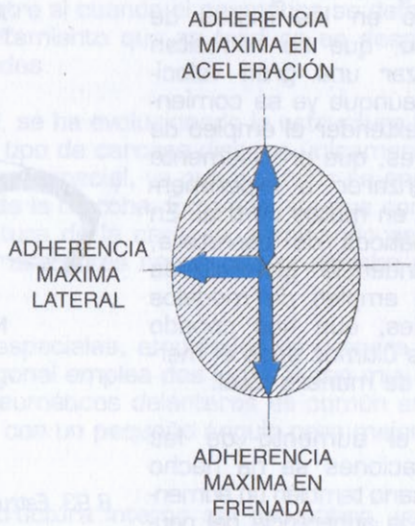


8.94. Anillo de cierre de un neumático.

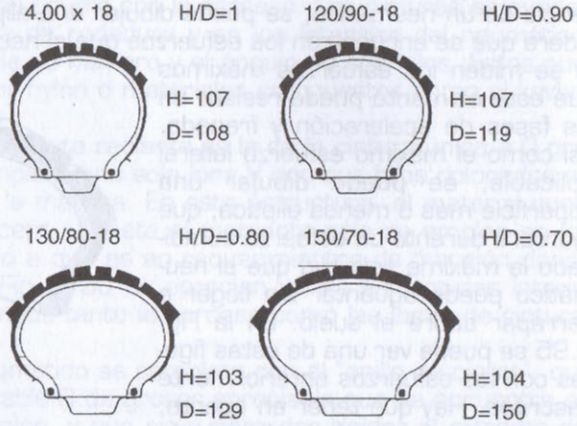
ésta que esté en contacto con el suelo, aumentando el agarre con estos parámetros.

6.1. Medidas de los nuemáticos

El aumento de la sección de los neumáticos, inicialmente se encontró con el problema del aumento de la altura total, lo que obligaba a neumáticos muy rígidos de gran desgaste. Con la aparición de las estructuras radiales, los flancos han debido acortarse para aumentar su rigidez, lo que ha permitido bajar el perfil del neumático, entendiendo esta medida como la relación entre la altura y la anchura. Mientras los neumáticos diagonales empleaban perfiles del 100%, 90% o como poco del 80%, en la actualidad los radiales tienen como valores más comunes los 70%, 60%, e incluso 55%. Esto ha obligado a aumentar de manera importante la anchura del arco de la llanta, que de valores de unas 3.5", han sido aumentados hasta incluso 6" en motos de alta cilindrada en el tren trasero, lo que supone prácticamente duplicarlos. En la Fig. 8.96 se muestran dos secciones de neumáticos de perfil alto y bajo.

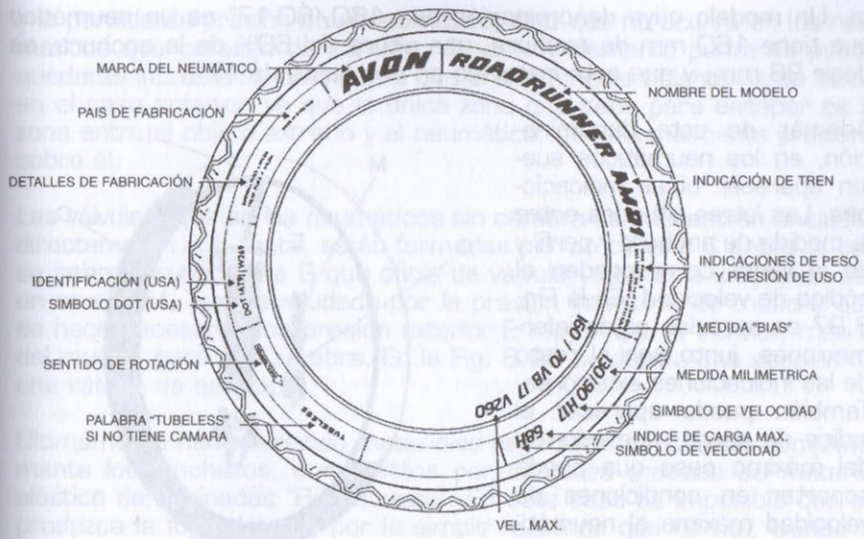


8.95. Elipsoide de esfuerzos de un neumático.



8.96. Distintas secciones de neumáticos con proporciones diferentes entre la altura y la anchura.

Las medidas de los neumáticos de todos modos están limitadas por razones de pérdida de potencia y de maniobrabilidad, ya que el rozamiento entre la banda de rodadura y el suelo absorbe potencia, y además, si la sección es muy elevada, empeora la facilidad para inclinar la moto.



8.97. Informaciones señalizadas en la parte exterior de un neumático.

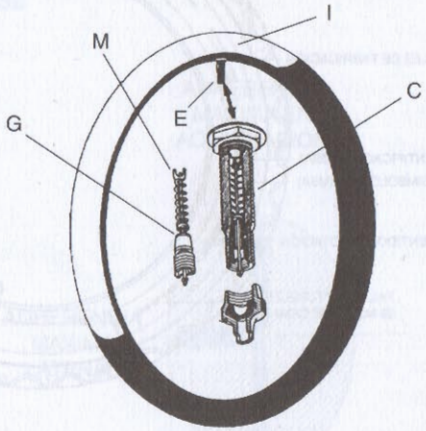
En estos momentos la anchura de los neumáticos llegan en las motos de mayor potencia a unos 130 mm en el tren delantero y 200 mm en el tren trasero, aunque las medidas más habituales en las motos de cilindrada media y alta es de 120 mm y hasta 180 mm.

La medida de los neumáticos tiene una denominación especial, que se ha mantenido durante muchos años. Básicamente hay dos formas de designar un neumático. La primera se emplea en neumáticos diagonales de perfiles 100% o 90%. En el primer caso se usa la anchura en pulgadas únicamente seguida del diámetro de la llanta en la misma medida. Un ejemplo puede ser 3.50 x 18". En el caso de perfiles del 90% se puede hacer lo mismo, pero se distinguen por las medidas, mientras que en la serie 100% las medidas van de cuarto en cuarto de pulgada, en la 90% las anchuras son 3.60, 4.10, 4.60, etc...

La denominación milimétrica se emplea en neumáticos con un perfil máximo del 90%, aunque ocasionalmente también se emplea en la serie más alta, la de relación 100%. En este caso, que es el más habitual actualmente, se designa en primer lugar la anchura del neumático, posteriormente el porcentaje del perfil, y finalmente el diámetro de la llan-

ta. Un modelo cuya denominación sea 160/60-17" es un neumático que tiene 160 mm de anchura, una altura del 60% de la anchura, es decir 96 mm, y que está instalado en una llanta de 17".

Además de esta denominación, en los neumáticos suelen aparecer otras indicaciones. Las letras situadas entre la medida de anchura y perfil y de la llanta corresponden al código de velocidad. En la Fig. 8.97 se aprecian estas informaciones, junto con el resto de las indicaciones exteriores. También puede aparecer el índice de carga, que informa del máximo peso que puede soportar en condiciones de velocidad máxima el neumático. Por último, pueden encontrarse las letras TL, correspondientes a la palabra inglesa "Tubeless", que indica que el neumático puede emplearse sin cámara interior. En este caso, además de acoplarse a un perfil de tipo MT-H2, se le recubre interiormente de una capa plástica que impermeabilice completamente el neumático, impidiendo la salida de aire.



8.98. Sección de una válvula de un neumático.

Los neumáticos de empleo campestre tienen algunas diferencias con respecto a los de carretera. No sólo a nivel de banda de rodadura, sino en otros detalles. Normalmente necesitan una gran elasticidad, para soportar los continuos baches, por lo que sus perfiles son altos y la anchura entre los talones bastante pequeña, permitiendo una gran deformación de los hombros que ayude a la. suspensión. En estos neumáticos, el taco varía de una especialidad a otra, con tacos grandes y separados para las especialidades más rápidas, como en motocross y enduro, y más pequeños y concentrados en las de trial.

Actualmente, la mayoría de los neumáticos no tienen cámara interior, pero aún en modelos de campo y en los de baja cilindrada se sigue empleando. La cámara está formada por un anillo tórico hueco de goma, que dispone de una válvula que sale al exterior por un hueco en la llanta. Esta cámara se introduce en el espacio que existe entre la llanta y el neumático y se llena de aire hasta la presión de inflado correspondiente. Su principal problema, además del peso suplementario, es que es necesario emplear perfiles altos ya que la cámara requiere secciones más o menos circulares y que cualquier pequeña rotura en su superficie, causada por un elemento exterior, ocasiona la salida del aire

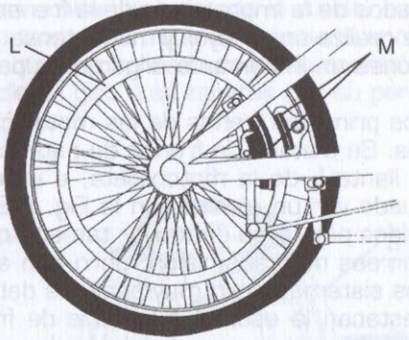
y la pérdida de presión en el neumático, algo que no ocurre en los neumáticos que carecen de cámara, donde un elemento punzante puede quedarse incrustado, de manera que el aire no sale violentamente como en el caso anterior, ya que la única zona que tiene para escapar es la zona entre el objeto extraño y el neumático, que normalmente presiona sobre él.

Las válvulas, que en los neumáticos sin cámara se encuentran ancladas directamente a la llanta, están formadas por un cilindro C sobre el que se intercala una goma G que oficia de válvula y que está empujada por un muelle M, que es ayudado por la presión interior I, de manera que se hace necesaria una presión exterior E mayor que la interior, más la del muelle, para que se abra. En la Fig. 8.98 se detalla una sección de una válvula de este tipo.

Últimamente han aparecido materiales especiales para evitar completamente los pinchazos, compuestos por cámaras macizas de material elástico denominadas "Bib Mousse". En este caso es imposible que se produzca la fuga del aire por la simple razón de que no hay, siendo el neumático completamente macizo, aunque conservando sus características elásticas, sin mayores perjuicios que un aumento del peso total.

7. LOS FRENOS

El sistema de frenos de una motocicleta es uno de los más importantes de la misma. La capacidad de detención del vehículo es imprescindible, hasta el punto de que una motocicleta jamás debe alcanzar una velocidad superior a la que le permitan sus frenos. La posibilidad de detenerse frente a un obstáculo en cualquier condición es imprescindible, sobre todo en la época actual, donde no sólo las velocidades alcanzadas son muy elevadas, sino que las características de trazado y piso de las vías de circulación permiten altos cruceros sin problemas aparentes.



8.99. Freno de patín sobre la rueda de transmisión en una moto de principios de siglo.

Previo al estudio de los frenos, debe conocerse su fundamento físico, el cual está basado en el principio de transformación de la energía. El mismo dice, que ésta ni se crea ni se destruye, sino que se transforma. En el caso de los frenos, la energía cinética que posee el vehículo, debi-

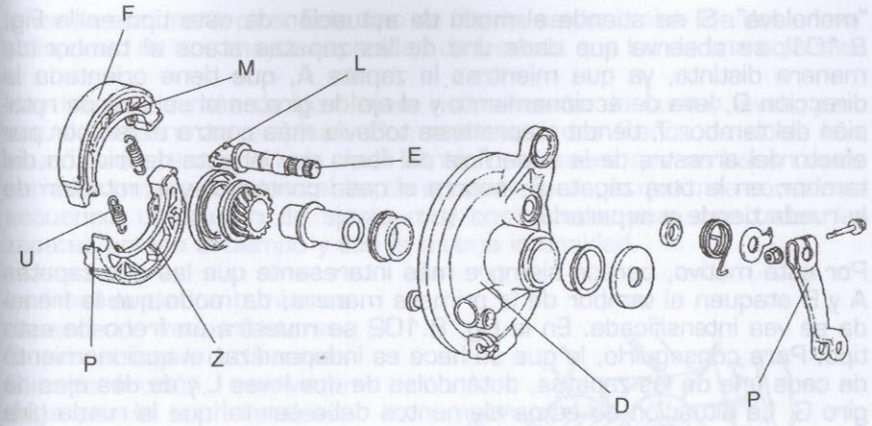
do a su masa y a su velocidad (y a cuyo cuadrado es directamente proporcional), se transforma en energía calorífica, surgida del rozamiento de los elementos de fricción (que no giran) con las correspondientes superficies móviles, solidarias a las ruedas. Es importante conocer este principio, ya que la eficacia de frenado se mantiene, sólo si existe una eficaz disipación del calor generado. También es importante no olvidar, que el trabajo a realizar por los frenos depende, aparte de la masa del vehículo (algo siempre a tener en cuenta, pero de especial importancia en vehículos pesados, muy presentes cuando rodamos con nuestra moto por vías públicas), de la velocidad a la que se circule, pero teniendo presente que influye en proporción exponencial al cuadrado. Es decir, que a 100 km/h la influencia de la velocidad en la frenada no es el doble que a 50 km/h, sino bastante más. Teniendo en cuenta que los cálculos se efectúan midiendo la velocidad en metros / segundo tenemos que a 100 por hora, la velocidad es de 27.77 m/s y a 50 km/h es de 13.88 m/s. Como quiera que la magnitud se determina con su cuadrado, tenemos que a 100 por hora el factor velocidad influye en la frenada: 27.77 · 27.77 = 771.1 mientras que a 50 por hora: 13.88 · 13.88 = 192.65. Se deduce, que el trabajo a realizar por el equipo de frenado es muy superior en el primer caso.

Sin embargo, los frenos se han mantenido sin avances significativos durante muchos años, y en otros periodos, un modelo con graves defectos de frenada era algo común en el mercado. Actualmente sin embargo, tanto el público como los fabricantes están perfectamente concienciados de la importancia de la frenada, y es uno de los puntos en los que se realiza una mayor y más intensa investigación, llegando a ser en ocasiones un importante argumento para la venta del vehículo.

Los primeros frenos de las motocicletas derivaban de los de las bicicletas. Se trataba de frenos de patín con mordazas M que rozaban contra la llanta L de la motocicleta, e incluso contra el propio neumático. Se puede ver un ejemplo en la Fig. 8.99. Éstos fueron rápidamente sustituidos por otros de mayor tamaño que lo hacían sobre las poleas de las correas de transmisión, pero aun así las prestaciones de estos primeros sistemas eran muy escasas debido a varios factores, entre los que destacan la escasa superficie de fricción y la deformación sufrida por sus elementos, que disminuía de manera importante el rendimiento.

En los años 20 comenzaron a ser sustituidos estos frenos por los de expansión interna, conocidos como "tambores", que tuvieron una larga vida, hasta el punto de que aún actualmente se incorporan en vehículos económicos.

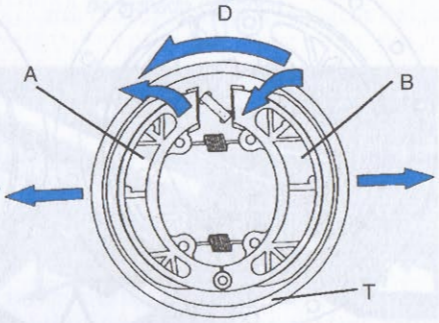
El freno de tambor, en la Fig. 8.100, está compuesto por un cilindro exterior T, denominado tambor, sobre el que se produce la fricción de dos superficies semicirculares Z llamadas "zapatas". Estas zapatas



8.100. Elementos constituyentes de un freno de tambor.

están formadas por una base metálica M, que proporciona la adecuada rigidez, y una cubierta F, denominada "forro", que es la que roza contra la superficie del tambor. Esta fricción se produce cuando una leva L, situada en uno de los extremos de la zapata gira, provocando a su vez el pivotamiento de las dos zapatas alrededor de su punto de anclaje P. La leva es accionada a través de un eje pasante E, que a su vez se mueve por la acción de una palanca P guiada por un cable desde el manillar. Todo el conjunto, a excepción del tambor que gira solidariamente con la rueda, está fijo en una placa D, llamada "plato portazapatas", que se mantiene anclada a la suspensión o a otro elemento que sea solidario con la suspensión, pero no gire con la rueda para impedir su giro. Las zapatas por su parte disponen de un muelle U para que vuelvan a su posición inicial cuando los frenos no se accionen.

El desplazamiento necesario para que la zapata se comprima contra el tambor es bastante pequeño, de modo que el desgaste que se produce en el forro se debe ir eliminando mediante un correcto tensado del sistema, girando la leva de accionamiento.



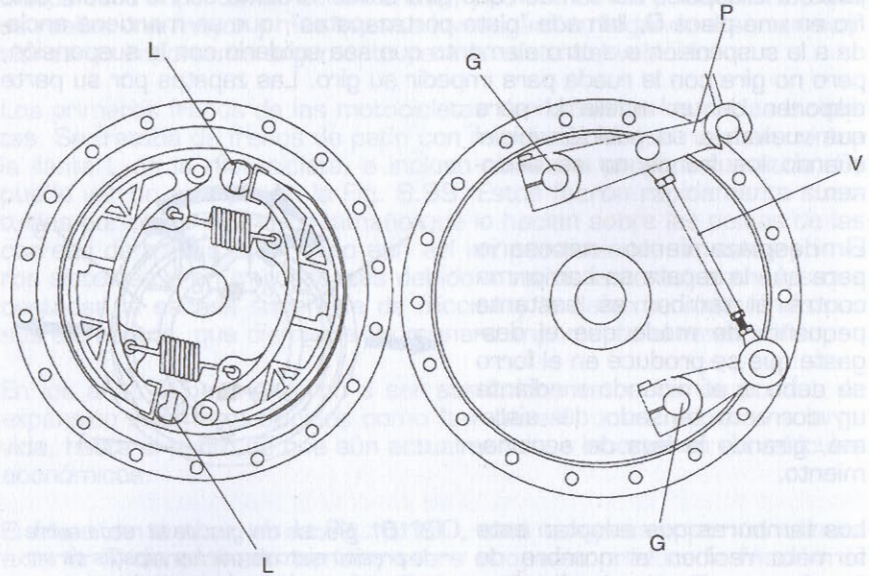
8.101. Efectos del giro de la rueda sobre la presión ejercida por las zapatas de un freno de tambor monoleva.

Los tambores que adoptan este formato reciben el nombre de "tambores de simple leva" o

"monoleva". Si se atiende al modo de actuación de este tipo en la Fig. 8.101, se observa que cada una de las zapatas ataca al tambor de manera distinta, ya que mientras la zapata A, que tiene orientada la dirección D, leva de accionamiento y el eje de giro en el sentido de rotación del tambor T, tiende a apretarse todavía más contra el tambor por efecto del arrastre de la superficie del forro por la pista de fricción del tambor, en la otra zapata B, ocurre el caso contrario, y la rotación de la rueda tiende a separarla.

Por este motivo, parece siempre más interesante que las dos zapatas A y B ataquen al tambor de la primera manera, de modo que la frenada se vea intensificada. En la Fig. 8.102 se muestra un freno de este tipo. Para conseguirlo, lo que se hace es independizar el accionamiento de cada una de las zapatas, dotándolas de dos levas L y de dos ejes de giro G. La situación de estos elementos debe ser tal que la rueda gire desde la leva de accionamiento hasta el eje de giro, por lo que se encuentran los dos accionamientos enfrentados. Esto obliga a contar con dos ejes y con dos palancas.

Para que la frenada sea uniforme, es necesario que las dos zapatas ataquen con la misma intensidad, lo que se logra calibrando el ángulo inicial de cada leva. Para ello, el sistema de accionamiento dispone de un varilla V de longitud variable, que permite, mediante un tornillo ajustar el giro inicial de una leva con respecto a la otra, accionandose posteriormente una sola palanca P desde el manillar o el pedal, y obligando a que

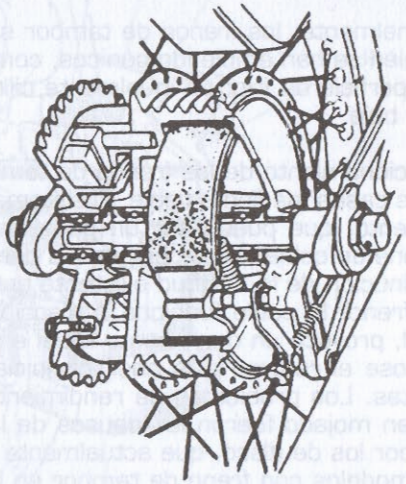


8.102. Freno de tambor de doble leva.

la varilla accione la otra. Este tipo de frenos se denomina "de doble leva" y disponen de una mayor capacidad de frenada que los de una sola leva.

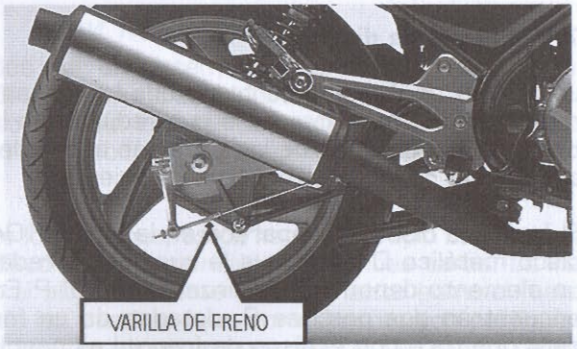
Hay frenos de más de dos levas, normalmente de cuatro levas, pero actualmente no se emplean. Son realmente dos frenos de doble leva situados uno en cada lado de la llanta, de manera que se hacen necesarios un mínimo de dos cables de accionamiento, lo que trae como consecuencia un trabajo de ajuste muy complicado, para que todas las zapatas actúen al tiempo y con la misma intensidad.

La frenada de los tambores depende de varios factores. En primer lugar, de la superficie de fricción, que viene dada por la anchura de la zapata y el diámetro del tambor, en segundo lugar, por el coeficiente de fricción entre la zapata y el metal del tambor, y en tercer lugar, por la presión a que se sometan los dos.



8.103. Frenos de tambor cónico con pista de frenado cilíndrica.

El diámetro del tambor y su anchura están limitados por razones de peso y por el diámetro y anchura de la propia rueda, además de por la temperatura alcanzada. Los tambores se realizan en acero o aluminio, con la superficie de fricción realizada en fundición para evitar desgastes. Al estar en el interior, el calor producido es difícilmente evacuable, a pesar de que a los tambores se les dota de aletas exteriores de refrigeración, y en el interior se puede hacer incidir una corriente de aire a través del plato portazapatas. Esta elevación de la temperatura es causa de una disminu-



8.103 Bis. Sistema de accionamiento del tambor por varilla.

ción del rendimiento, ya que el coeficiente de rozamiento entre la zapata y el tambor disminuye con la temperatura, de modo que puede llegar un momento en que la frenada disminuya ostensiblemente por efecto del calor producido por un uso intenso. Este fenómeno se suele denominar fadding, y es difícil de evitar en los tambores.

Otro de sus problemas es su uso en mojado, ya que el agua se introduce entre la zapata y el tambor, disminuyendo la fricción, y este elemento es difícil de eliminar del interior del tambor, de manera que el rendimiento baja bastante. Como el freno se debe ventilar, no hay forma de evitar la entrada de agua.

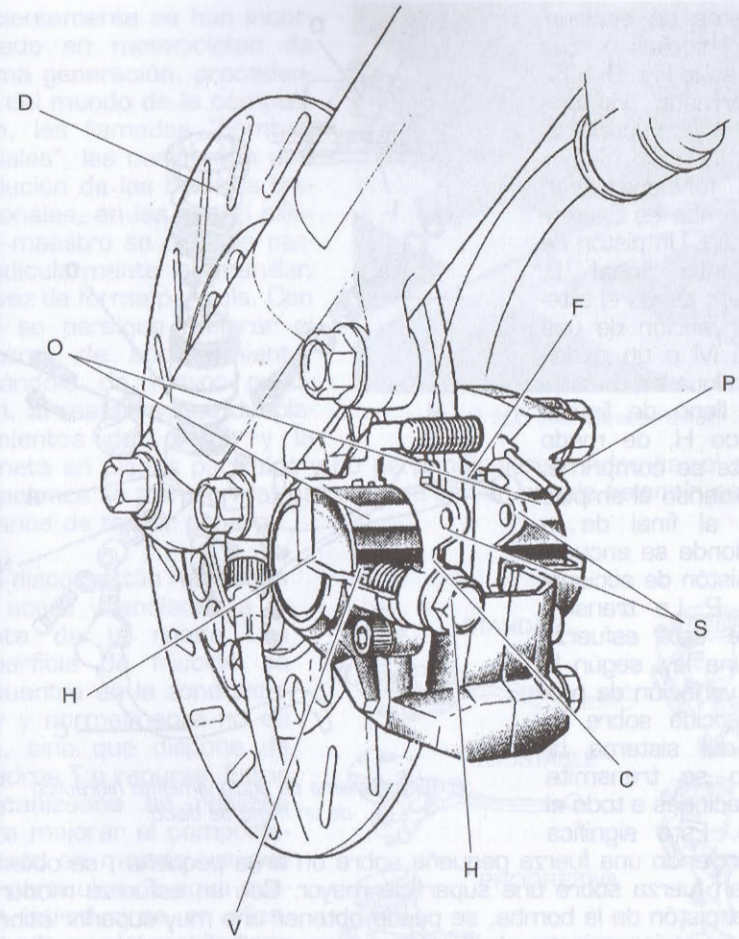
Normalmente, los frenos de tambor son cilíndricos, pero en ocasiones también se han empleado cónicos, como el de la Fig. 8.103 aunque con la superficie de fricción igualmente cilíndrica. Es decir, tan sólo es cónico el buje.

El accionamiento de los frenos de tambor se lleva a cabo en la mayoría de los casos mediante cable. El sistema consta de un elemento de accionamiento, que puede ser un pedal o una maneta, que al ser girado, acciona un cable que se encuentra dentro de una funda, para impedir la disminución de la longitud existente entre el elemento de accionamiento y el freno. El cable funciona a tracción, y al apretarse la maneta o el pedal, provoca un movimiento lineal en la leva de accionamiento, encargándose el retorno a la posición inicial al muelle del que disponen las zapatas. Los problemas de rendimiento con un uso intenso y de fiabilidad en mojado fueron las causas de la sustitución de este tipo de frenos por los de disco, que actualmente son los más empleados. En algunos modelos con freno de tambor en la rueda trasera, se emplea también, como alternativa al sistema de cable, una varilla que une directamente la palanca de freno con la leva de mando del tambor, tal y como se aprecia en la figura 8.103 Bis.

7.1. Frenos de disco

Los frenos de disco, al contrario que los de tambor, tienen un accionamiento totalmente externo, lo que redunda en la mejora de uno de los principales problemas de los sistemas anteriores, el sobrecalentamiento y la pérdida de rendimiento consiguiente.

El freno de disco que aparece en la Fig. 8.104 está formado por un disco metálico D anclado a la rueda R, alrededor del cual se coloca un elemento denominado "pinza de freno" P. En el interior de ésta se encuentran dos pastillas S, dotadas de un forro de fricción F en la cara que toca con el disco de freno. Las pastillas son empujadas por la acción de unos cilindros metálicos denominados "pistones" O, que

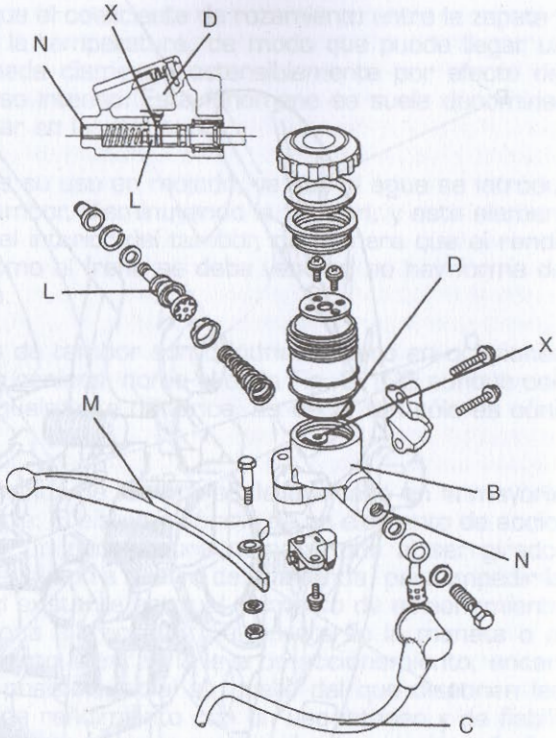


8.104. Freno de disco.

a su vez son accionados por un sistema hidráulico H o un cable en contadas ocasiones. Si el sistema es hidráulico, el circuito interior dispone de un conducto C hacia el exterior, regulado con una válvula V formada por un tornillo hueco H para permitir el purgado del circuito.

Cuando el líquido empuja los pistones, éstos hacen lo propio con las pastillas, de modo que el disco se ve comprimido por ambas caras. La frenada se realiza gracias al alto coeficiente de rozamiento entre el metal del disco y el material de las pastillas, que normalmente son partículas metálicas unidas con fibras o directamente por sinterización desde polvo.

El sistema de accionamiento hidráulico que vemos en la Fig. 8.105, está formado por una bomba B y una canalización C llamada "latiguillo". El funcionamiento de la bomba es bastante sencillo. Un pistón de movimiento lineal L, accionado desde el exterior por acción de una maneta M o un pedal, se introduce en un cilindro N lleno de líquido hidráulico H, de modo que éste se comprime, transmitiendo el empuje sufrido al final de la línea, donde se encuentra el pistón de accionamiento P. La transmisión de este esfuerzo sigue una ley, según la cual la variación de presión ejercida sobre un punto del sistema hidráulico se transmite sin variaciones a todo el circuito. Esto significa que ejerciendo una fuerza pequeña sobre un área pequeña , se obtendrá una gran fuerza sobre una superficie mayor. Con un esfuerzo moderado sobre el pistón de la bomba, se puede obtener uno muy superior sobre el pistón de accionamiento, de modo que las pastillas quedan presionadas contra el disco con una gran fuerza.

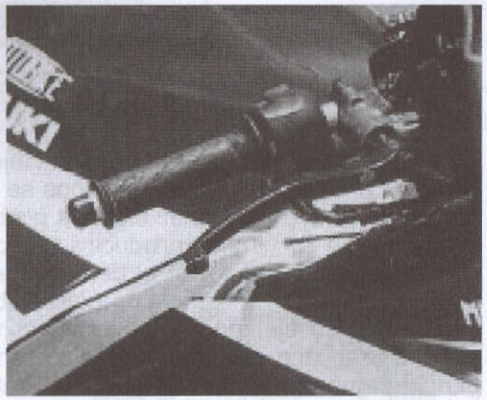


8.105. Sistema de accionamiento hidráulico de un freno de disco.

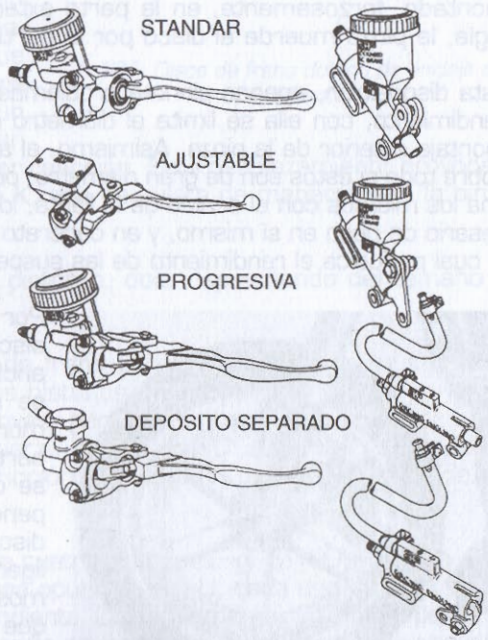
La bomba dispone además de un depósito suplementario de líquido D que impide que por cualquier causa el circuito se quede con menos fluido del necesario. Al retornar a su posición original, la bomba abre la conexión X con el depósito, mientras que, al ser accionada, lo cierra, impidiendo que el líquido vaya al depósito en vez de presionar el circuito.

Sobre esta base hay varios tipos de bomba, según tengan un funcionamiento lineal o progresivo, tengan el depósito integrado en la estructura o no etc... En la Fig. 8.106 se observan varios tipos de bombas de freno, habiendo bastantes variaciones a nivel de detalle que incluyen posibilidad de regulación, distancia de la maneta al manillar y otra serie de accesorios.

Recientemente se han incorporado en motocicletas de última generación, procedentes del mundo de la competición, las llamadas "bombas radiales", las cuales son una evolución de las bombas tradicionales, en las que el cilindro maestro se dispone perpendicularmente al manillar, en vez de forma paralela. Con ello se persigue mejorar el sistema de accionamiento, dotándole de mayor precisión, al realizarse los desplazamientos del pistón y la maneta en planos paralelos y no perpendiculares. Además, el sistema de palanca se transforma, pasando de ser un simple balancín a ser una palanca de tercer género.


8.105 Bis. Bomba radial.

Los discos están realizados en acero y anclados a la llanta de la rueda. Su superficie de fricción se encuentra en la zona exterior y normalmente no es lisa, sino que dispone de taladros T o ranuras. Estos mecanizados se realizan para mejorar el comportamiento en mojado, ya que las partículas de agua pueden introducirse en ellos, dejando que la pastilla roce contra una superficie húmeda, pero sin grandes cantidades de líquido. Un tipo especial de disco es también el denominado "autoventilado", en el cual la superficie de rozamiento está formada por dos placas situadas muy próximas y con un tabicado radial interior. Al girar el disco, el aire introducido en las celdas que componen el tabi-



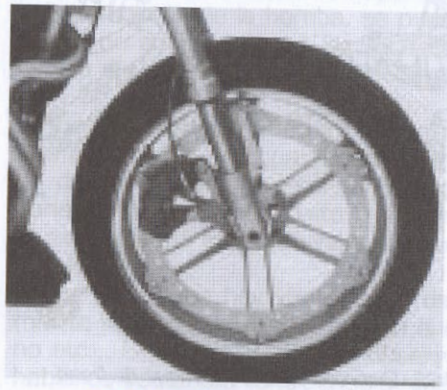
8.106. Distintos tipos de bombas de freno para el tren delantero y trasero.

cado y las paredes del disco, sale por la parte exterior por efecto de la fuerza centrífuga, ocupando su lugar aire fresco situado en la zona central. A alta velocidad esto provoca un movimiento contante de aire desde el interior hasta el exterior, que contribuye a refrigerar el disco.

Otra variedad en los discos es el anclaje flotante, que se observa en la Fig. 8.107. Normalmente los discos se sujetan de forma fija a la rueda, pero esto puede ocasionar algunos problemas. Si el disco está un poco doblado, con su giro se producirá un roce con las pastillas, que tenderá a separarlas del disco, al tiempo que provoca un cierto esfuerzo de frenada. Si el disco tiene una cierta libertad de desplazamiento en el sentido de su eje, podrá moverse, eliminando el problema. Para que esto se produzca, la superficie de rozamiento del disco R se instala independientemente del anclaje sobre la llanta, intercalando unos cilindros C que se apoyan en ambas superficies y que permiten el desplazamiento de la pista. Esto permite además realizar la superficie interior I en materiales ligeros, disminuyendo el peso del conjunto.

Hasta ahora, el anclaje de los discos de freno a la llanta, se lleva a cabo por la parte interior de ambos elementos, disponiéndose por tanto la pinza, de tal forma que el puente que une el anclaje de sus pastillas está montado, forzosamente, en la parte exterior. Empleando otra terminología, la pinza muerde al disco por la parte exterior del mismo.

Esta disposición, apenas plantea problemas, si bien, buscando el máximo rendimiento, con ella se limita el diámetro máximo de los discos, dado el montaje exterior de la pinza. Asimismo, el anclaje de los discos a la llanta, sobre todo si éstos son de gran diámetro, obliga a disponer un soporte que una los mismos con el centro de la llanta, lo cual supone un aumento innecesario de peso en sí mismo, y en concreto de las masas no suspendidas, lo cual perjudica el rendimiento de las suspensiones.



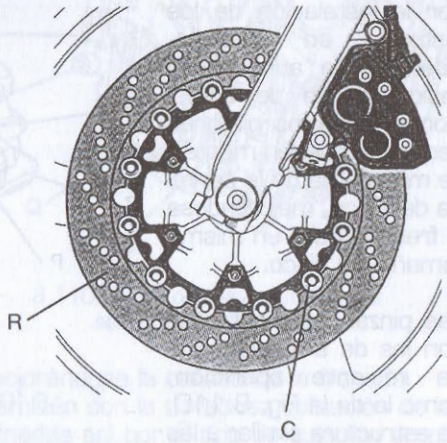
8.106 Bis. Disco perimetral.

Por ello, se disponen los llamados discos perimetrales, en los que el anclaje de los mismos a la llanta se realiza por su parte exterior, mordiendo la pinza al disco por la parte interior del mismo. Con ello se disminuyen las masas no suspendidas, ya que el anclaje de los discos a la rueda es mucho más ligero, al estar mucho más próximos ambos elementos, al tiempo que se permite incrementar el diámetro del disco, para una misma medida de llanta. Como se aprecia, la disposición de estos discos

mejora el rendimiento de los sistemas de frenado, suspensión y amortiguación, por lo que ya es empleado por algún modelo minoritario.

Las pinzas estudiadas disponen de dos pistones opuestos para permitir un correcto presionamiento de las pastillas contra el disco, pero este tipo no es el único .

El segundo gran grupo de pinzas está formado por las pinzas "flotantes" con uno o dos pistones situados en el mismo lado, como la de la Fig. 8.108. En este caso, la pinza debe instalarse de manera que su desplazamiento perpendicular al disco sea posible, para lo que normalmente se coloca una pieza intermedia I entre el anclaje a la parte fija del chasis A y la propia pinza Z. En este caso, el desplazamiento del pistón provoca dos efectos. Por una parte, el presionamiento de la pastilla P que está situada junto a él contra el disco D, pero también, un desplazamiento de la pinza en sentido opuesto, originado por reacción. Este desplazamiento provoca la acción de la segunda pastilla K, que se sujeta de manera fija a la pinza, contra el disco de freno.



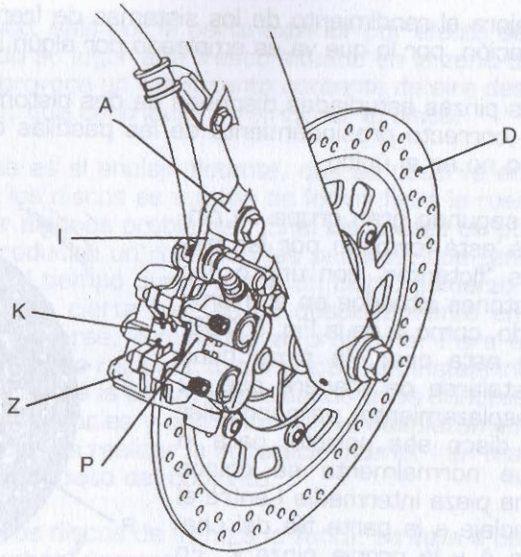
8.107. Disco de freno dotado de anclaje de tipo "flotante".

Puede incorporarse un solo pistón o, dos, dependiendo del tamaño de la pastilla.

Otras variedades de pinzas de freno son las de pistones múltiples. La mayoría son de uno o de dos pistones, bien opuestos o bien paralelos, pero en motocicletas deportivas, para aumentar la capacidad de frenada al permitir un mayor esfuerzo en una mayor superficie, y por tanto, aumentar la superficie de fricción, se instalan pinzas con más de dos pistones.

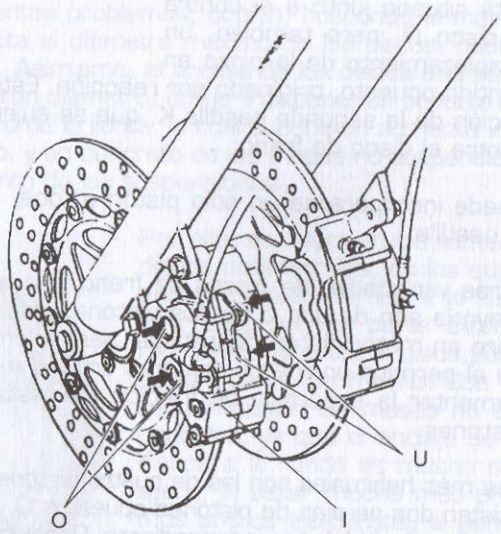
Las más habituales son las de cuatro pistones (Fig. 8.109). En este caso, existen dos parejas de pistones opuestos O y U, cada uno de ellos con su canalización hidráulica independiente. Ocasionalmente, el tamaño de los pistones es diferente en cada pareja opuesta, siendo un poco más pequeños los que se encuentran en la parte de las pastillas donde el disco ataca en primer lugar I, con el fin de modular la presión de la pastilla, que en ese

punto es arrastrada por el disco, tal y como sucedía con las zapatas de los frenos de tambor. De este modo, se puede aumentar la superficie de la pastilla, sin perder presión por la instalación de los pistones en paralelo. Además, se aumenta el radio efectivo de actuación, ya que los pistones pequeños pueden montarse más cerca de la periferia del disco, mejorándose la frenada para un mismo tamaño del disco.



8.108. Freno de disco con pinza de dos pistones paralelos.

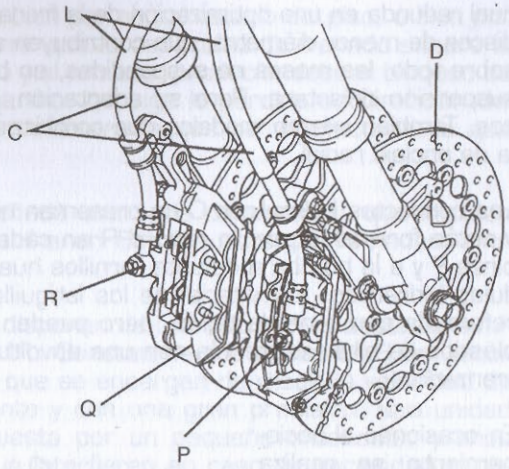
Las pinzas más potentes son las de seis pistones, de reciente aparición, como la de la Fig. 8.110, de estructura similar a las de cuatro pistones, pero que aumentan todavía más la capacidad de frenada, al disponer de unas pastillas P de mayor tamaño. No hay diferencias apreciables de construcción, pero las pastillas pueden realizarse de una sola pieza, o de varias, para permitir un correcto alineamiento con respecto al disco D, que es el mayor problema que pueden sufrir este tipo de pinzas de gran tamaño.



8.109. Freno de disco con pinzas de cuatro pistones opustos.

Actualmente, en motos de altas prestaciones super deportivas, se está consolidando el empleo de las llamadas "pinzas monobloc". Realizadas a partir de una pieza única y no de

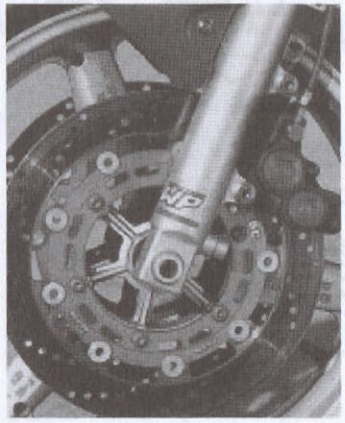
dos mitades ensambladas (atornilladas), disponen de unos registros laterales para el acceso a los émbolos.



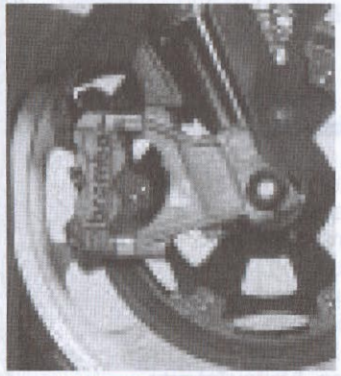
8.110. Freno de disco con pinza de seis pistones opuestos.

Proporcionan una gran rigidez, al estar fabricadas de una sola pieza, amén de una mejor transmisión de la presión, al no existir uniones entre conductos, en las que pueden formarse escalones o rebabas, que distorsionen la citada transmisión de presión.

Por otra parte, al no estar tan expuestas a torsiones, consiguen un mejor acoplamiento de la pastilla al disco, mejorándose la calidad de la frenada. Esta tecnología se complementa también con la novedosa utilización de las llamadas "pinzas radiales", denominadas así por el tipo de sujeción empleada para su fijación a la horquilla. Empleadas hasta hace poco sólo en competición, sus pernos de anclaje a la horquilla están dispuestos perpendicularmente respecto al anclaje tradicional, en el que dichos pernos son paralelos a los pistones. Con ello se consigue mejorar la rigidez del conjunto, lo



8.110 Bis. Pinza monoblock.



8.110 Tris. Pinza radial.

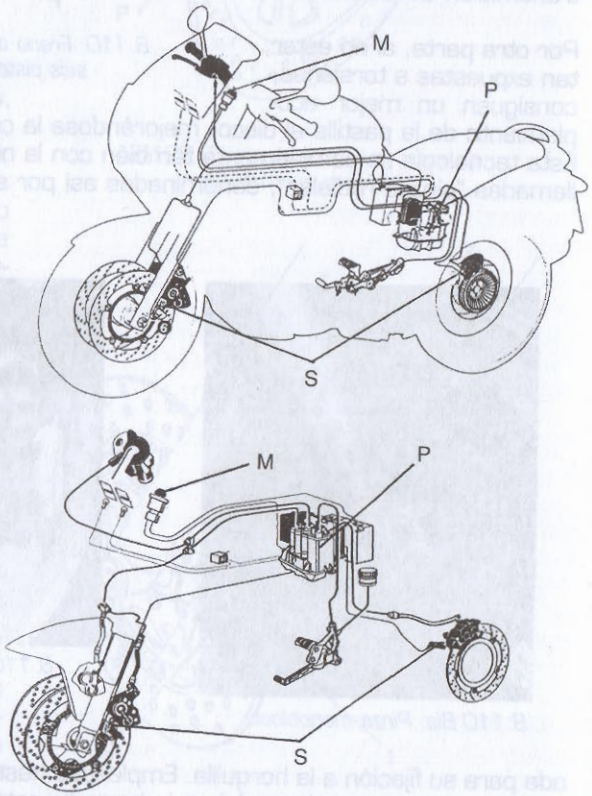
cual redunda en una optimización de la frenada. Ello permite el montaje de discos de menor diámetro, que contribuyen a reducir el peso de la moto, y sobre todo, las masas no suspendidas, en beneficio de la respuesta de la suspensión delantera. Para su adaptación, precisan de anclajes específicos. Tambien existen modelos que combinan la tecnología monoblock con la de anclaje radial.

Los conductos hidráulicos C no presentan ninguna característica especial y están formados por un racord R en cada extremo, que se sujeta a la pinza P y a la bomba mediante tornillos huecos que permiten el paso del fluido hidráulico. El material de los latiguillos L es habitualmente goma reforzada con hilos de tejido, pero pueden estar realizados también en plástico de alta resistencia con una envoltura exterior de hilos de acero trenzado.

En ocasiones el accionamiento se realiza por medio de un cable, pero este sistema se emplea poco y tan sólo en motocicletas de bajas prestaciones. En este caso, es un cable el que presiona el pistón a través de un balancín, con un muelle de retorno.

7.2. Sistemas antibloqueo

Los sistemas de frenos actuales disponen de una gran potencia, lo que ha llevado a otro problema, la dosificación y la posibilidad del bloqueo de las ruedas. Normalmente, en superficies adherentes, la capacidad de frenado de las motos es similar a la adherencia disponible, pero a baja velocidad o, sobre todo, en terrenos

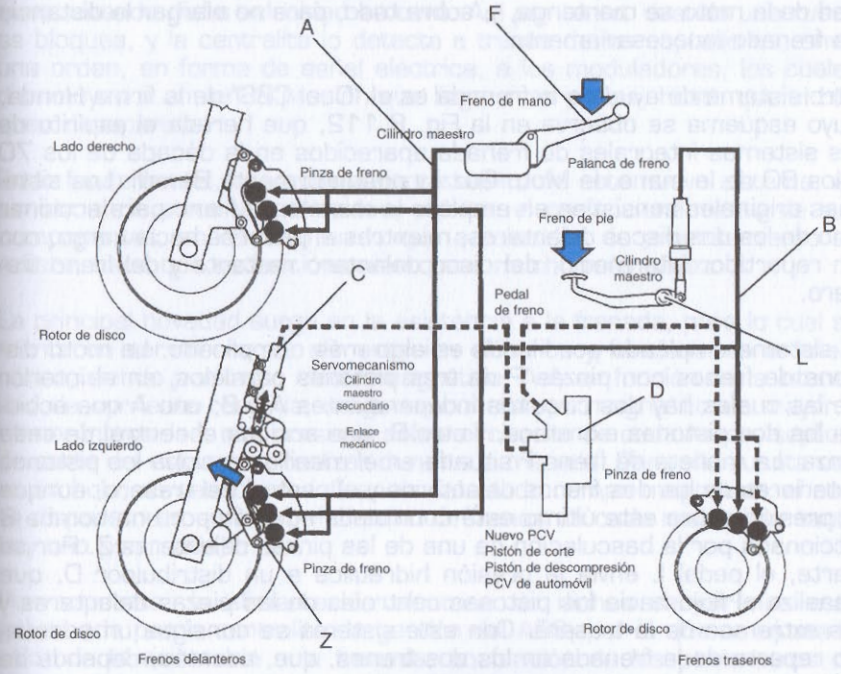


8.111. Estructura de sistemas ABS de motocicletas BMW.

cuya adherencia es más baja, bien por el mal estado del piso, o bien por causa de la lluvia, puede ocurrir que la capacidad de frenado supere la adherencia entre el neumático y el terreno, produciéndose el bloqueo de las ruedas. Esta circunstancia trae consigo la pérdida de dirección del vehículo, sobre todo si es la delantera la que se ve afectada, lo que puede acabar en una caída.

Para evitar esto, se han diseñado una serie de sistemas que impiden que las ruedas se bloqueen al frenar. Son los sistemas llamados "antibloqueo" o ABS.

En general los sistemas ABS disponen de una estructura bastante similar como muestra la Fig. 8.111. Constan de dos sensores S de velocidad instalados en las ruedas que se encargan de medir la velocidad de cada rueda independientemente y con una gran precisión, una unidad central de mando M, compuesta por un pequeño ordenador, y unos moduladores de presión P que interfieren en caso de necesidad el circuito de frenos de la motocicleta.



8.112. Estructura del sistema CBS-Dual de una motocicleta Honda.

Los sensores están compuestos por captadores magnéticos que miden los resaltes de unas ruedas dentadas acopladas a las ruedas. Normalmente

disponen de una gran precisión y una velocidad de lectura de milésimas de segundo. La unidad central dispone de una programación interior, que decide la operación a realizar, basándose en los datos de deceleración enviados por los sensores. Si la deceleración del giro de la rueda es mayor de la establecida como máxima, la unidad central ordena activar el sistema hasta que ésta vuelva a estar dentro de los límites.

Los moduladores pueden ser de varios tipos, pero todos funcionan dirigidos por motores eléctricos accionados desde la unidad central. Hay varios sistemas; unos interrumpen el circuito de frenada, disminuyendo la presión sobre la pinza y volviendo a abrirlo cuando los valores vuelven a ser correctos, y otros más avanzados son capaces de mantener, aumentar y disminuir la presión de frenado, desde los valores iniciales hasta cero, dependiendo de las órdenes dadas. Para ello, disponen de varios moduladores y circuitos independientes. Actualmente existen sistemas ABS en BMW, Honda y Yamaha, con un funcionamiento más o menos similar y una estructura idéntica. Hay que tener en cuenta que estos sistemas deben ser muy rápidos y precisos para que la estabilidad de la moto se mantenga, y, sobre todo, para no alargar la distancia de frenado innecesariamente.

Otro sistema de ayuda a la frenada es el "Dual CBS" de la firma Honda, cuyo esquema se observa en la Fig. 8.112, que hereda el espíritu de los sistemas integrales de frenada aparecidos en la década de los 70 y los 80 de la mano de Moto Guzzi y posteriormente Benelli. Los sistemas originales consistían en emplear la maneta de freno para accionar uno de los dos discos delanteros, mientras el pedal se hacía cargo, con un repartidor intermedio, del disco delantero restante y del freno trasero.

El sistema empleado por Honda es algo más complicado. La moto dispone de frenos con pinzas P de tres pistones paralelos, en el interior de las cuales hay dos circuitos independientes A y B; uno A que acciona los dos pistones extremos, y otro B, que acciona el central de cada pinza. La maneta de freno F situada en el manillar acciona los pistones exteriores de los dos frenos delanteros y el central del trasero, aunque la presión sobre este último está controlada además por una bomba B accionada por la basculación de una de las pinzas delanteras Z. Por su parte, el pedal L envía la presión hidráulica a un distribuidor D, que canaliza el flujo hacia los pistones centrales de las pinzas delanteras y los extremos de la trasera. Con este sistema se consigue un adecuado reparto de la frenada en los dos trenes, que, además, depende de ciertas circunstancias como la potencia con que se frene con cada mando.

7.3. Sistema ABS BMW 3ª generación

Recientemente ha salido al mercado un nuevo sistema de frenos, en el que se unen el accionamiento integral de los mismos, con diversos matices respecto a los sistemas ya conocidos, con el sistema antibloqueo, en su versión más perfeccionada. A los mismos se les suma, por primera vez en una motocicleta, un dispositivo de asistencia a la frenada, también conocido como servofreno, que reduce el esfuerzo a realizar durante la misma, sin que por ello se vea afectada la potencia de frenado.

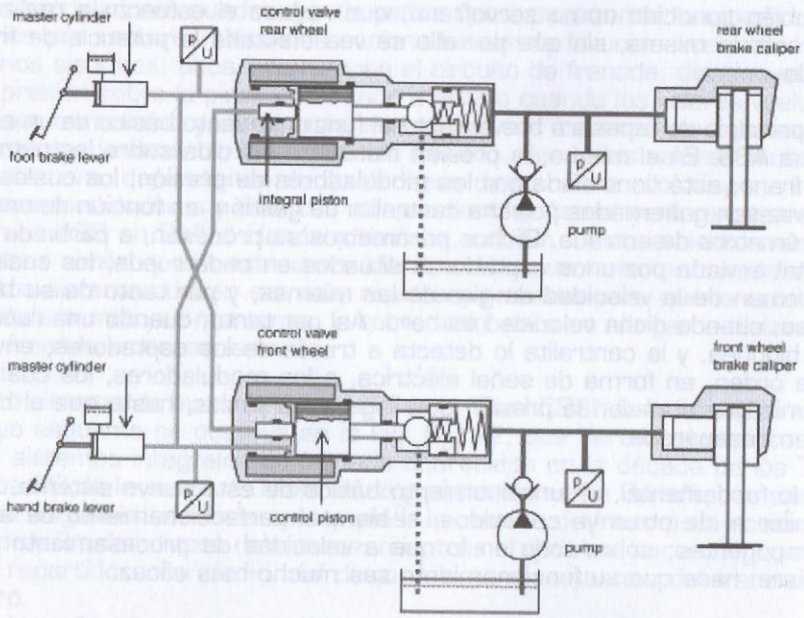
En principio se repasará brevemente el funcionamiento básico de un sistema ABS. En el mismo, la presión hidraúlica ejercida sobre las pinzas de freno, está controlada por los moduladores de presión, los cuales a su vez son gobernados por una centralita de gestión, en función de unos parámetros de entrada. Dichos parámetros se procesan, a partir de la señal enviada por unos captadores situados en cada rueda, los cuales informan de la velocidad de giro de las mismas, y por tanto de su bloqueo, cuando dicha velocidad es cero. Así por tanto, cuando una rueda se bloquea, y la centralita lo detecta a través de los captadores, envía una orden, en forma de señal eléctrica, a los moduladores, los cuales disminuyen o anulan la presión que llega a las pinzas, hasta que el bloqueo desaparece.

En lo fundamental, el funcionamiento básico de este nuevo sistema, es similar al de otros ya conocidos, si bien, el perfeccionamiento de sus componentes, sobre todo en lo que a velocidad de procesamiento se refiere, hace que su funcionamiento sea mucho más eficaz.

La principal novedad surge en la asistencia a la frenada, para lo cual se monta un servofreno de alimentación eléctrica y funcionamiento magnético, siendo por tanto electromagnético. Así, en función de la intensidad de corriente recibida, se genera un campo magnético de mayor o menor intensidad, que presiona sobre el circuito de cada rueda, supliendo parte del esfuerzo a realizar durante la frenada. Para ello cuenta con un émbolo, sometido a la influencia del citado campo magnético, el cual va dispuesto en serie en el circuito de frenos de cada rueda (por tanto hay uno por rueda).

Por supuesto, la alimentación eléctrica de dichos servofrenos está gobernada por la centralita de gestión del ABS, por lo que se ajusta el valor de la asistencia a la frenada, en función de los parámetros de entrada que llegan a la centralita. Para ello, aparte de los habituales captadores electromagnéticos de velocidad, presentes en todos los sistemas ABS para informar a la centralita de la velocidad de las ruedas, se disponen cuatro captadores de presión, uno para cada mando (maneta y pedal) y uno para el circuito de cada rueda. Se obtiene así

información de la presión existente en dichos puntos del sistema. Con dicha información, la centralita puede ajustar eficazmente el nivel de asistencia de la frenada en cada rueda, en función de la presión ejercida sobre cada mando y de la adherencia de cada rueda. Al mismo tiempo, puede variar el reparto de frenada a cada rueda, al ser un sistema integral, modificando el nivel de asistencia de cada servofreno.



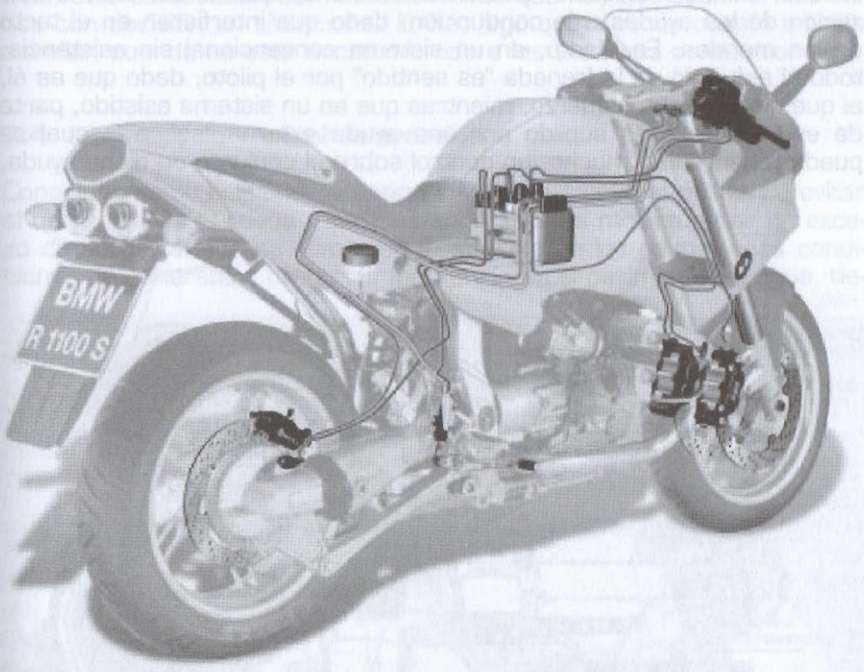
8.112 A. Disposición esquemática de los diversos componentes.

Independientemente de ello y como complemento al sistema, se produce una intercomunicación entre los conductos de freno de cada rueda, de tal forma que con un mando (maneta o pedal) se accionan simultáneamente los circuitos de freno de cada rueda, si bien existen dos versiones diferentes:

- Sistema integral. En este caso, tal como se ha descrito anteriormente, con cualquier mando se accionan ambos frenos a la vez. El reparto de la presión lo efectúa la centralita a partir de unos valores prefijados, en los que prevalece el equilibrio en ambas ruedas, por lo que se emplea en modelos de concepción netamente turística, en los que su peso es muy elevado y se concentra en mayor medida sobre la rueda trasera, cuando se aprovechan sus posibilidades de carga.
- Sistema semiintegral. En el que la maneta de freno (ya no se puede hablar de maneta de freno delantero), acciona tanto el freno de la

rueda delantera como el de la trasera, con un reparto inicial de frenada en el que prevalece más la presión ejercida sobre el delantero, que sobre el trasero, si bien como se ha dicho, varía en función de la adherencia y la presión ejercida. En el sistema integral original, dicho reparto está más equilibrado entre ambas ruedas.

La principal diferencia con el sistema completamente integral, estriba en que el pedal de freno sólo actúa sobre el disco trasero y no sobre los frenos de ambas ruedas. Ello permite su utilización en modelos más deportivos, al obtenerse sensaciones parecidas a la disposición clásica de los frenos en las motocicletas, en la que, como es sabido, la maneta actúa solamente sobre el freno delantero y el pedal ejerce su acción exclusivamente sobre el trasero.



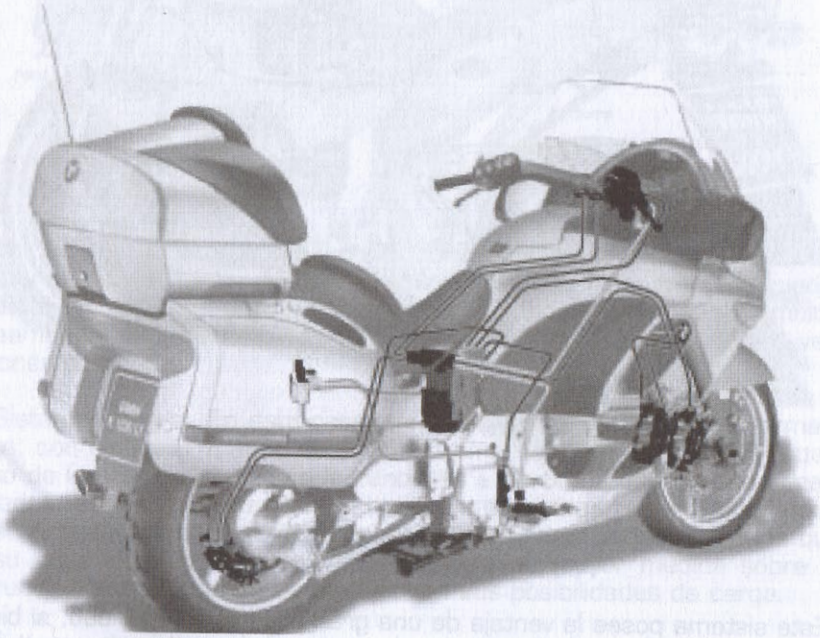
8.112 B. Disposición de los elementos que constituyen el sistema ABS 3ª generación sistema semintegral.

Este sistema posee la ventaja de una gran eficacia y seguridad, si bien, requiere de un periodo de adaptación al tacto proporcionado por el servofreno. Otro inconveniente propio de la adopción del servofreno es, que

en caso de avería del mismo, la presión a ejercer sobre los mandos de freno es muy alta, sobre todo en relación al tacto a que se está acostumbrado, por lo que la conducción es muy delicada e incluso peligrosa.

En general, la adopción de servofreno en el circuito de frenado de un vehículo, no supone una mejora de la eficacia de frenado, la cual depende, en última instancia, de la adherencia de los neumáticos. La mejora viene del mayor agrado de utilización del vehículo, al incrementarse la suavidad de los mandos, así como de la disminución de los efectos negativos del tiempo de reacción, en caso de presentarse una situación de emergencia, en la que se deba exigir la máxima capacidad de frenada. A gran velocidad, esas fracciones de segundo que se tarda en incrementar la presión en el circuito, hasta alcanzar su máximo valor, puede suponer la diferencia entre evitar o no una colisión.

Incluso, siendo minucioso, existen conductores que no admiten la utilización de las ayudas a la conducción, dado que interfieren en el tacto de los mandos. En efecto, en un sistema convencional sin asistencia, todo el esfuerzo de la frenada "es sentido" por el piloto, dado que es él, el que ejerce dicho esfuerzo, mientras que en un sistema asistido, parte de ese esfuerzo es suplido por una ayuda externa, sobre la cual se puede tener, como mucho, un control sobre el conjunto de dicha ayuda.



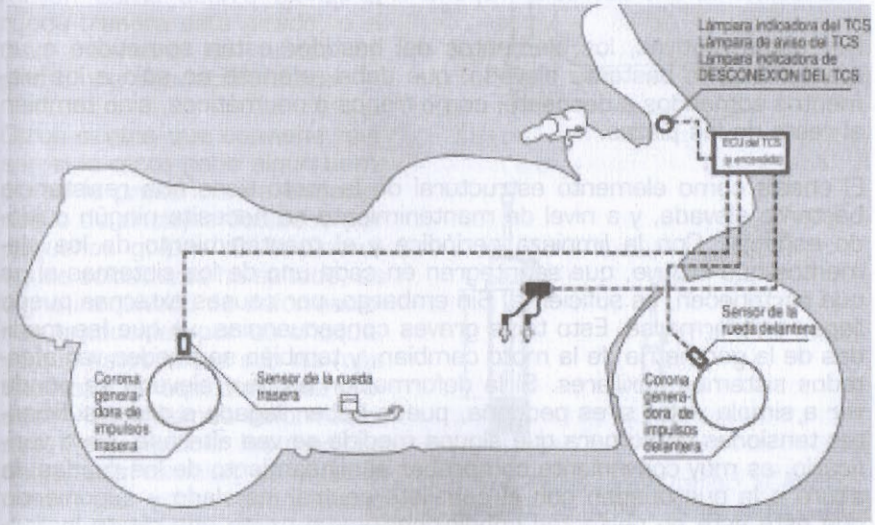
8.112 C. Sistema integral.

Es algo comparable al descenso de una rampa, en la que se intercala un gran escalón; al bajar el mismo, se supera una gran parte de la rampa, pero no se tiene control sobre esa parte, ya que el escalón se baja de golpe. Algo similar ocurre en el caso que nos ocupa, ya que el piloto sólo controla la parte de la frenada que corresponde al esfuerzo ejercido por él.

No obstante, teniendo en cuenta que una centralita decide por el piloto, puede resultar pretencioso afirmar que el servofreno hace perder tacto, cuando gran parte del mismo ya se ha perdido con la incorporación de la electrónica. Ello no significa que este sistema no sea un adelanto, sino al contrario, pues una vez acostumbrados a su tacto peculiar, la centralita deja libertad de actuación hasta que detecta una situación irregular, en la cual siempre realiza su misión mejor que el piloto, añadiendo un plus de seguridad, que evita muchos accidentes. Con estos sistemas, sólo es cuestión de mentalizarse de que hay que accionar los frenos con decisión en situaciones límite, algo que a veces cuesta trabajo asimilar, cuando se está acostumbrado a los sistemas convencionales.

7.4. Sistemas de control de tracción

Conocidos como dispositivos antipatinamiento, tienen la misión de evitar el derrapaje de la rueda motriz, cuando éste es motivado por un exceso de carga, al que se suma, en la mayoría de los casos, unas condiciones de adherencia precarias (presencia en el pavimento de agua, tie-



8.112 D. Disposición de los diversos componentes de un sistema antipatinamiento.

rra, aceite, etc,). Utiliza los sensores del ABS, para, al detectar un aumento de velocidad en la rueda trasera (la motriz en motocicletas), con respecto a la delantera, actuar sobre el encendido y/o la alimentación del motor, disminuyendo el par motor, hasta que se restablecen las condiciones normales de rodadura.

La firma Honda, denomina como TCS a su sistema antipatinamiento, y en él, se actúa sobre el avance al encendido, reduciéndolo hasta que cesa la pérdida de tracción. Es un sistema de gran utilidad en motocicletas de gran turismo, en las que, dado su alto peso, se hace difícil controlar un derrapaje como el que por ejemplo se presenta tras superar un gran charco de agua, en el que, como consecuencia de la falta súbita de adherencia, la rueda motriz se embala, provocando dicho derrapaje cuando se restablecen las condiciones normales de adherencia.

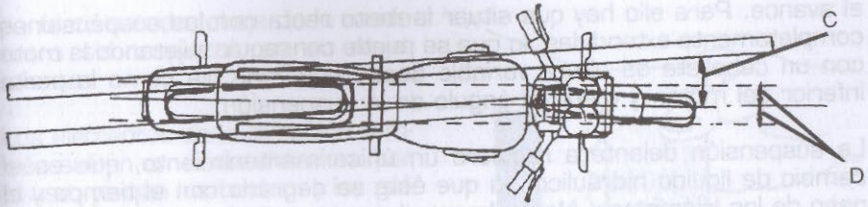
8. AVERIAS Y MANTENIMIENTO

El bastidor es la parte de la moto que está más expuesta al exterior, por lo que sus componentes suelen ser en la mayoría de los casos los más afectados por las caídas y accidentes, y en muchas ocasiones los que sufren un mayor desgaste por causa de las condiciones exteriores y también de los esfuerzos que deben soportar.

Tanto las suspensiones como elementos de los frenos o el mismo chasis deben sufrir la acción de baches inesperados, golpes y choques, y habitualmente una actuación repentina y rápida.

Por estos motivos, los elementos del bastidor están sometidos a un mantenimiento bastante elevado, que debe referirse no sólo a los elementos sometidos a desgaste, como frenos o neumáticos, sino también al resto de las piezas.

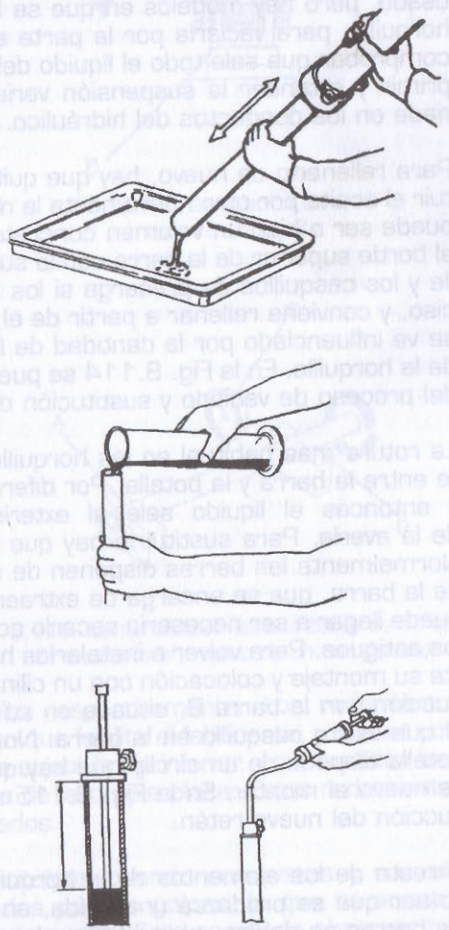
El chasis como elemento estructural de la moto tiene una resistencia bastante elevada, y a nivel de mantenimiento no necesita ningún cuidado especial. Con la limpieza periódica y el mantenimiento de los elementos que incluye, que se integran en cada uno de los sistemas a los que pertenecen, es suficiente. Sin embargo, por causas externas puede llegar a deformarse. Esto tiene graves consecuencias, ya que las medidas de la geometría de la moto cambian, y también se pueden ver afectados sistemas auxiliares. Si la deformación es muy elevada se puede ver a simple vista; si es pequeña, puede haber llegado a crear suficientes tensiones como para que alguna medida se vea alterada. Para verificarlo, es muy conveniente comprobar el alineamiento de las ruedas, la altura a la que quedan con el caballete central instalado —suponiendo que éste esté en perfectas condiciones— y si existe una cierta inclinación de las ruedas.



8.113. Comprobación del alineamiento de las ruedas.

Para controlar el alineamiento de las ruedas, se debe colocar la moto con la rueda delantera recta y con un larguero metálico o una cuerda con una longitud suficiente para comprobar que la rueda delantera está centrada con la trasera, midiendo la distancia por cada lado, tal y como se puede apreciar en la Fig. 8.113. La distancia del centro de la rueda delantera al larguero o la cuerda debe ser igual por ambos lados como indica la letra C. Si uno de los lados tiene una separación mayor, como ocurre en D, la rueda trasera está girada, o el tren delantero ha sufrido un giro o una desviación lateral.

Otros puntos que conviene revisar si la moto tiene algún tiempo es la presencia de oxidaciones o de anclajes doblados por pequeños golpes. Si la pintura en las soldaduras ha saltado, es signo inequívoco de deformaciones producidas por un choque, ya que estas zonas son las más débiles, y es aquí donde se producen las máximas deformaciones. Para verificar las medidas del chasis también se pueden medir las cotas geométricas dadas por el fabricante, normalmente el ángulo de dirección y



8.114. Pasos para el cambio del líquido hidráulico de un horquilla de suspensión delantera, midiendo tanto el volumen del líquido como su altura final.

el avance. Para ello hay que situar la moto recta con las suspensiones completamente extendidas, lo que se puede conseguir sujetando la moto con un caballete de altura variable desde una zona fija como la parte inferior del motor, y medir el ángulo de la suspensión.

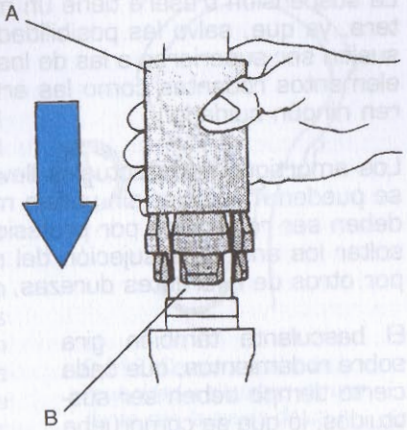
La suspensión delantera requiere un único mantenimiento, que es el cambio de líquido hidráulico, ya que éste se degrada con el tiempo y el paso de los kilómetros. Normalmente las motos vienen preparadas con un tornillo inferior de drenaje, que posibilita la extracción del aceite usado, pero hay modelos en que se hace necesaria la extracción de la horquilla, para vaciarla por la parte superior. En ambos casos hay que comprobar que sale todo el líquido del interior, para lo que hay que comprimir y extender la suspensión varias veces, de modo que no quede nada en los conductos del hidráulico.

Para rellenarlo de nuevo, hay que quitar los tapones superiores y sustituir el aceite por otro nuevo hasta la medida dada por el fabricante. Esta puede ser o bien un volumen concreto, o bien una altura medida desde el borde superior de la barra con la suspensión comprimida y sin el muelle y los casquillos de precarga si los hay. Este último dato es más preciso, y conviene rellenar a partir de él, más que por el del volumen, que se ve influenciado por la cantidad de líquido que se queda en el interior de la horquilla. En la Fig. 8.114 se pueden observar los diferentes pasos del proceso de vaciado y sustitución del aceite hidráulico.

La rotura más habitual en las horquillas delanteras es el retén existente entre la barra y la botella. Por diferentes causas puede deteriorarse, y entonces el líquido sale al exterior. Esta es la señal inequívoca de la avería. Para sustituirlo hay que desmontar la horquilla y sacarlo. Normalmente las barras disponen de un casquillo antifricción en el final de la barra, que se encarga de extraer el retén al forzar su salida, pero puede llegar a ser necesario sacarlo con posterioridad en algunos modelos antiguos. Para volver a instalarlos hay que dotarlos de grasa que facilite su montaje y colocación con un cilindro hueco A que permita su introducción con la barra B, situada en su posición definitiva, en el caso en el que exista casquillo en la barra. Normalmente, para fijar el retén, la botella dispone de un circlip que hay que extraer previamente y colocar de nuevo al montar. En la Fig. 8.115 se puede ver el sistema de introducción del nuevo retén.

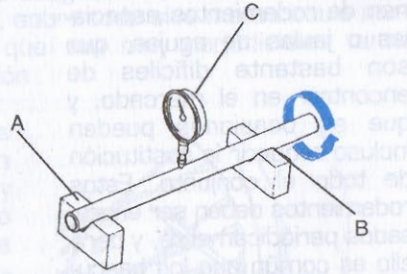
El resto de los elementos de la horquilla no suelen sufrir deterioros, a no ser que se produzca una caída, en cuyo caso es bastante fácil que las barras se doblen, al igual que elementos como las tijas de soporte. Para comprobar si la barra está doblada se la puede hacer girar apoyada sobre dos puntos extremos A y B, y controlar con un comparador C la excentricidad de la rotación, tal y como muestra la Fig. 8.116. Las tijas se comprueban simplemente verificando que, con unas barras en

perfecto estado, el eje de la rueda entra sin tropiezos en su alojamiento.



8.115. Instalación de un reten de horquilla.

Los elementos de la dirección también sufren un cierto deterioro por el uso, ya que los baches y los golpes acaban dañando los rodamientos sobre los que giran las tijas. Hay que comprobar cada cierto tiempo el apriete de la dirección. Si éste es excesivo, la dirección se queda agarrotada y gira por pasos, lo que provoca imprecisiones y las curvas se abordan irregularmente, con un trazado que normalmente se denomina "a tijera". Si por el contrario la dirección está suelta, los rodamientos de la dirección sufren golpes y además la moto suele experimentar movimientos de dirección. Para comprobar si la dirección está suelta, una primera inspección se puede realizar dejando la rueda delantera en el aire, y girando con la mano la dirección desde la rueda. Sin un golpe excesivamente fuerte, la dirección debe llegar al final y rebotar ligeramente. Si no lo hace, lo hará de manera forzada, o si el rebote es excesivo y vuelve rápidamente al otro tope, es señal de que el eje de la dirección está demasiado apretado o suelto respectivamente. Los rodamientos deben tener un preapriete concreto que facilita el fabricante, y que se consigue actuando sobre la tuerca que sujeta la tija inferior, y que se sitúa bajo la placa superior, y sobre la tuerca de la propia placa. Estos rodamientos deben estar siempre bien engrasados.



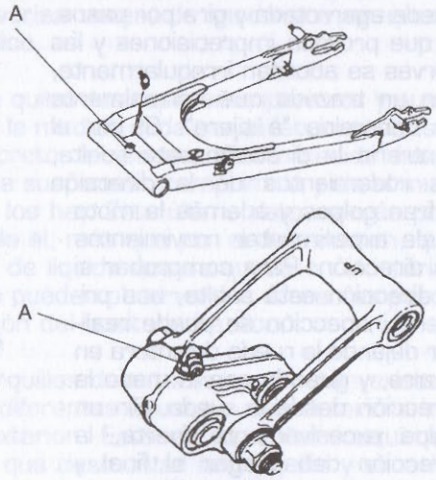
8.116. Comprobación de una barra de horquilla mediante el empleo de un comparador.

Los rodamientos deben ser sustituidos cuando sus pistas y sus elementos rodantes quedan marcados por los golpes, lo que se acentúa cuando la dirección está demasiado suelta. Esto se puede observar con facilidad por el giro escalonado de la dirección, que no mantiene una velocidad constante sino que gira a pequeños tirones. En este caso, se debe sustituir el conjunto completo de rodamientos, con las pistas insertadas en la pipa de la dirección incluidas.

La suspensión trasera tiene un mantenimiento aún menor que la delantera, ya que, salvo las posibilidades de regulación con que cuenta, que suelen ser superiores a las de los trenes delanteros, y el engrase de los elementos rodantes como las articulaciones de las bieletas, no requieren ningún cuidado.

Los amortiguadores actuales llevan nitrógeno a presión, por lo que no se pueden manipular sin utillaje muy especializado y, en caso de rotura, deben ser reparados por profesionales. Con ayuda de una prensa para soltar los anillos de sujeción del muelle se pueden cambiar los muelles por otros de diferentes durezas, pero no es una práctica habitual.

El basculante también gira sobre rodamientos, que cada cierto tiempo deben ser sustituidos, lo que se comprueba haciéndolos girar, tal y como se indica en las recomendaciones generales. Ocasionalmente los basculantes disponen de rodamientos especiales o jaulas de agujas, que son bastante difíciles de encontrar en el mercado, y que en ocasiones pueden incluso requerir la sustitución de todo el conjunto. Estos rodamientos deben ser engrasados periódicamente, y para ello es común que los basculantes y las bieletas dispongan de un orificio A, con un tapón que oficia de entrada de lubricante, como el mostrado en la Fig. 8.117.



8.117. Puntos habituales de engrase de los basculantes y las bieletas de la suspensión trasera.

Las ruedas están sometidas a fuertes esfuerzos, debido a la irregularidad del terreno, a las fuerzas de aceleración y frenada, y a los cambios de dirección, por lo que pueden sufrir con relativa frecuencia averías. No requieren un mantenimiento concreto, pero hay que vigilar su circularidad y su alabeo mediante un comparador. Este procedimiento se muestra en la Fig. 8.118.

Las ruedas de radios suelen sufrir mayores averías que las de aleación ligera. En este último caso cualquier problema a nivel de grietas o deformaciones obliga a una sustitución de las mismas. Las de radios deben ser vigiladas a nivel de tensión de radios. Una forma que da buenos

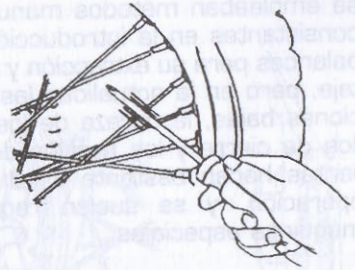
resultados es golpearlos —como en la Fig. 8.119— y comprobar que su sonido es similar en todos los casos.

En caso de rotura, hay que sustituir el radio, lo que obliga al desmontaje del neumático, a no ser que el sistema sea especial, de los que permiten la utilización de neumáticos sin cámara. Una vez sustituido el radio hay que tensarlo adecuadamente y comprobar que la rueda mantiene dentro de los límites exigidos la circularidad y el alabeo. Con el tiempo, en este tipo de ruedas, se suele hacer necesario un radiado para devolver a la rueda sus características iniciales.

8.118. Comprobación de la circularidad y el alabeo de una llanta con la ayuda de un c omparador.

Otros puntos a vigilar en la rueda son el eje que la soporta, que no debe estar doblado ni presentar erosiones o desgastes, y los rodamientos de la rueda, que deben ser comprobados, sobre todo si la moto circula normalmente por terrenos bacheados, que son muy perjudiciales tanto para ellos como para los de la dirección.

Para extraerlos y sobre todo para montarlos es necesario contar con herramientas adecuadas. Siempre hay que insertar el rodamiento actuando sobre la pista que queda fijada, para no deformar los elementos que lo componen al actuar a través de los elementos rodantes.

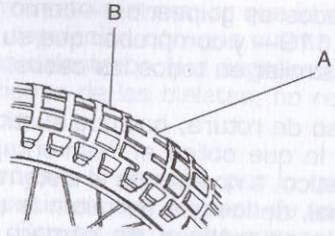


8.119. Golpeando los radios se puede observar si hay grandes diferencias de tensión entre unos y otros.

Los neumáticos por su parte, son unos de los elementos de menor duración en las motocicletas. Las características que deben mantener y la exigencia de mantener un perfil adecuado, hacen que en los mejores casos su vida no sobrepase en mucho los 10.000 km en las motos menos exigentes.

Para comprobar su estado no hay más que vigilar la altura de los surcos del dibujo que poseen todos los neumáticos comerciales. Los fabricantes se encargan de situar unos avisadores de desgaste A —señalados en la Fig. 8.120— que consisten en unas pequeñas elevaciones del dibujo, que exigen su sustitución cuando quedan a la altura de la superficie B del neumático. Los neumáticos además deben ser revisados

periódicamente en busca de señales que delaten la introducción de algún clavo, que en los modelos sin cámara no tienen porqué disminuir inicialmente la presión, pero que, en caso de una introducción completa o de una salida, provocarán el pinchazo, y también deben ser eliminados los pequeños objetos incrustados en el dibujo como piedras o cristales.

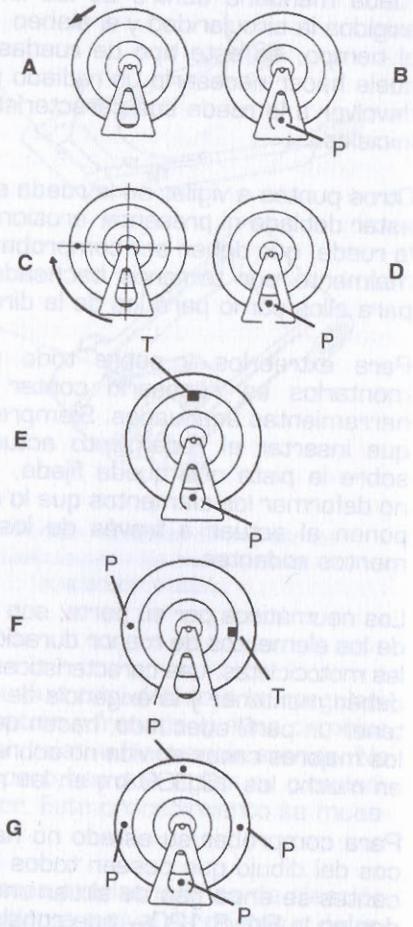


8.120. Avisadores de desgaste de un neumático.

Un apartado de mantenimiento constante es la presión de los neumáticos, que debe controlarse siempre en frío, y con un manómetro de calidad, siguiendo las indicaciones del fabricante. Los neumáticos siempre pierden un poco de aire, sobre todo si no se utiliza la moto en largos periodos de tiempo.

Para sustituir los neumáticos antes se empleaban métodos manuales, consistentes en la introducción de palancas para su extracción y montaje, pero en la actualidad las secciones bajas, la dureza de los anillos de cierre y los perfiles de las llantas hacen bastante difícil esta operación, y se suelen requerir máquinas especiales.

Tras la sustitución del neumático, en la que es muy importante vigilar la dirección de montaje, tanto por el trabajo de la carcasa como por la dirección de evacuación del agua, sobre todo en neumáticos sin dibujo simétrico en las dos direcciones, hay que proceder al equilibrado del conjunto llanta-neumático. Normalmente siempre hay una zona que pesa algo más, por lo que la rueda vibrará al girar. Hay que realizar un equilibrado instalando un contrapeso en el lugar adecuado de la llanta, que corresponde al situado en la parte diametralmente opuesta. Si la llanta se sitúa sobre un eje horizontal, el mayor peso de una zona hará que ésta se coloque en la parte inferior. Una vez que el punto de desequilibrio se ha localizado, se puede instalar un contrapeso diametralmente opuesto, de modo que desaparezca.



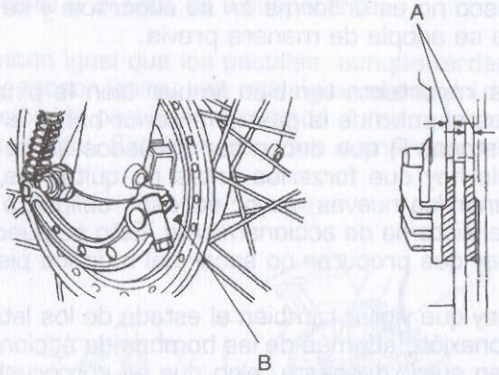
8.121. Método para equilibrar ruedas.

Si una rueda está desequilibrada, al hacerla girar se parará siempre en la misma posición, con la zona de mayor peso en la parte inferior. El peso a añadir es variable, y debe ser tal que la llanta no muestre ninguna tendencia hacia una posición concreta de equilibrio. En el tren anterior este trabajo es más importante, debido a la ausencia de los desequilibrios que aquejan a la trasera por causa de los elementos de transmisión y a la labor direccional de la rueda.

En la Fig 8.121 se puede observar el procedimiento de equilibrado de una rueda. Se la sujeta sobre un eje horizontal y se la hace girar como en A; en B la rueda ya se ha parado en un punto P, que se marca. Para comprobar el desequilibrado, la rueda se vuelve a girar, como en C, y se comprueba que el punto inferior vuelve a ser el P marcado anteriormente. Una vez fijado en D el punto de mayor peso, se instala un contrapeso T en la parte diametralmente opuesta a P, y se gira de nuevo la rueda. Esta estará equilibrada cuando los sucesivos puntos de parada P de la Fig. G, sean completamente aleatorios.

Los frenos, también requieren un mantenimiento bastante frecuente. Tanto las pastillas de los frenos de disco, como las zapatas de los de tambor, están sometidas a desgaste con su utilización. En los frenos de disco, el nivel de utilización de las pastillas se puede observar directamente por su espesor A.

Normalmente en la rueda delantera se puede comprobar mirando las pinzas frontalmente, y en el tren posterior desde atrás.



8.122. Comprobación del desgaste de pastillas de freno de disco y zapatas de tambor mediante inspección visual.

Nunca debe ser inferior a 1 mm en la zona más estrecha, como ilustra la Fig. 8.122. En esta Fig. también podemos observar las marcas B de desgaste de los frenos de tambor, que suelen tener en su parte exterior para facilitar su inspección. Cuando la leva en estado de reposo se

encuentra en esta zona es síntoma de que se requiere el cambio de zapatas.

Normalmente las pastillas no se gastan uniformemente, sino que uno de sus extremos suele sufrir un desgaste más acelerado por causa de una diferencia entre los planos de actuación de la pinza y el disco, que, aunque sea pequeña, provoca estos efectos. Las pastillas se deben cambiar todas a la vez en cada tren, sin salvar las que tengan un desgaste algo menor, ya que en este caso se pierde la uniformidad de la frenada.

Para cambiar las zapatas de los tambores se hace necesaria la extracción de la rueda, para lo que habrá que desmontar los elementos de fijación y accionamiento de los frenos, así como el sistema de transmisión, si se trata de la rueda trasera. Para cambiar las zapatas una vez que se tiene el freno extraído, hay que soltar los muelles de retorno, extraer los elementos gastados, y volver a colocar los nuevos. Lo normal es poner primero los muelles y después forzar la entrada de las nuevas zapatas en su alojamiento.

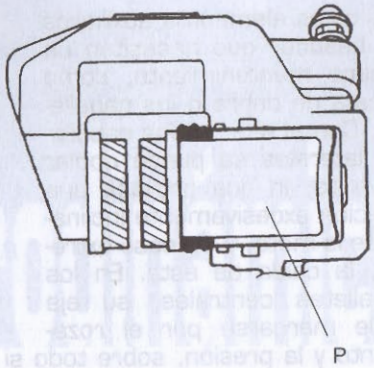
Para cambiar las pastillas, cada sistema de freno dispone de ciertas particularidades, pero lo más habitual es tener que soltar de su anclaje la pinza y las varillas de guiado de las pastillas, formadas por pernos, y extraer los elementos gastados, procediendo a la instalación de los nuevos, que deben ser rodados durante un cierto periodo de tiempo, para evitar sobrecalentamientos por un acoplamiento anormal, ya que el disco no es uniforme en su superficie y se hace necesario que la pastilla se acople de manera previa.

Es importante también limpiar bien la pinza y las zonas de anclaje, ya que el polvo de la pastilla anterior habrá ensuciado elementos como los pistones P, que deben ser limpiados antes de montar el conjunto. Para ello hay que forzarlos antes de quitar las pastillas usadas, ya que, al tener las nuevas mayor espesor, obligan a una posición más retrasada del sistema de accionamiento. Esto se puede observar en la Fig. 8.123. Hay que procurar no sacar del todo los pistones de su alojamiento.

Hay que vigilar también el estado de los latiguillos y de los elementos de conexión, además de las bombas de accionamiento, cuyos pistones pueden sufrir desgaste, algo que se comprueba rápidamente por el hundimiento progresivo de la maneta.

Este efecto puede ser debido también a la entrada de aire en el circuito hidráulico, bien por un nivel de fluido bajo, o por haberse situado el sistema en una posición que ha permitido la entrada de aire. En este caso, hay que purgar el sistema de freno. Para ello, las pinzas disponen de un tornillo especial T que permite la salida del líquido. Para purgar los circuitos hidráulicos hay que extraer la tapa del depósito de líquido con el fin de ir

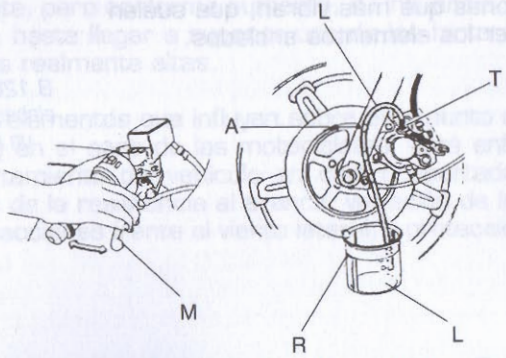
rellenándolo según se va vaciando, de manera que no entre aire. Se aprieta la maneta M o el pedal y se abre el tornillo de la pinza T. En ese momento, por el tornillo sale líquido a presión y aire si se ha introducido en el sistema. Por este motivo, hay que insertar un macarrón M que tire el líquido L a un recipiente. Conviene que este recipiente R contenga también líquido L de manera que, si por algún motivo la presión en el circuito disminuye, no entre aire en él. Una vez que ha salido el líquido del circuito hay que cerrar el tornillo y devolver la maneta o el pedal a su posición inicial. En ese momento, el depósito dejará entrar fluido en el sistema y su nivel bajará. La operación debe repetirse hasta que se verifique que el aire del circuito ha sido extraído en su totalidad. El proceso se detalla en la Fig. 8.124.



8.123. Los pistones de accionamiento deben limpiarse e introducirse en las pinzas al sustituir las pastillas.

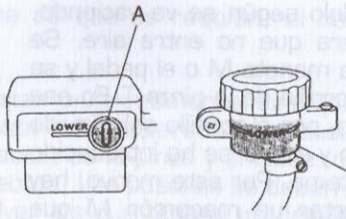
Cada cierto tiempo hay que cambiar el líquido de frenos, una operación sencilla pero que requiere un purgado posterior del sistema. El líquido se oxida y se oscurece, por lo que es bastante fácil controlar los periodos de cambio vigilando la tonalidad por la ventana de control de nivel A de la Fig. 8.125, o en el depósito B si éste es transparente.

Los discos de freno se desgastan igual que las pastillas, aunque tardan bastante más en alcanzar su espesor límite. Hay que vigilar el estado de su superficie, ya que la utilización de pastillas demasiado duras o gastadas provoca rayas en su superficie. También hay que comprobar su espesor, que nunca debe ser menor del fijado por el fabricante, y el alabeo de su superficie, midiéndolas con un micrómetro y un comparador respectivamente, ya que esta deformación provoca roces con las pastillas y vibraciones al frenar, y es bastante habitual tanto por el uso, como por pequeños golpes. En la Fig. 8.126 se puede observar la forma de controlar esta deformación.



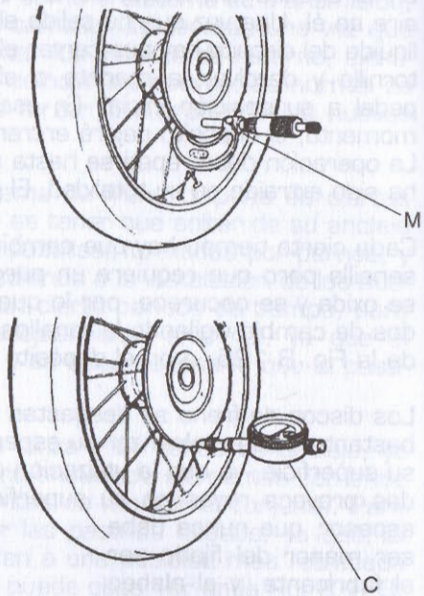
8.124. Metodo para realizar el purgado de un sistema de frenos.

Hay otros elementos auxiliares del bastidor que necesitan un mínimo mantenimiento, como la pata de cabra o los caballetes. Con el uso, en los caballetes laterales se puede doblar la varilla, lo que provoca una posición excesivamente inclinada de la moto, y, en caso extremo, la caída de ésta. En los caballetes centrales, su eje suele marcarse por el rozamiento y la presión, sobre todo si no está convenientemente engrasado.

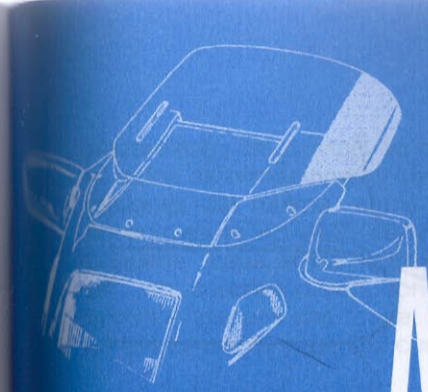


8.125. Revisión visual del estado del líquido de frenos en los depósitos de las bombas de accionamiento.

En cualquier caso, lo que siempre se hace necesario es mantener una perfecta lubricación de todas las piezas articuladas del bastidor y sus sistemas auxiliares: todo tipo de manetas y pedales, los ejes de los elementos de suspensión y todas las articulaciones. Otro trabajo de mantenimiento es el reapriete general de la tornillería del chasis y del resto de la moto en general, ya que las vibraciones a que están sometidas las piezas hacen que muchos de ellos se vayan aflojando progresivamente, sobre todo los situados en las zonas que más vibran, que suelen ser los elementos anclados.



8.126. Inspección de la anchura y el alabeo de un disco de freno mediante un micrómetro y un comparador.



Aerodinámica

1. GENERALIDADES

Las motocicletas son vehículos terrestres, que se mueven sobre la superficie y al aire libre. Esto supone una constante interacción entre la máquina y el medio ambiente, ocurriendo algo similar con el piloto, que se ve expuesto a, prácticamente, los mismos condicionantes.

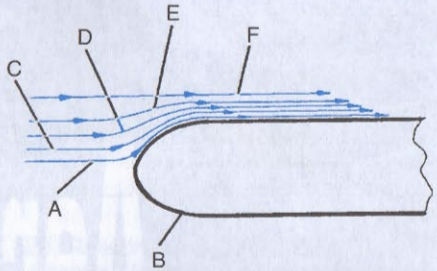
El aire forma una masa gaseosa que envuelve la superficie, de modo que la motocicleta se ve obligada a atravesarlo para desplazarse. Aunque, la densidad de la atmósfera no es muy elevada, siempre existirá una fuerza, por mínima que sea, que se opone al paso del vehículo. Si las velocidades no son muy elevadas, la importancia de esta reacción del medio ambiente no es muy relevante, pero conforme aumenta, su influencia va creciendo progresivamente, hasta llegar a suponer uno de los factores fundamentales a velocidades realmente altas.

El conjunto del estudio y los elementos que influyen sobre este punto se denomina "aerodinámica", y en el caso de las motocicletas, está enfocado a mejorar el comportamiento del vehículo en cuatro apartados fundamentales: disminución de la resistencia al avance, variación de las cargas sobre las ruedas, reacciones frente al viento lateral, y protección de los ocupantes.

Resistencia aerodinámica

El aire como fluido se resiste a que cualquier cuerpo lo atraviese. Para que esto suceda, las moléculas que forman el aire deben desplazarse,

lo que requiere una cierta energía que debe ser suministrada por el objeto. Dependiendo de la velocidad y de la forma del sólido, la resistencia será mayor o menor, influyendo estos dos factores de manera decisiva. La velocidad aumenta la resistencia al paso de manera exponencial, elevándose al cubo el esfuerzo requerido con ella. La forma exterior de la moto influye de manera lineal, pero es muy importante a altas velocidades, pues, debido a la influencia de la velocidad, los esfuerzos se multiplican. Hay un tercer elemento importante, la densidad del fluido, pero éste siempre es aire atmosférico, que mantiene unas propiedades muy similares en cualquier punto a efectos de resistencia.



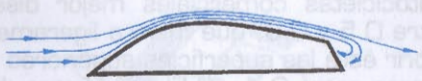
9.1. Comportamiento de la masa gaseosa frente al paso de un objeto a gran velocidad.

El único factor sobre el que se puede actuar en el diseño de objetos que presenten una resistencia menor al avance es la forma. Por ello, y de manera experimental, ya que los cálculos teóricos son muy complicados, se ha establecido un código que mide la calidad de la forma del sólido; es lo que se conoce como "coeficiente Cx".

Si se observa el desplazamiento de un objeto a través del aire como ocurre en la Fig. 9.1, se puede observar que el gas se comporta como un fluido laminar, es decir, que se deforma y desplaza en forma de capas, cada una afectada de una manera mayor o menor por el vehículo. En el dibujo se muestra cómo la capa de gas A que se encuentra más cerca del sólido B debe obligatoriamente seguir la superficie del mismo, afectándose de manera importante y viéndose arrastrada por él. Se supone que es el vehículo el que se desplaza, aunque para facilitar la ilustración es el fluido el que está en movimiento. En cualquier caso, el efecto es exactamente el mismo, e incluso las pruebas no se ven afectadas porque sea el aire o el sólido el que se mueva, ya que es únicamente la velocidad relativa entre ellos la que influye.

La capa inmediatamente superior C a la que está en contacto con el sólido también se ve afectada, pero de menor manera, comprimiéndose ligeramente en alguna zona, de forma que tanto el arrastre sufrido por el móvil como su desviación es menor. Así ocurre sucesivamente con el resto de las capas de fluido D y E próximas al vehículo, hasta que existe una capa F, que ya no se ve afectada por el paso del vehículo.

A la masa de fluido que ve afectada su velocidad por el paso del móvil, se la denomina "capa límite", y tiene una gran influencia sobre el desplazamiento del cuerpo, ya que si sufre deformaciones y separaciones del mismo, como se aprecia en la Fig. 9.2, denominándose "capa límite turbulenta", en contraposición con la anterior que era una "capa, límite lamina", se produce una mayor resistencia contra el paso del cuerpo.



9.2. Formación de turbulencias en la capa límite.

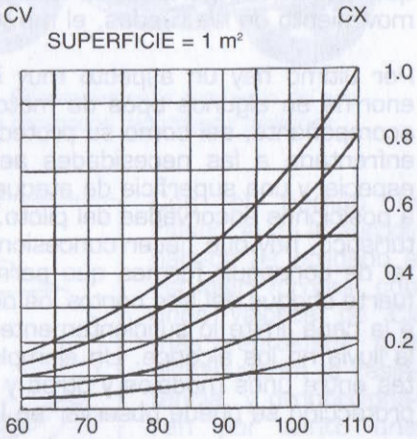
La resistencia básicamente está influenciada por tres factores: la forma, el rozamiento que depende del tipo de superficie, y la resistencia inducida, que es la creada por la turbulencia, que al crear zonas de vacío en determinados puntos, obliga al sólido a intentar desplazarse hacia ellas, frenando su movimiento al no encontrarse en la dirección de éste.

Un cuerpo se denomina "aerodinámico" si a su paso no se producen turbulencias y la capa límite es laminar.

La forma del cuerpo es el aspecto que mayor influencia tiene en este aspecto, de la calidad de su diseño se generarán una serie de características que influyen decisivamente.

El coeficiente Cx que muestra la calidad de las formas varía por comparación con un patrón establecido, que es el móvil cuya sección frontal es una placa plana, una forma muy poco aerodinámica. A esta forma se la da el valor 1, y, comparando los esfuerzos necesarios para alcanzar una cierta velocidad, se pueden asignar coeficientes a formas más complicadas. La resistencia al avance es directamente proporcional al Cx, a la superficie S y al cubo de la velocidad. Muchas veces se asigna el coeficiente C x S, que da una medida real, con dimensiones de la resistencia aerodinámica del vehículo.

En la Fig. 9.3 se puede observar la potencia necesaria para alcanzar una cierta velocidad con valores de Cx muy variables, que da una idea de la influencia de este factor.



9.3. Valores de la potencia necesario para alcanzar la misma velocidad con diferentes valores del coeficiente Cx.

Las motos en general no son muy aerodinámicas, y la presencia del piloto aún le resta puntos en este terreno. Las

motocicletas comerciales mejor diseñadas tienen un coeficiente Cx entre 0.5 y 0.6, que mejora ligeramente con la presencia del piloto, al cubrir éste las superficies superiores al depósito y el sillín, dejándolo en valores entre 0.4 y 0.5. Las motos de competición son algo más aerodinámicas, pero poco, aunque su superficie es menor.

Una moto sin carenar y dotada de numerosos accesorios y elementos resistentes al aire tiene un Cx más elevado, casi al nivel de una placa plana.

Sin embargo, en las motocicletas la aerodinámica no se dirige únicamente a mejorar la resistencia al avance. Es muy importante que la moto no se desestabilice a alta velocidad, ya que normalmente se producen fuerzas ascendentes en la parte delantera y descendentes en la trasera por efecto de la marcha. Hay que intentar que estas fuerzas sean las menores posibles en el primer caso para mantener la adherencia de los neumáticos. Para ello, hay que estudiar formas que tiendan a pegar la moto al suelo, lo que se consigue obligando a que el aire pase a más velocidad por la parte inferior de esa zona, creando una mayor presión en la zona superior. El viento lateral también es muy importante, porque no hay que olvidar que aunque la velocidad sea más elevada frontalmente, lo que importa es el desplazamiento relativo de la moto y el aire, y en el caso de que haya movimiento lateral, la zona de ataque no será el frontal, sino que se verá desplazada a un lado.

Hay que considerar también la función que ejercen los elementos internos que deben recibir la corriente de aire como las cajas de admisión, los radiadores de agua o aceite, el motor y el resto de los elementos que deben refrigerarse, la influencia desestabilizadora que ejerce el movimiento de las ruedas, el movimiento del piloto, etc...

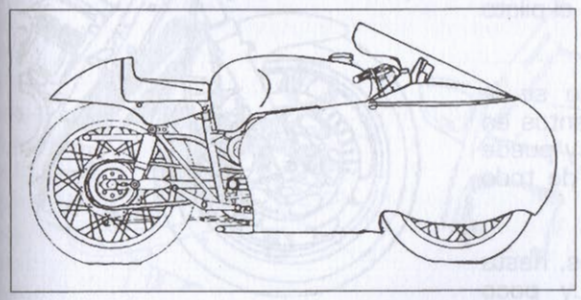
Por último hay un aspecto muy importante, que tiene una influencia enorme en algunos tipos de motocicleta, la comodidad del piloto y su acompañante, así como su protección. En general este apartado se ve enfrentado a las necesidades aerodinámicas, que exigen una forma especial y una superficie de ataque lo más reducida posible. Esto obliga a posiciones encorvadas del piloto. En motocicletas encaminadas al uso turístico, hay que hacer concesiones a la resistencia aerodinámica con tal de conseguir formas que permitan una conducción erguida sin un fuerte choque del aire contra los ocupantes, y con una distancia de ellos a la capa límite lo suficientemente alejada, como para que por ejemplo la lluvia no los alcance. Un ejemplo de las grandes variaciones existentes entre unos modelos y otros y su influencia en la aerodinámica y la protección se puede observar en la Fig. 9.4.

Un apartado que se debe tener también en cuenta es la zona trasera del vehículo. La forma que determina el Cx no sólo depende del frontal, sino de la totalidad de la superficie. La capa límite se suele ver interrumpida en las secciones traseras, ya que para que esto no ocurra la longitud del vehículo se debería extender excesivamente. En este punto el flujo suele ser turbulento, lo que da lugar a un importante vacío en la parte trasera, conocido habitualmente como "rebufo". Esta circunstancia crea una resistencia inducida al avance, que es conveniente eliminar. En competición este problema es aún mayor, ya que la depresión creada por la motocicleta puede ser aprovechada por otra, que recibirá una menor resistencia al avance.

9.4. Diferencias en la desviación del aire en carenados deportivos y turísticos.

2. CARENADOS

La carrocería de las motos ha estado formada durante décadas únicamente por los elementos externos que servían para una función específica: depósito de gasolina, sillín y placas laterales.



9.5. Carenado de tipo "Delfín" en una Moto Guzzi de competición.

Con el tiempo la influencia de la aerodinámica ha obligado a estudiar formas con unos valores de Cx más ventajosos que disminuyeran la resistencia, y proporcionaran por tanto una mayor velocidad con la misma potencia. Inicialmente este estudio se concentró en la

competición, una vez que la aeronáutica, motor de toda esta investigación, propuso las normas básicas.

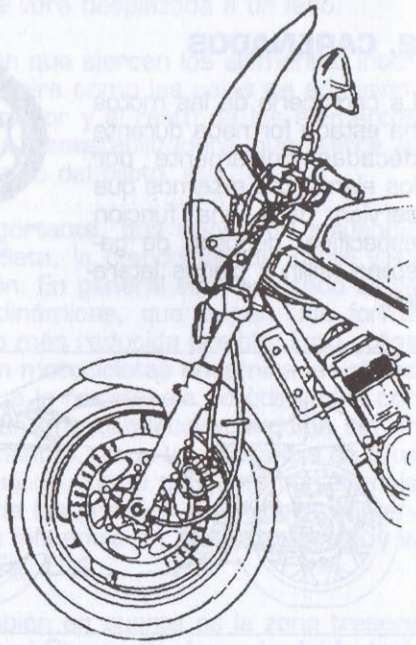
Los primeros carenados de competición aparecieron en las motos destinadas a batir récords de velocidad, pero eran excesivamente estilizados como para poder usarse en otro tipo de motos.

En motos de competición en circuito, este tipo de accesorio apareció muy poco después. Inicialmente se trataba de pequeñas cúpulas situadas delante del manillar, de modo que el piloto quedaba algo protegido. Poco después los carenados se ampliaron enormemente cubriendo toda la parte frontal de la motocicleta incluyendo la rueda delantera. A este tipo de carenados se les denominó de tipo "Delfín", como el que se muestra en la Fig. 9.5. Se aumentó espectacularmente la penetración de estos modelos, pero causaron también graves problemas de sustentación por elevarse las motos, dificultades frente al viento lateral y, además, los modelos no disponían ni de suspensiones ni de frenos para adecuarse a esas velocidades, por lo que se prohibieron.

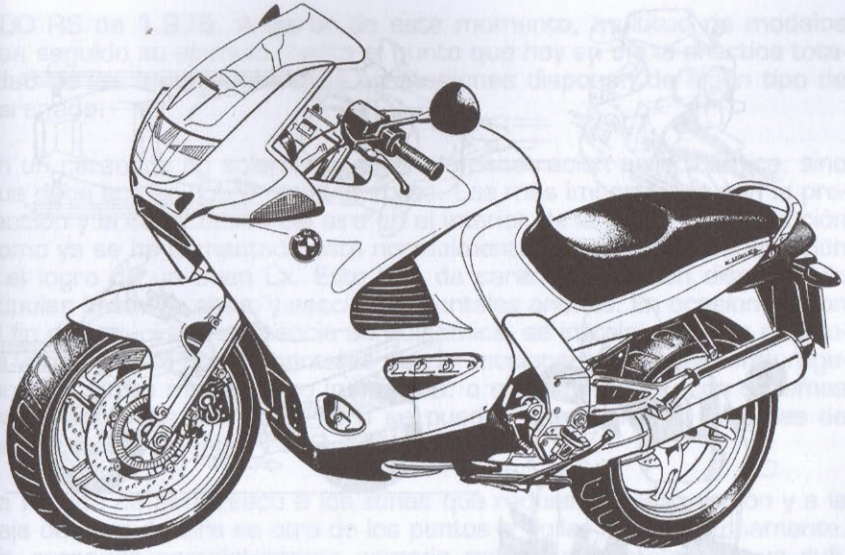
A partir de este momento la evolución del carenado ha seguido unas normas bastante uniformes, tanto en competición como en las propias motos comerciales. La estructura general del carenado consiste en una cúpula que mantiene despejada la rueda delantera, manteniendo su maniobrabilidad y la refrigeración de sus elementos. Por debajo de la cúpula que cubre la parte frontal se descuelgan unos laterales que abrazan la moto por ambos costados y por la parte inferior, y acaban en la zona donde el piloto sitúa sus piernas.

A este carenado básico se le unen una serie de elementos en otras zonas de la moto y puede disponer de accesorios de todo tipo.

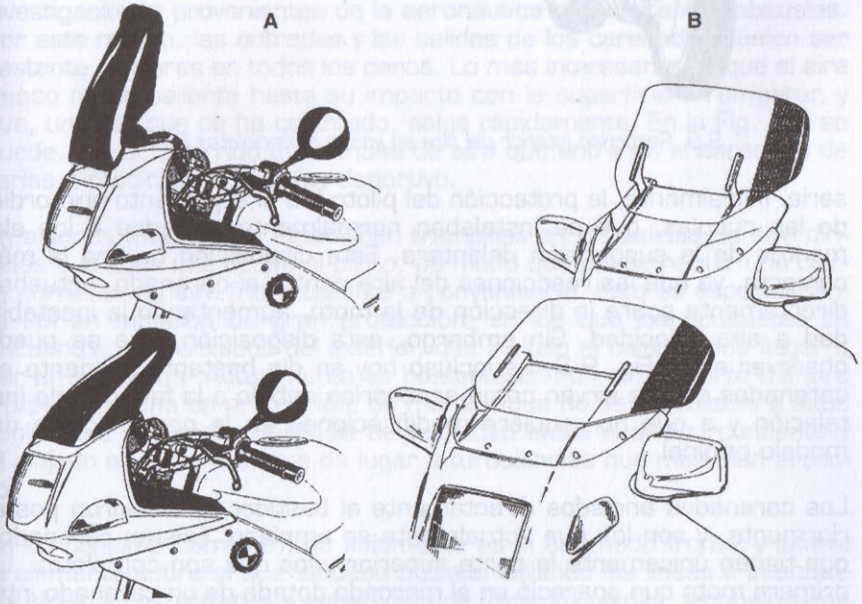
En las motos comerciales, hasta hace relativamente muy poco tiempo, los carenados no se han, instalado como elementos de



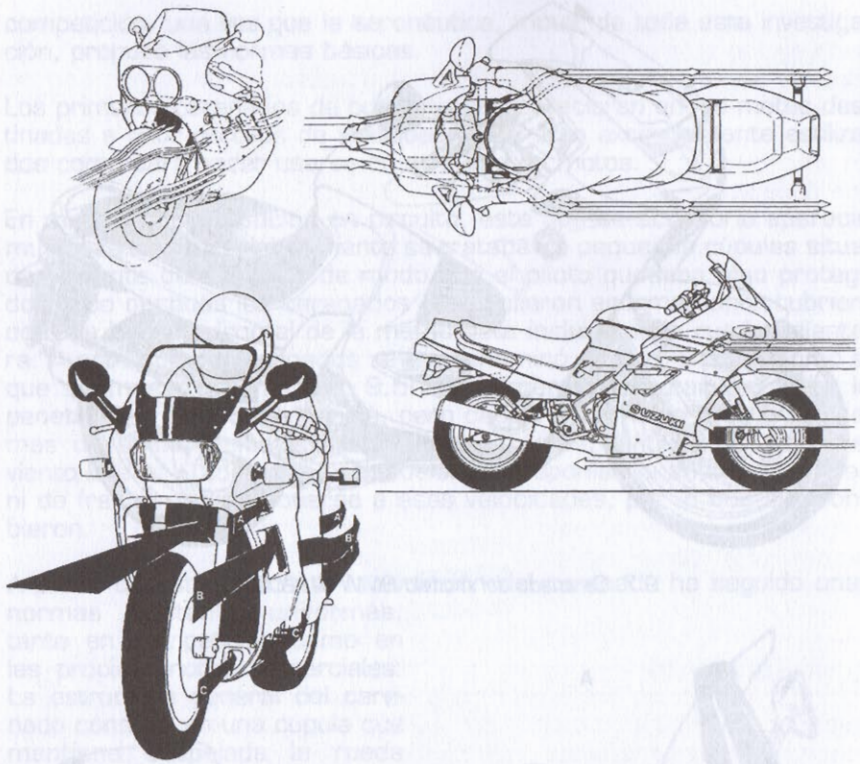
9.6. Carenado de faro de amplia protección sobre una motocicleta Honda.



9.7. Carenado del modelo BMW K-1200 RS.



9.8. Cúpulas de posición variable en dos motocicletas BMW.



9.9. Recorrido interior del aire en varias motocicletas Suzuki.

serie. Inicialmente, la protección del piloto fue el argumento primordial de las cúpulas, que se instalaban normalmente ancladas a los elementos de la suspensión delantera. Esta disposición no era la más correcta, ya que las reacciones del aire contra el carenado, actuaban directamente sobre la dirección de la moto, aumentando la inestabilidad a alta velocidad. Sin embargo, esta disposición, que se puede observar en la Fig. 9.6, es incluso hoy en día bastante corriente en carenados que se sirven como accesorios debido a la facilidad de instalación y a que no requiere modificaciones en la parte ciclista del modelo original.

Los carenados anclados directamente al bastidor aparecieron posteriormente, y son los que actualmente se emplean. Existen carenados que tienen únicamente la parte superior y los que son completos. La primera moto que apareció en el mercado dotada de un carenado integral estudiado aerodinámicamente y que aunaba las propiedades de protección con la reducción de la resistencia al avance fue la BMW R

100 RS de 1.976. A partir de este momento, multitud de modelos han seguido su ejemplo, hasta el punto que hoy en día la práctica totalidad de los modelos de altas prestaciones disponen de algún tipo de carenado.

En un carenado no solamente influye la penetración aerodinámica, sino que debe actuar sobre otros factores. Los más importantes son la protección y la canalización del aire en el interior de la moto. La protección como ya se ha comentado está normalmente reñida con la penetración y el logro de un buen Cx. Este tipo de carenados suelen disponer de cúpulas bastante altas, y secciones frontales anchas. En ocasiones, con el fin de reducir la resistencia aerodinámica, se instalan cúpulas de altura variable. Este tipo de pantallas pueden accionarse manualmente regulando la altura mediante su inclinación, o eléctricamente, con sistemas más elaborados. En la Fig. 9.8 se pueden observar dos sistemas de este tipo, el A manual y el B eléctrico.

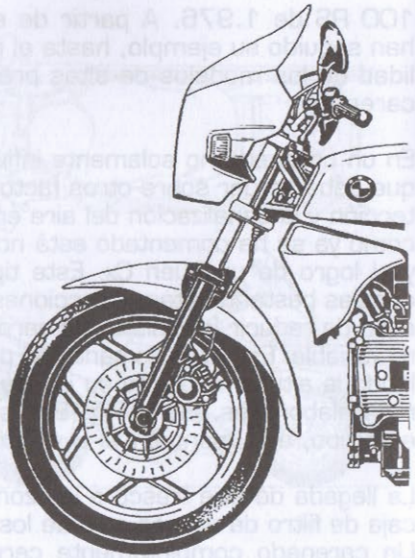
La llegada de aire fresco a las zonas que requieren refrigeración y a la caja de filtro de aire es otro de los puntos a vigilar muy estrechamente. Un carenado completamente cerrado mantiene el motor sin un suficiente flujo de aire, lo que repercute en su funcionamiento. Por ello, los carenados actuales disponen de múltiples entradas y salidas. Se debe intentar que el coeficiente Cx aumente lo mínimo posible, por lo que las investigaciones provenientes de la aeronáutica son bastante habituales. Por este motivo, las entradas y las salidas de los carenados suelen ser bastante similares en todos los casos. Lo más interesante es que el aire fresco no se caliente hasta su impacto con la superficie a refrigerar, y que, una vez que se ha calentado, salga rápidamente. En la Fig. 9.9 se puede, ver el recorrido de la masa de aire que entra en el carenado de varias motocicletas de corte deportivo.

En algunos modelos se establecen trampillas en las salidas de aire dirigidas a la zona que ocupa el piloto, de modo que puede recibir una cierta corriente de aire frío o caliente a conveniencia. Esto es especialmente útil en modelos de gran protección, en los que los ocupantes se encuentran tan aislados del exterior, que incluso el calor puede llegar a ser un problema. Actualmente es bastante común dirigir parte del aire frontal a la zona de protección, de manera que no se establezca a altos regímenes una gran diferencia de velocidad entre el aire circundante y el alojado en esa zona, que da lugar a turbulencias que molestan al piloto.

En un conjunto completo, no solamente es el carenado frontal y lateral el elemento sobre el que se debe trabajar afilando las líneas e intentando eliminar los resaltes y superficies de impacto planas, también tiene influencia el resto de los elementos. La forma y el volumen de la parte trasera, conocida habitualmente como "colín", el estudio de integración

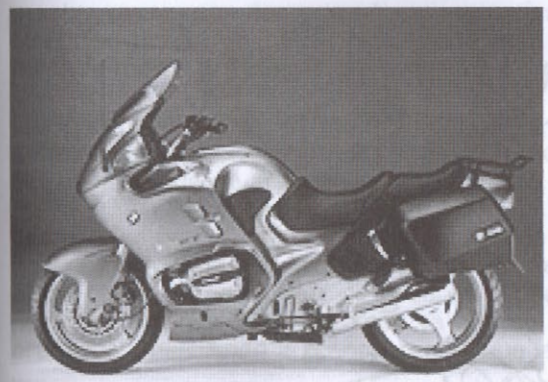
de las maletas laterales si existen, las tapas laterales, la influencia del giro de las ruedas, los guardabarros de éstas, la presencia o no de un pasajero, etc..., son muy importantes.

En general se pueden distinguir tres formas principales de carenados en la actualidad. Por una parte, los carenados de protección sin ninguna misión aerodinámica, que normalmente perjudican el Cx con el fin de reducir el impacto del aire sobre el piloto. Muchas veces se anclan directamente a la dirección y suelen disponer de superficies muy planas. En la Fig. 9. 10 se ilustra uno de ellos. El segundo grupo considerado está compuesto por los carenados de misión fundamental de protección, pero que han recibido un cierto estudio para disminuir la resistencia aerodinámica. En la Fig. 9.11 se observa uno de ellos. Por último se encuentran los carenados deportivos, que también



9.10. Carenado de faro en una motocicleta BMW.

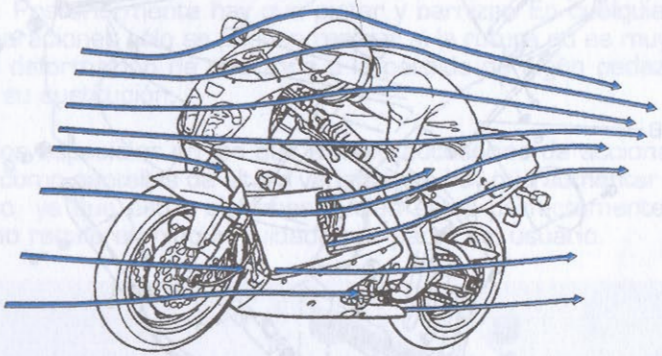
9.10 Bis. Motocicleta con pantalla.



9.11. Carenado de gran protección de BMW R 1150 RT.

cumplen funciones de protección, pero en los que la misión primordial es mejorar el coeficiente Cx, y en los que el piloto debe ocupar una posición muy recogida para beneficiarse de los efectos protectores. Este tipo de carenado se puede ver en la Fig. 9.12.

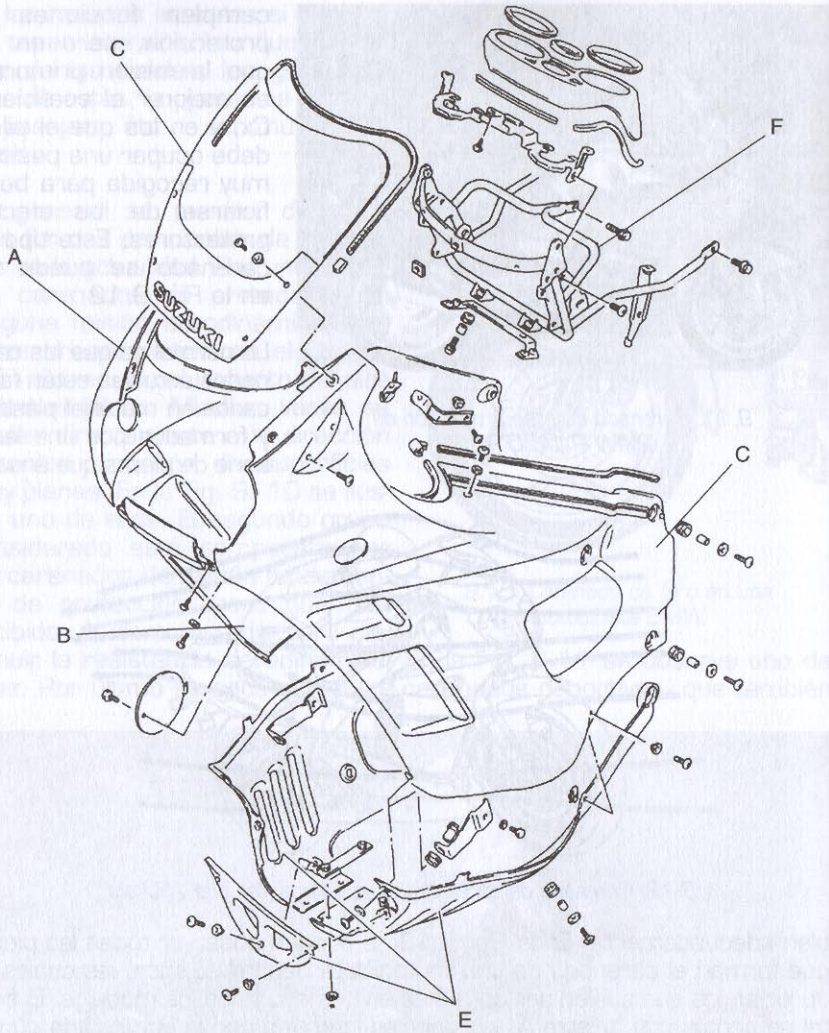
Lo normal es que los carenados actuales estén fabricados en material plástico, y formados por una larga serie de piezas que ensam-



9.12. Carenado de corte deportivo en una Yamaha 750 c.c.

blan adecuadamente. En la Fig. 9.13 se pueden observar todas las piezas que forman el carenado de una motocicleta deportiva, entre las cuales se aprecian las que suelen ser comunes en la mayoría de los modelos. El frontal se señala con la letra A, los paneles laterales con la B y la C, la cúpula con la D, la quilla con la E. Además se incluyen una serie de accesorios comunes en la mayoría de las motos, como el anclaje formado por tubos metálicos conocido como "araña", que se señala con la letra F.

No hay que olvidar tampoco que los carenados no solamente cumplen una función aerodinámica en la actualidad, sino también una estructural y estética. En numerosos modelos, avances y novedades cumplen más una función puramente visual que práctica, ya que la distinción entre los diferentes modelos se basa normalmente en la forma de su carenado y en la decoración elegida.



9.13. Elementos que componen un carenado de una motocicleta Suzuki.

3. AVERÍAS Y MANTENIMIENTO

La carrocería de las motocicletas no dispone en la mayoría de los modelos de ningún sistema complementario, por lo que su mantenimiento se limita a la limpieza periódica y supervisión de sus elementos. Normalmente los carenados están formados por bastantes piezas, que se acoplan mediante tornillos de diversos tipos, bien de tipo "rápido" de media vuelta, o bien de rosca normal. Estos tornillos deben reapretarse periódicamente, ya que son desmontados y montados cada vez que se requiere cualquier operación en el motor, que está completamente oculto en muchas motos por las placas laterales.

Los carenados están pintados y decorados, por lo que su limpieza no debe realizarse con disolventes en ningún momento, sino con detergentes neutros que no ataquen la pintura ni los barnices.

Las averías que pueden tener los carenados se deben siempre o a raspaduras o a impactos provocados por elementos lanzados contra ellos o por caída. La parte más delicada es la pantalla, que nunca debe rasparse ni frotarse enérgicamente ya que se estropeará, produciéndose arañazos y perdiendo la transparencia que la debe caracterizar.

La reparación de la fibra es relativamente fácil de realizar, pero requiere materiales muy específicos y experiencia con trabajos de pintura. Básicamente consiste en reparar las roturas por la parte interior y devolver a la superficie exterior el acabado original mediante la adición de pasta. Posteriormente hay que pintar y barnizar. En cualquier caso, estas reparaciones sólo se pueden realizar sí la rotura no es muy importante. La deformación de una zona o la pérdida de algún pedazo suele obligar a su sustitución.

En modelos especiales en los que existen accesorios de accionamiento eléctrico como pantallas de altura variable, no hay que aumentar el mantenimiento, ya que estos sistemas suelen estar perfectamente engrasados y no requieren ningún cuidado por parte del usuario.

9.13 Bis. Motocicleta aerodinámica Kawasaki.

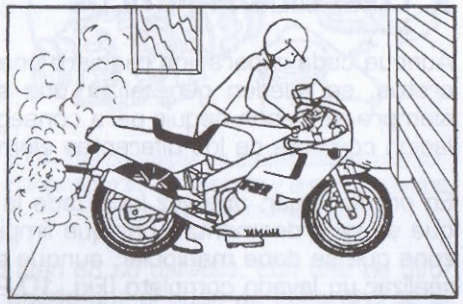
Consejos prácticos y localización de averías

Las reparaciones y el mantenimiento de la motocicleta requieren por una parte unos conocimientos previos, pero también seguir un método de funcionamiento, que debe procurar siempre que las diferentes operaciones se realicen de manera ordenada y meticulosa. La mecánica en general requiere seguir los pasos establecidos, y mantener siempre unas ciertas normas de precaución, al mismo tiempo que se respetan unas sencillas indicaciones.

1. PRECAUCIONES GENERALES

Las motocicletas son unos vehículos que están formados por metal casi exclusivamente, y además contienen y producen una serie de sustancias nocivas, por lo que hay que tener siempre una cierta precaución en su manipulación.

Las sustancias nocivas producidas son por una parte el monóxido de carbono, generado en la combustión, sobre todo en ciertos regímenes. Este gas es venenoso, además de incoloro e inodoro, por lo que no hay que manipular la moto si está arrancada en lugares que no estén muy bien



10.1. Las motocicletas no se deben arrancar en lugares cerrados.

ventilados (Fig. 10.1). El monóxido de carbono provoca inicialmente somnolencia y si se sigue aspirando, puede llegar a provocar la muerte. Tiene otro peligro y es que es inodoro, por lo que si se presentan síntomas de aturdimiento en una situación de este tipo, lo mejor es salir a una zona despejada y dejar que en el local la polución se elimine.

Además del monóxido de carbono hay que tener especial cuidado con la gasolina de los depósitos de carburante, altamente inflamable, sobre todo sus vapores, el hidrógeno formado en la batería, también explosivo, y los ácidos provenientes de este elemento que son muy corrosivos.

Otros elementos y sustancias que se deben manejar siempre con precaución son el líquido refrigerante, el líquido de frenos, el polvo de las pastillas de freno y de las juntas y elementos forrados, el nitrógeno a presión de los amortiguadores y el aceite usado. Todos ellos pueden causar problemas por inhalación, o contacto, desde el aceite usado o los asbestos de las pastillas que son cancerígenos, hasta el nitrógeno que está a alta presión, pasando por el corrosivo líquido de frenos. Siempre hay que mantener estos elementos alejados de los niños, eliminarlos a la mayor brevedad posible y manipularlos sin un contacto directo. En el caso del polvo de las pastillas de freno adherido a las zonas adyacentes, nunca debe eliminarse con pistolas de aire, sino con paños que no permitan la inhalación de las partículas.

Las motos se calientan, lo que añade un nuevo factor de riesgo, y nunca hay que perder el respeto al peso de la moto en una caída o a los destrozos en las extremidades que pueden producir los elementos de transmisión como las cadenas si llegan a engancharse.

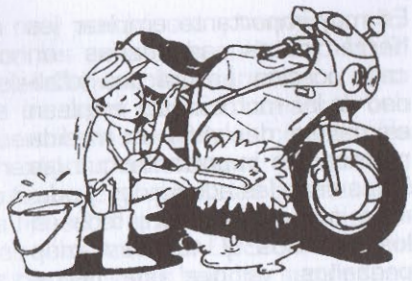
Todas las precauciones son pocas, pero estos elementos y circunstancias requieren un especial respeto y atención para evitar situaciones desagradables.

2. CONSEJOS PRÁCTICOS

Aunque cada reparación requiere una técnica y unos instrumentos concretos, se pueden generalizar una serie de operaciones básicas que siempre se deben seguir para conseguir un buen resultado y una instalación correcta de los diferentes elementos.

En primer lugar, una vez localizada la avería, o concretado el elemento que se va a desmontar, hay que limpiar concienzudamente al menos la zona que se debe manipular, aunque siempre es mejor aprovechar para realizar un lavado completo (Fig. 10.2). Los elementos extraños que se encuentran adheridos en el exterior pueden llegar a caer en el interior cuando se desmonten los diversas piezas, por lo que una limpieza previa es imprescindible en reparaciones en las que el interior del motor va a ser descubierto.

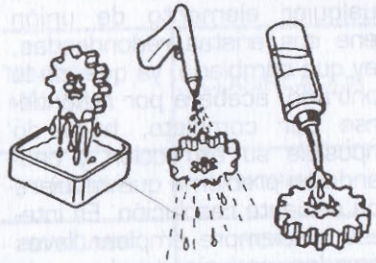
Las piezas que se extraen y deban ser instaladas de nuevo deben limpiarse previamente (Fig. 10.3), y su almacenamiento conviene que se realice de manera muy ordenada.



10.2. Es siempre conveniente realizar una limpieza general antes de trabajar sobre la moto.

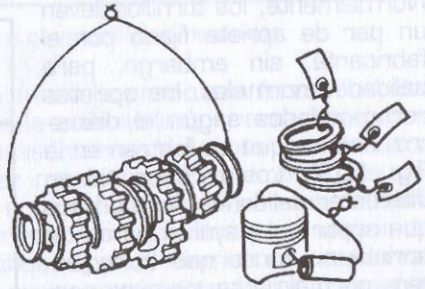
Los conjuntos, como por ejemplo los piñones del cambio, pueden mantenerse unidos con un alambre que los abrace (Fig. 10.4), y todos los sistemas que no requieran manipulación deben intentar mantenerse sin desmontar.

Además conviene guardar los diversos elementos en recipientes distintos. Normalmente, hay muchos tornillos y arandelas, y aunque se disponga del manual de despiece, es necesario que no se unan los de varios lugares, ya que entonces es muy sencilla la confusión de piezas, que posteriormente es muy difícil de resolver (Fig. 10.5).



10.3. Las piezas una vez desmontadas se deben limpiar y desengrasar.

Conviene guardar en cajas o bolsas grandes cada grupo de elementos, señalándolos si no se conoce bien su ubicación (por ejemplo, el embrague en un lugar, las tapas con sus tornillos en otro, etc..), sobre todo aquellos que se presten a confusión.



10.4. Los conjuntos de piezas deben intentar mantenerse en su posición y orden correctos y si es posible montados.

Por supuesto, para realizar reparaciones de importancia, es necesario contar con la información del fabricante, bien contando con el libro oficial del modelo, o bien en su defecto, con uno de difusión pública, en caso contrario se puede dar el caso de encontrarse al finalizar con piezas sin localización o con conjuntos sobre los que no se conoce su montaje exacto (Fig. 10.6).

Es muy importante emplear las herramientas adecuadas en cada ocasión. La práctica totalidad de las motocicletas emplean elementos de unión de medida métrica. Es importante que las llaves sean las adecuadas y además de calidad, sobre todo en los tornillos y tuercas más pequeños, ya que una herramienta de mala calidad redondeará sus aristas rápidamente por el excesivo juego o la falta de rigidez, de manera que se hará imposible su manipulación. Si cualquier elemento de unión tiene sus aristas redondeadas, hay que cambiarlo, ya que, de lo contrario, acabará por redondearse por completo, haciendo imposible su extracción y causando un problema que requiere una paciente resolución. Es interesante siempre emplear llaves cerradas, reduciendo el uso de las llaves abiertas a los lugares en que sean imprescindibles.

Normalmente, los tornillos llevan un par de apriete fijado por el fabricante, sin embargo, para calidades normales, los aprietes recomendados según el diámetro, son los que se ilustran en la Fig. 10.7. Los tornillos tienen diferentes calidades, lo que hace que soporten mayores pares de apriete en zonas que lo requieren, normalmente siempre contra roscas de acero. Para distinguirlos en su cabeza pueden disponer de una indicación con un número o un signo, cuyo significado aparece en la Fig. 10.8.

Los tornillos y las tuercas suelen disponer de diferentes métodos

10.5. Las piezas pequeñas conviene que sean guardadas en bolsas o cajas independientes.

10.6. Es necesario contar con la suficiente información técnica como para poder finalizar el trabajo comenzado.

DIÁMETRO DE LA ROSCA	PAR DE APRIETE (KG X M)
5	0,35 - 0,50
6	0-60 - 0,80
8	1,40 - 1,90
10	2,60 - 3,50
12	4,50 - 6,20
14	7,40 - 10,00
16	11,50 - 16,00
18	17,00 - 23,00

10.7. Pares de apriete generales recomendados para tornillos standard.

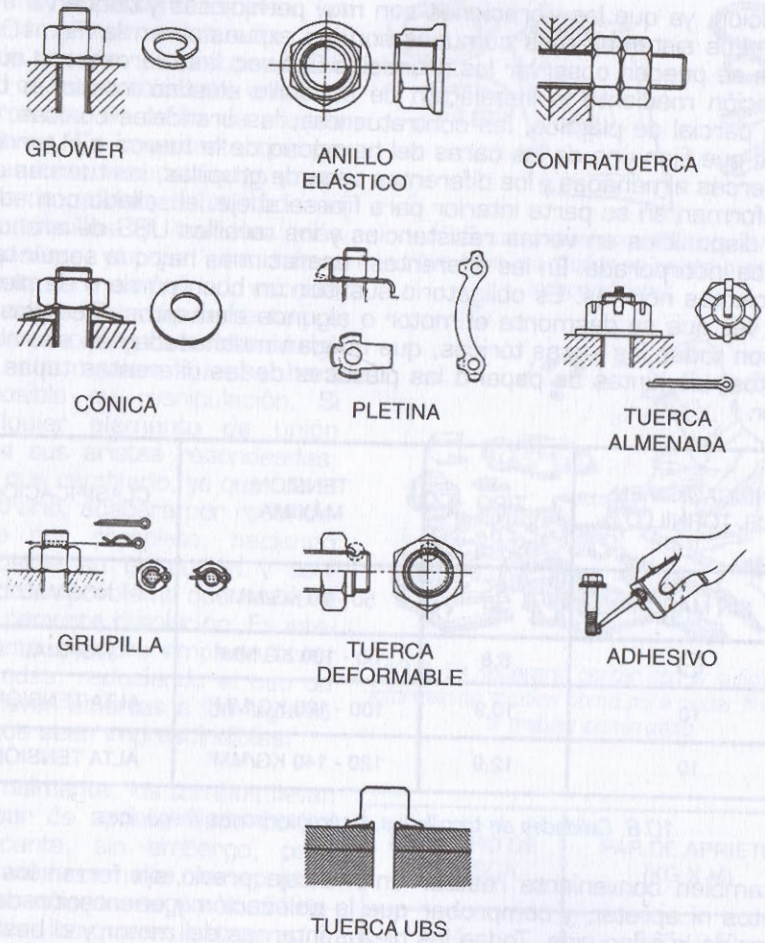
de fijación, ya que las vibraciones son muy perniciosas y tienden a aflojarlos. Los sistemas más comunes son los expuestos en la Fig. 10.9. En ella se pueden observar las arandelas Grower, las tuercas con autorretención mediante la instalación de un anillo elástico interior o una rosca parcial de plástico, las contratuercas, las arandelas cónicas, las placas que fijan una de las caras del hexágono de la tuerca o el tornillo, las tuercas almenadas y los diferentes tipos de grupillas, las tuercas que se deforman en su parte interior para fijarse al eje, el sellado con adhesivos disponibles en varias resistencias y los tornillos UBS de arandela elástica incorporada. En las diferentes reparaciones hay que seguir también ciertas normas. Es obligatorio sustituir un buen número de piezas cada vez que se desmonta el motor o algunos elementos. Ejemplos de ello son todas las juntas tóricas, que quedan machacadas en sus alojamientos, las juntas de papel o las plásticas de las diferentes tapas del motor.

INDICACIÓN EN EL TORNILLO	TIPO	TENSIÓN MÁXIMA	CLASIFICACIÓN
SIN MARCA	5,8	50 - 70 KG/MM²	NORMAL
⊖	8,8	80 - 100 KG/MM²	NORMAL
10	10,9	100 - 120 KG/MM²	ALTA TENSIÓN
10	12,9	120 - 140 KG/MM²	ALTA TENSIÓN

10.8. Calidades de tornillo y sus características mecánicas.

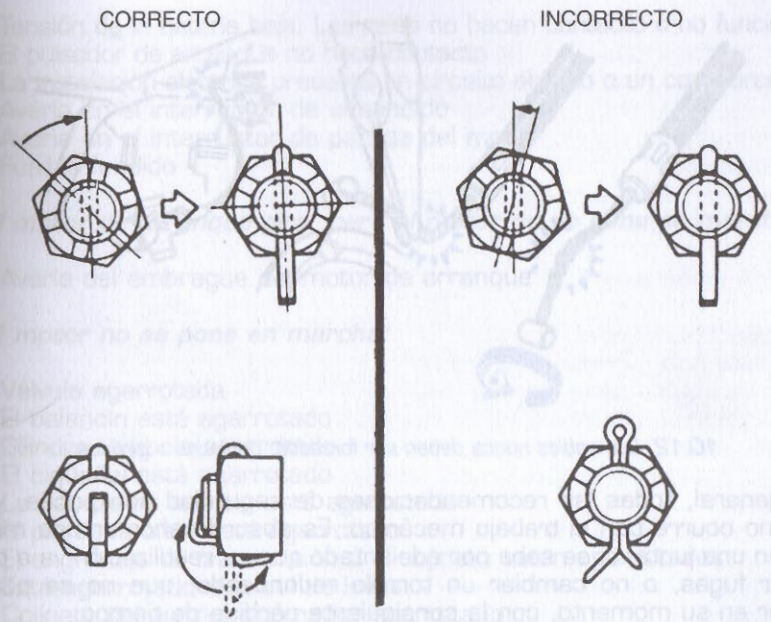
Es también conveniente realizar un montaje previo sin forzar los elementos ni apretar, y comprobar que la colocación y orientación de las piezas es la adecuada. Todas las piezas internas del motor y el bastidor necesitan ser lubricadas antes de ser instaladas. Normalmente, las piezas del interior del motor que están en contacto con el sistema de lubricación se engrasan con aceite del motor, los casquillos y los apoyos de fricción con grasa bisulfuro de molibdeno, y los elementos exteriores, como rodamientos del bastidor, con grasa consistente de litio o especial para rodamientos con bases similares.

Nunca se deben reutilizar elementos de sujeción como circlips, retenes si son extraídos, juntas metálicas, grupillas y demás elementos de retención de las tuercas, etc.... Los circlips deben instalarse con el chaflán biselado en el interior, las grupillas de la forma que se observa en la Fig. 10.10, y los rodamientos con el código de talla en la parte visible. Estos últimos se deben instalar con precaución, apoyando siempre en la pista

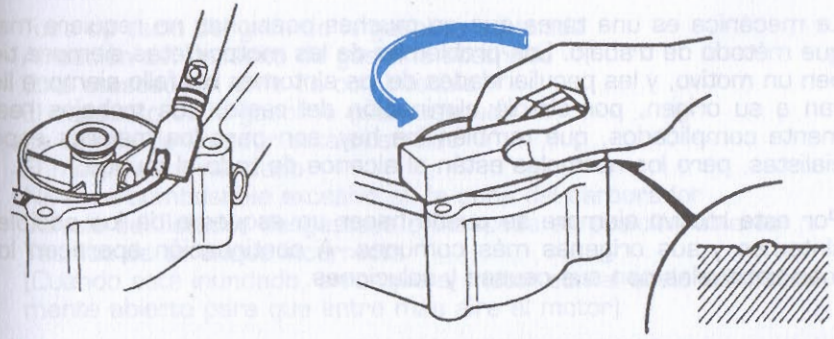


10.9. Distintos tipos de sistemas para evitar el aflojamiento de los tornillos y tuercas.

que encaja a presión y para comprobarlos se puede ver si tienen juego o si suenan al hacerlos rodar con la mano. Para limpiarlos se debe utilizar disolvente y soplarlos bien con una pistola de aire. Siempre hay que eliminar los restos de las juntas de papel anteriores, rascándolas con una cuchilla o un destornillador y posteriormente eliminando sus restos con productos químicos o un lijado muy fino como se observa en la Fig. 10. 11. Otros elementos con los que se debe tener especial cuidado son los cables, sobre todo en sus terminales. Nunca deben doblarse, girarse ni apretarse como en la Fig 10.12, de manera que el trenzado se mantenga en perfectas condiciones.

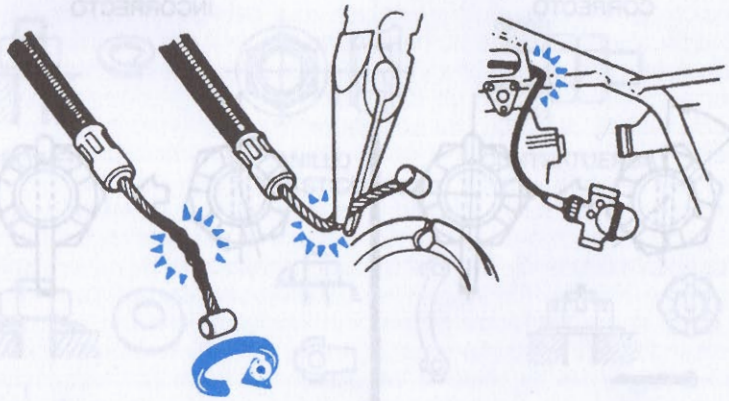


10.10. Método correcto para instalar las grupillas de las tuercas almenadas.



10.11. Las juntas de papel o cartón deben ser eliminadas completamente antes del montaje de las nuevas.

El sistema eléctrico también merece una especial atención, los cables no deben doblarse, y las bridas que se disponen para su fijación no deben apretarlos ni dejarlos sueltos. Es importante desconectar la masa de la batería —que es el polo negativo normalmente— cuando se va a trabajar, para evitar cortocircuitos accidentales o la puesta en marcha de la motocicleta.



10.12. Los cables nunca deben ser forzados, doblados o girados.

En general, todas las recomendaciones de seguridad son pocas, y lo mismo ocurre con el trabajo mecánico. Es absurdo ahorrar una minucia en una junta, si se sabe por adelantado que su reutilización va a provocar fugas, o no cambiar un tornillo redondeado, que no se podrá sacar en su momento, con la consiguiente pérdida de tiempo.

3. INVESTIGACIÓN DE AVERÍAS

La mecánica es una tarea que en muchas ocasiones no requiere mas que método de trabajo. Los problemas de las motocicletas siempre tienen un motivo, y las peculiaridades de los síntomas del fallo siempre llevan a su origen, por simple eliminación del resto. Los trabajos realmente complicados, que también los hay, son para los mejores especialistas, pero los normales están al alcance de todo el mundo.

Por este motivo siempre se puede hacer un esquema de los posibles síntomas y sus orígenes más comunes. A continuación aparecen los más habituales con sus causas y soluciones.

Guía Para la Localización de Averías

1. El motor no arranca, dificultad en el sistema de arranque.

· ***El motor de arranque no gira:***

Avería en el sensor de punto muerto o en el motor de arranque
Avería en el motor de arranque

Tensión de la batería baja. Los relés no hacen contacto o no funcionan
El pulsador de arranque no hace contacto
La instalación eléctrica presenta un circuito abierto o un cortocircuito
Avería en el interruptor de encendido
Avería en el interruptor de parada del motor
Fusible fundido

· ***El motor de arranque gira, pero el motor no se pone en marcha:***

Avería del embrague del motor de arranque

· ***El motor no se pone en marcha:***

Válvula agarrotada
El balancín está agarrotado
Cilindro, émbolo agarrotado
El cigüeñal está agarrotado
La cabeza de la biela está agarrotada
El pie de la biela está agarrotado
El engranaje de transmisión o el cojinete están agarrotados
Está agarrotado el árbol de levas
Cojinete del eje del alternador agarrotado
Está agarrotado un cojinete del volante

· ***No circula la gasolina:***

Tubo de vacío del grifo de la gasolina atascado
Aireación del depósito de gasolina obstruido
Está atascado el grifo de combustible
El conducto de la gasolina está atascado
La válvula de flotador está obstruida
El motor está inundado
Nivel de combustible excesivo en la cuba del carburador
Válvula del flotador desgastada o atascada en posición abierta
Técnica de arranque incorrecta
(Cuando esté inundado, arranque el motor con el acelerador totalmente abierto para que entre más aire al motor)

· ***No da chispas; da una chispa débil:***

La tensión de la batería está baja
La bujía está sucia, rota o mal ajustada
Avería de la instalación eléctrica de alta tensión o de la caperuza de la bujía de encendido
La caperuza de la bujía de encendido no hace un buen contacto
La bujía instalada no es la correcta
Avería en el dispositivo de encendido IC

Avería del interruptor de punto muerto, de la pata de apoyo lateral o de bloqueo del motor de arranque
Avería en la bobina de captación
Avería en la bobina de encendido
Cortocircuito del interruptor de parada del motor o del interruptor del encendido.
Cable en corto-circuito o en circuito abierto
Fusible fundido

· ***Compresión baja:***

Bujía de encendido suelta
Culata floja (apriete incorrecto)
La válvula no tiene holgura (pisada)
El cilindro o el émbolo están desgastados
Segmento del émbolo estropeado (desgastado, frágil, roto o atascado)
Juego excesivo segmento del émbolo/acanaladura
Junta de culata del cilindro deteriorada
La cabeza del cilindro está alabeada
El muelle de la válvula está roto o débil
La válvula no asienta correctamente (la válvula está curvada, desgastada, o tiene carbonilla acumulada en la superficie de asiento)

2. Funcionamiento deficiente a baja velocidad

· ***Chispa débil:***

Tensión de la batería baja
La bujía está sucia, rota o mal ajustada
Avería en la instalación eléctrica de alta tensión o en la caperuza de la bujía
Caperuza de bujía en cortocircuito o no hace buen contacto
La bujía de encendido instalada no es la correcta
Avería en el dispositivo de encendido (IC)
Avería de la bobina de captación
Avería en la bobina de encendido

· ***Mezcla de aire/combustible incorrecta:***

Tornillo piloto mal ajustado
Está atascado el conducto del aire o el inyector piloto
Están atascados los orificios de purga del tubo de purga del aire
Obstruido el conducto piloto
Filtro del aire atascado, mal cerrado, o no instalado
Émbolo de arranque atascado en posición abierto
Nivel de combustible excesivo o demasiado bajo de la cuba del carburador

La ventilación del depósito de la gasolina está obstruida
Tubo de fijación del carburador está suelto
Está flojo el conducto del filtro del aire
Junta tórica del filtro del aire dañada

· ***Compresión baja:***

Los mismos motivos que en el apartado anterior

· ***Otras causas:***

Avería del dispositivo de encendido (IC)
Los carburadores no están sincronizados
Válvula de succión del aire averiada
El émbolo de la válvula no se desliza suavemente
La viscosidad del aceite es demasiado alta
Avería del tren de arrastre
Roce del freno
Avería en la válvula de succión del aire
Avería en la válvula del interruptor vacío

3. Funcionamiento deficiente o sin potencia a alta velocidad

· ***Encendido incorrecto:***

Bujía está sucia, quebrada o mal ajustada
Caperuza de la bujía tiene un cortocircuito o no hace buen contacto
La bujía colocada no es la correcta
Avería en el dispositivo de encendido (IC)
Avería de la bobina de captación
Avería de la bobina de encendido

· ***Mezcla de combustible/aire incorrecta:***

Émbolo buzo de arranque atascado en la posición abierto
Surtidor principal atascada o tamaño incorrecto
Aguja del surtidor o surtidor desgastados
Surtidor de aire obstruido
El nivel de combustible en el tazón del carburador es demasiado alto o demasiado bajo
Los orificios de purga del tubo de purga del aire o del surtidor de aguja están atascados
Filtro del aire obstruidos, mal asentado o no instalado
Conducto del filtro del aire mal asentado
Agua o partículas extrañas en el combustible

Tubo de fijación del carburador suelto
El respiradero del depósito de gasolina está obstruido
Grifo de combustible obstruido
Conducto de combustible obstruido

· ***Compresión baja:***

Las mismas causas que en el apartado anterior

· ***Detonación:***

Carbonilla acumulada en cámara de combustión
Calidad del combustible deficiente o incorrecta
La bujía de encendido instalada no es la correcta
El dispositivo de encendido IC está averiado

· ***Diversas causas:***

La válvula de mariposa no se abre totalmente
El émbolo de vacío no se desliza suavemente
Roce del freno
Deslizamiento del embrague
Recalentamiento
El nivel de aceite del motor está demasiado alto
La viscosidad del aceite del motor es demasiado alta
Avería en el tren de arrastre
Avería en la válvula de succión del aire
Avería de la válvula de control por depresión

4. Recalentamiento

· ***Encendido incorrecto:***

Bujía sucia, quebrada o mal ajustada
La bujía colocada no es la correcta
Avería en el dispositivo de encendido (IC)

· ***Mezcla combustible/aire incorrecta:***

Surtidor principal atascado o de tamaño incorrecto
El nivel de combustible de la cuba del flotador del carburador es demasiado bajo
El soporte del carburador está flojo
El filtro del aire está mal cerrado o no instalado
El conducto del filtro del aire está flojo
El filtro del aire está atascado

· ***Compresión alta:***

Carbonilla acumulada en la cámara de combustión

· ***La carga del motor es defectuosa:***

El embrague patina
Nivel del aceite del motor demasiado alto
Viscosidad del aceite del motor excesivamente alta
Avería del tren de arrastre
Roce del freno

· ***Lubricación insuficiente:***

Nivel del aceite del motor demasiado bajo
Aceite del motor de mala calidad o no es el correcto

· ***Indicador incorrecto:***

El indicador de la temperatura del agua está roto
El sensor de la temperatura del agua está roto

· ***Refrigerante en mal estado:***

Nivel de refrigerante demasiado bajo
Refrigerante deteriorado

· ***Componente del sistema de refrigeración en mal estado:***

Radiador atascado
Avería del termostato
Avería del tapón del radiador
Avería del interruptor termostático del ventilador
El relé del ventilador está averiado
El motor del ventilador está roto
Aspa de ventilador estropeada
La bomba de agua no gira
Rodete de la bomba de agua estropeado

5. Refrigeración excesiva

· ***Indicador incorrecto:***

El indicador de la temperatura del agua está roto
El sensor de la temperatura del agua está roto

· ***Componente del sistema de refrigeración averiado:***

El interruptor termostático del ventilador está averiado
Avería en el termostato

6. Funcionamiento defectuoso del embrague

· ***Deslizamiento (patina) del embrague:***

Juego nulo de la maneta del embrague
El disco de fricción está desgastado o alabeado
El disco de acero está desgastado o alabeado
El muelle del embrague está roto o debilitado
El cable interior del mando del embrague se engancha
El mecanismo de desembrague está averiado
Bomba o bombín de embrague agarrotados (accionamiento hidraúlico)
El cubo o alojamiento del embrague están desgastados de forma desigual

· ***El embrague no desembraga correctamente:***

Juego excesivo de la maneta del embrague
El disco del embrague está muy desgastado o rugoso
La tensión de los muelles del embrague es desigual
El aceite del motor está deteriorado
La viscosidad del aceite del motor es demasiado alta
El nivel de aceite en el motor es excesivamente alto
La campana del embrague permanece inmóvil sobre el árbol primario
El mecanismo de desembrague está averiado
La contratuerca del cubo del embrague está floja

7. Cambio de marcha defectuoso

· ***No entran las marchas; el pedal del cambio no vuelve a su posición de reposo:***

El embrague no desembraga
La horquilla de cambio está doblada o agarrotada
El engranaje está adherido al eje
La palanca de posicionamiento de las marchas roza
El muelle de la palanca del cambio está roto o no tiene consistencia
El pasador del muelle de retorno del cambio está suelto
El muelle del brazo del mecanismo de cambio está roto
El brazo del mecanismo de cambio está roto
El trinquete del cambio está roto

· ***Se sale de la marcha:***

La horquilla del cambio está desgastada
La ranura del engranaje está desgastada
Las garras del engranaje y/o los orificios de las garras están desgastados
Las ranuras del tambor de cambio están deterioradas
El fijador tiene el muelle cedido o roto
El pasador de la horquilla de cambio está desgastado
Árbol primario, árbol secundario y/o secciones del perfil dentado para los en granajes deteriorados

· ***Cambio a marchas no deseadas:***

El muelle de posicionamiento de la marcha está debilitado o roto
El muelle del brazo del mecanismo está roto

8. Ruido anormal del motor

· ***Golpeteo (autoencendido):***

Avería del dispositivo de encendido (IC)
Acumulación de carbonilla en la cámara de combustión
Calidad deficiente del combustible o combustible incorrecto
La bujía de encendido no es la correcta Recalentamiento.

· ***Campaneo del émbolo:***

Juego excesivo entre el cilindro/émbolo
Desgaste del émbolo y del cilindro
Curvatura de la biela
Desgaste de los orificios, del émbolo, pasador de émbolo

· ***Ruido de la válvula:***

El juego de la válvula no es la correcta
El muelle de la válvula está roto o debilitado
Cojinete del árbol de levas desgastado
Alzaválvulas desgastado

· ***Otro ruido:***

Holgura excesiva de la cabeza de la biela
Holgura excesiva del pie de la biela
Desgaste, rotura o adherencia del segmento del émbolo
Agarrotamiento o deterioro del segmento del émbolo

Fuga de la junta de la culata del cilindro
Fuga del tubo de escape en la conexión de la culata del cilindro
Excentricidad excesiva del cigüeñal
Fijaciones del motor flojas
Cojinete del cigüeñal desgastado o astillado
Engranaje primario desgastado o astillado
Avería en el tensor de la cadena de distribución
Desgaste de la guía, piñón y cadena de distribución
La válvula de aspiración está averiada
Rotor del alternador flojo
Válvula de succión de aire averiada
Válvula de control por depresión averiada
Engranaje del volante desgastado
La posición del eje del volante está mal ajustada
Desgaste del cojinete del volante
Cadena motor arranque, corona o guía desgastada

9. Ruido anómalo del tren de arrastre

· ***Ruido del embrague:***

El amortiguador de goma está debilitado
Juego excesivo de la campana del embrague/ disco de fricción.
El engranaje de la campana del embrague está desgastado

· ***Ruido de la caja de transmisión:***

Los cojinetes están gastados
Los engranajes de la transmisión están gastados o desportillados
Hay virutas metálicas atascadas en los dientes del engranaje
La cantidad de aceite del motor es insuficiente

· ***Ruido de la cadena de arrastre:***

La cadena de transmisión no se ha ajustado correctamente
La cadena está desgastada o desengrasada
Desgaste del piñón del motor o/y del piñón trasero
Rueda trasera desalineada

10. Ruido anormal del chasis

· ***Ruido de la horquilla delantera:***

El aceite es insuficiente o demasiado fluido
El muelle está roto o debilitado

· ***Ruido del amortiguador telescópico trasero:***

El amortiguador telescópico está averiado

· ***Ruido del freno de disco:***

Pastilla incorrectamente instalada
La superficie de la pastilla está alisada
El disco está alabeado
Avería de la pinza

· ***Otros ruidos:***

El soporte, tuerca, tornillo, etc. no están debidamente montados o apretados

· ***Se enciende el chivato de la presión del aceite:***

La bomba del aceite del motor está deteriorada
El pasador del aceite del motor está atascado
Nivel del aceite del motor demasiado bajo
La viscosidad del aceite del motor es excesivamente baja
Los cojinetes del árbol de levas están deteriorados
Están deteriorados los cojinetes del cigüeñal
El interruptor de presión del aceite está averiado
El cableado está averiado
El adhesivo de la válvula de seguridad está abierto
La junta tórica del tubo del aceite del cárter está deteriorada

11. Salen demasiados humos del escape

· ***Humo blanco:***

El segmento del aceite del émbolo está desgastado
El cilindro está desgastado
El retén del aceite de la válvula está deteriorado
Está desgastada la guía de la válvula
La junta de la culata del cilindro está deteriorada
El nivel del aceite del motor está muy alto

· ***Humo negro:***

El filtro del aire está atascado
El surtidor principal es demasiado grande o se ha desprendido
El émbolo del arranque está atascado en la posición abierto
El nivel de combustible en la cuba del carburador es demasiado alto

· ***Humo marrón:***

Surtidor principal demasiado pequeño
Nivel de combustible de la cuba del carburador demasiado baja
Está suelto el conducto del filtro del aire
El filtro del aire está mal cerrado o no instalado

12. La conducción y/o estabilidad no son satisfactorias

· ***El manillar está muy duro cuando éste gira:***

La tuerca de ajuste de la dirección está demasiado apretada
Cojinete deteriorado
Cojinete de la dirección insuficientemente lubricado
La tija de la dirección está doblada
La presión del aire de los neumáticos es demasiado baja

· ***El manillar tiembla o vibra excesivamente:***

Neumático desgastado
Cojinete del pivote del basculante desgastado
La llanta está torcida o no está equilibrada
Cojinete de la rueda desgastado
La abrazadera del manillar está floja
Tuerca de la cabeza de la tija de dirección floja

· ***El manillar tira hacia un lado:***

El chasis está doblado
Rueda desalineada
El brazo oscilante está curvado o retorcido
Está mal ajustada la dirección
La horquilla delantera está curvada
Los soportes de la horquilla derecha e izquierda están desequilibrados

· ***La amotriguación no funciona correctamente:***

(Amortiguación demasiado dura)
Hay demasiado aceite en la horquilla delantera
La viscosidad del aceite de la horquilla delantera es demasiado alta
La presión del aire de la horquilla es excesiva
Ajuste del amortiguador telescópico trasero demasiado duro
Presión de los neumáticos excesiva
La horquilla delantera está curvada (Amortiguador demasiado blando)

El aceite de la horquilla delantera es insuficiente y/o tiene fugas
La viscosidad del aceite de la horquilla delantera es demasiado baja
Horquilla delantera, muelle del amortiguador telescópico trasero sin tensión
Hay fuga de aceite en el amortiguador telescópico trasero

13. Disminución de la potencia de frenado

Hay aire en el conducto del líquido de frenos
Pastilla o disco desgastado
Fuga de líquido de frenos
Disco alabeado
Pastilla corroída
El líquido de frenos está en mal estado
El vaso de estanqueidad primario o secundario está deteriorado
El cilindro maestro está arañado interiormente

14. Batería descargada

Batería defectuosa (ej. placas sulfatadas, en cortocircuito debido a la sedimentación, nivel del electrólito demasiado bajo)
Los cables de la batería no hacen buen contacto
Sobrecarga (ejem. la lámpara tiene una tensión excesiva)
Avería del interruptor de encendido
Avería del alternador
Cableado defectuoso

· ***Bateria sobrecargada:***

Avería del regulador/rectificador

4. LUBRICACIÓN GENERAL

Antes de lubricar cada una de las piezas hay que eliminar las manchas de óxido con eliminador de óxidos y eliminar cualquier resto de grasa, aceite, suciedad o mugre.

Para realizar una lubricación completa se deben engrasar los puntos que se indican a continuación con la sustancia adecuada.

Siempre que se haya conducido sobre firmes húmedos o bajo la lluvia y especialmente después de emplear agua pulverizada a alta presión como ocurre normalmente en los lavados, se debe llevar a cabo una lubricación, general.

Las zonas y elementos que requieren engrase son:

· ***Pivotes a lubricar con aceite para motores:***

Maneta del embrague
Maneta del freno delantero
Junta del cable del freno trasero
Pedal del freno trasero
Pedal del cambio

· ***Puntos a lubricar con grasa:***

Caballete central
Pata de apoyo lateral
Extremo superior del cable del interior del embrague
Extremo inferior del cable interior del embrague
Extremo anterior del cable interior del freno trasero
Extremo posterior del cable interior del freno trasero
Cable interior del velocímetro engrasando la parte inferior
Cable interior del tacómetro de la misma forma que el anterior
Extremos inferiores del cable interior del acelerador
Engrase la parte inferior del cable interior sin añadir una cantidad excesiva de grasa

· ***Cables a lubricar con aceite para motores:***

Cable del estárter
Cable del acelerador

5. APRIETE DE LA TORNILLERÍA

Otra operación habitual de mantenimiento consiste en comprobar el apriete de los distintos tornillos y tuercas, los que se han de comprobar son los siguientes:

· ***En las ruedas:***

Tuerca del eje delantero
Tuerca de la abrazadera del eje delantero
Tuerca del eje trasero
Pasador de aletas de la tuerca del eje trasero

· ***En los frenos:***

Tornillos de la abrazadera del cilindro maestro
Tornillos de fijación de la pinza

Tornillo de la palanca excéntrica del freno
Tuercas de la articulación del tensado
Tornillo del pedal del freno
Pasador de aletas de la tuerca de la articulación de tensado

· ***En las suspensiones:***

Tornillos de la abrazadera del freno delantero
Tuerca del eje pivote del basculante
Tuercas del amortiguador telescópico trasero

· ***En la dirección:***

Tornillo de la abrazadera del manillar
Tornillo de la cabeza de la tija

· ***En el motor:***

Tuercas de fijación del silenciador
Tuercas del soporte del tubo de escape
Tuercas de fijación del motor
Tornillo del pedal del cambio
Tornillo de la abrazadera del empalme del silenciador
Tornillos de la culata

· ***En otros puntos:***

Tornillos del soporte de la maneta del embrague
Tuerca de la pata de apoyo lateral
Pasador de aletas del caballete central
Tornillos de fijación de la estribera anterior
Tornillos de fijación de la estribera posterior
Clips de seguridad de la estribera anterior
Clips de seguridad de la estribera posterior
Tornillos de la caja de intermitentes derecha

Capítulo XI

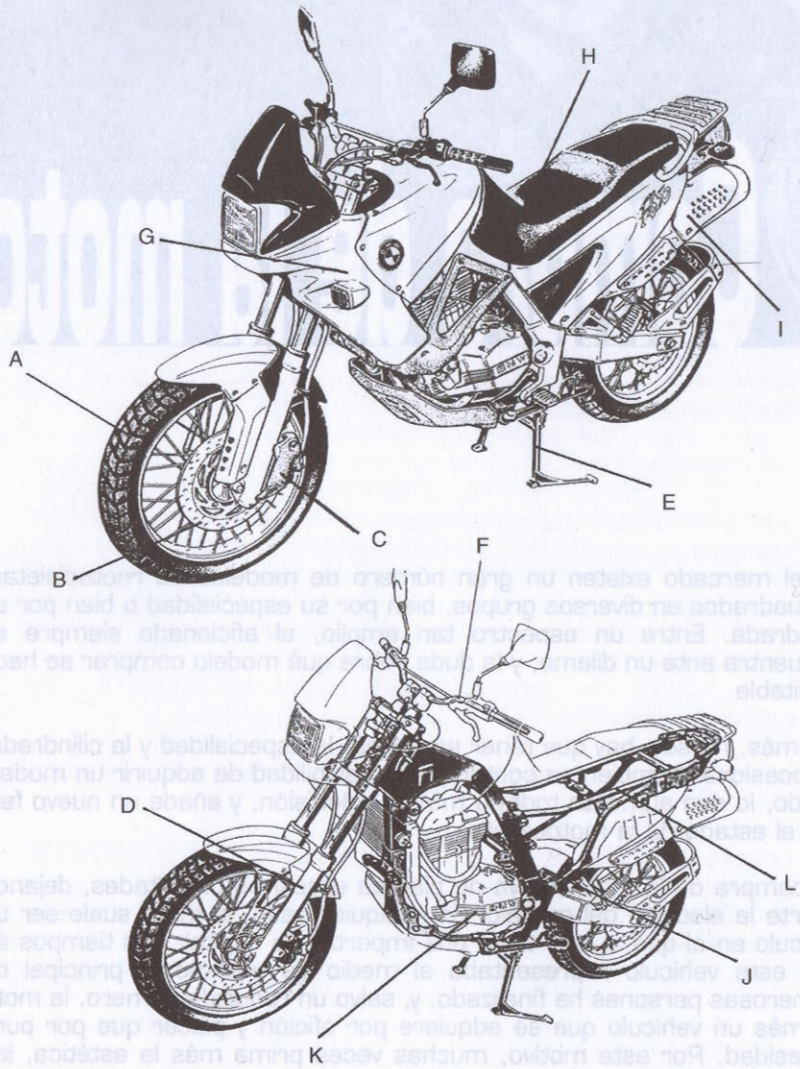
Compra de la moto

En el mercado existen un gran número de modelos de rnotocicletas, encuadrados en diversos grupos, bien por su especialidad o bien por su cilindrada. Entre un espectro tan amplio, el aficionado siempre se encuentra ante un dilema, y la duda sobre qué modelo comprar se hace inevitable.

Además, no sólo hay que tener en cuenta la especialidad y la cilindrada, en ocasiones también se contempla la posibilidad de adquirir un modelo usado, lo que aumenta todavía más la indecisión, y añade un nuevo factor, el estado de la motocicleta.

La compra de la moto nueva no plantea excesivas dificultades, dejando aparte la elección del modelo. En cualquier caso, la moto suele ser un artículo en el que el ocio tiene una importancia capital. Los tiempos en que este vehículo representaba el medio de transporte principal de numerosas personas ha finalizado, y, salvo un reducido número, la moto es más un vehículo que se adquiere por afición y placer que por pura necesidad. Por este motivo, muchas veces prima más la estética, las prestaciones o la tecnología incorporada, que las propias cualidades de la motocicleta.

De todos modos, siempre es importante hacer un análisis sobre las necesidades, el nivel de conducción, y el presupuesto disponible. Muchos aficionados adquieren la moto mayor que les es posible con su presupuesto inicial, lo que a la larga no trae más que complicaciones por las necesidades de mantenimiento, que lógicamente aumentan con la cilindrada y la complicación de los órganos mecánicos.



11.1. Puntos de la motocicleta de segunda mano que requieren una inspección: A.- Neumáticos, B.- Discos de freno, C.- Pastillas de freno, D.- Suspensión delantera, E.- Caballetes, F.- Dirección, G.- Carrocería, H.- Sillín, I.- Escape, J.- Transmisión, K.- Motor.

Otro problema bastante usual es que, al ser la moto un vehículo que requiere una cierta habilidad para ser manejada con soltura, sobre todo a alta velocidad o ante situaciones de peligro, los conductores sin experiencia que disponen de modelos de altas prestaciones se ven ampliamente superados por las posibilidades de la moto en cuanto a velocidad, lo que entraña un riesgo importante ante la más mínima complicación. Tanto especialistas como fabricantes advierten de la necesidad de un aprendizaje escalonado, pero para un amplio grupo de compradores estas recomendaciones no suponen ningún tipo de freno ante sus aspiraciones inmediatas.

Finalmente, hay que contar también con la utilización que se va a dar a una motocicleta. No parece aconsejable comprar un modelo de amplias prestaciones para un empleo urbano, ni una moto deportiva si lo que se desea es viajar en largos trayectos. La amplia oferta de modelos permite elegir dentro del presupuesto con que se cuente con varias opciones totalmente adecuadas. Es en ellas en las que hay que sopesar factores como el servicio postventa de la firma, las garantías de calidad o la posible vida útil del modelo.

1. LA MOTO DE SEGUNDA MANO

Si la opción es una moto usada, se hace necesario conocer mínimamente el estado inicial del vehículo. El propietario anterior siempre mantendrá que la moto se encuentra en perfecto estado, pero se hace necesario realizar un análisis previo en el que se estudie elemento por elemento el estado de la motocicleta.

La razón no sólo viene dada por la compra de un vehículo en mal estado, que lógicamente puede darse, pero es relativamente sencillo de averiguar, sino también por ajustar un precio que nunca debe ser mayor del fijado por el propio mercado.

Habitualmente las motos baratas, conocidas normalmente como "chollos", no lo son tanto, y por cada unidad que realmente se vende por un precio muy ajustado por necesidad o motivos personales, hay muchas más que encierran otra historia.

Como norma general, nunca hay que hacer caso de dos indicaciones previas y generales. La primera es el número de kilómetros, ya que es muy fácil manipular el marcador. El segundo es la habitual historia sobre el anterior propietario que jamás utilizaba la moto y que como normalmente "le daba miedo" nunca pasaba de 100 km/h, pero que siempre realizaba un mantenimiento impecable.

No hay que ponerse en el peor caso, pero tampoco en el mejor. La gran mayoría de las motos recorren un cierto número de kilómetros al cabo del año, y su mantenimiento puede ser mejor o peor, pero esto suele averiguarse con relativa facilidad. En general y como medida de precaución no debe nunca suponerse que una moto tiene menos de 10.000

km anuales en el mejor caso, y esto siempre que su estado sea impecable.

El estudio de la moto usada se debe dirigir en dos direcciones concretas: su estado y el conocimiento de sus incidentes históricos en la medida de lo posible.

El estado actual de la moto requiere una inspección concienzuda. Lo habitual es que las motos se encuentren flamantes, perfectamente lavadas y retocadas, por lo que no debe haber ni manchas de aceite ni ninguna otra señal claramente delatora de problemas. En la Fig. 11. 1 se pueden observar los puntos más importantes a revisar en una moto de segunda mano de historial desconocido. Los elementos que se pueden inspeccionar con rapidez son los neumáticos, el estado de las pastillas de los frenos, y el alabeo de los discos o los tambores, girándolos y accionándolos mínimamente para ver si la frenada se realiza de forma uniforme. La cadena de transmisión —si existe— también debe vigilarse, tanto la posición del tensor como el desgaste de la corona de transmisión y la existencia de eslabones gripados, aunque sea mínimamente. La suspensión debe disponer de hidráulico de retención al retornar después de ser hundida. El estado de los rodamientos de la dirección se puede comprobar agitando la rueda delantera y girando la dirección en la que no debe haber puntos de parada.

La moto dispone de muchos elementos, por lo que vigilarlos todos es casi imposible si no se cuenta con un largo periodo de tiempo y con material adecuado, pero de todos modos es relativamente fácil comprobar el estado de los cables de accionamiento, la dureza de los mandos, el funcionamiento de todos los elementos eléctricos, etc...

El motor es el elemento más difícil de comprobar por parte de personas sin experiencia, ya que distinguir los sonidos del propulsor y otros que pueden resultar extraños es relativamente complicado, sobre todo si no se conoce previamente el modelo. En general las motos deben arrancar en frío con ayuda del starter y sin acelerar. El arranque en cualquier condición debe ser inmediato. El estado de la batería se puede comprobar con el motor de arranque, ya que su consumo es elevado, y si se deja accionado durante un corto periodo, no debe bajar en ningún momento en su intensidad.

No deben darse acelerones sin sentido hasta que la moto no está mínimamente caliente. Lo más adecuado es circular con ella hasta calentarla, de manera que se pueda comprobar la respuesta del motor en bajos regímenes. Una vez que el motor ha alcanzado su temperatura de funcionamiento no deben haber en general ruidos metálicos rítmicos o periódicos, que pueden indicar malos ajustes de válvulas u holguras en algún eje giratorio. La cadena de distribución también suena, tanto en

ralentí como al reducirse el régimen después de un pequeño acelerón. Hay que vigilar el estado de los tubos de escape, la limpieza de los carburadores —que se recubren con el uso de una capa de color caramelo— y estar alerta a cualquier sonido anormal, que puede indicar algún problema de motor o transmisión.

Es imprescindible poder probar la moto y comprobar que tanto la respuesta desde cualquier régimen como la potencia máxima, que se puede comprobar fácilmente con la velocidad máxima, se encuentran en sus niveles. En la prueba también se pueden estudiar apartados como la refrigeración, el funcionamiento de las suspensiones o de los frenos.

La vida de una motocicleta en concreto es difícil de averiguar a simple vista, pero siempre se puede realizar una mínima inspección, para intentar descubrir si a lo largo de su utilización ha sufrido daños apreciables. Los accidentes que causan destrozos se aprecian normalmente sobre la estructura del carenado. Como las piezas nuevas son bastante caras, las que se salvan suelen repararse, y entonces dan una pista de lo sucedido anteriormente: tubos de escape abollados o raspados, carenados con ligeros cambios de color en las diferentes piezas, uniones deficientes de las diversas placas, o restos de plástico de las reparaciones en las partes interiores. También hay que comprobar que no hay piezas dobladas.

Si el motor ha sufrido una reparación importante, puede que se aprecien restos de la silicona empleada para conseguir que las diferentes piezas sean herméticas entre sí, sobre todo si no se ha limpiado y recortado bien la sobrante, que ocasionalmente es de un color vivo. También las piezas reparadas y soldadas como tapas laterales dan una indicación veraz de problemas anteriores.

Por supuesto hay que comprobar siempre que la documentación de la motocicleta corresponde con los números del bastidor y del motor, y que éstos no se han visto alterados.

Por último, sobre todo para no tener sorpresas desagradables se debe investigar el historial fiscal de la motocicleta, ya que es necesario estar al corriente de los distintos impuestos para poder realizar las transferencias, y también puede haber todo un rosario de multas de tráfico que pueden pasar al siguiente propietario.

La compra de la moto supone realizar una elección importante, y siempre debe cuidarse y estudiarse con atención.

A modo de resumen en la Fig 11.2, se pueden encontrar los problemas más comunes en motocicletas usadas.

ELEMENTOS A REVISAR	POSIBLES PROBLEMAS
NEUMATICOS	DESGASTES GRIETAS
FRENOS	ALABEO DISCOS DESGASTE DISCOS DESGASTE PASTILLAS
SUSPENSIÓN DELANTERA	ESTADO DEL LIQUIDO BARRAS ARAÑADAS BARRAS DOBLADAS RETENES REVENTADOS
SUSPENSIÓN TRASERA	RODAMIENTOS BASCULANTE RODAMIENTOS BIELETAS ESTADO HIDRÁULICO AMORTIGUADOR
DIRECCIÓN	RODAMIENTOS DE DIRECCIÓN ALINEAMIENTO DE RUEDAS MANILLAR DOBLADO O GOLPEADO
CARROCERIA	GOLPES Y ARAÑAZOS PLÁSTICO O FIBRA REPARADA UNIONES MAL ENCAJADAS PIEZAS NUEVAS
CHASIS	TUBOS ABOLLADOS PINTURA SALTADA EN SOLDADURAS PIPA O SUBCHASIS DOBLADOS
SISTEMA ELÉCTRICO	FUNCIONAMIENTO CORRECTO CABLES SIN MANIPULAR FUSIBLES ADECUADOS
TRANSMISIÓN	DESGASTE
MOTOR	RUIDOS ANOMALOS ESTADO TUBO DE ESCAPE PRUEBA DINÁMICA AUSENCIA GOLPES AUSENCIA ESCAPES DE ACEITE

11.2. Problemas más habituales en motos usadas.

Conducción de la motocicleta

La motocicleta es un vehículo cuya estabilidad depende de la velocidad adquirida. Al contrario que la mayoría de los automóviles, las motos no disponen de un apoyo estable cuando se encuentran paradas. Sus dos ruedas las confieren una posición definida, únicamente cuando se encuentran girando.

Esta peculiaridad, junto a otras que intervienen en la conducción, como la gran intervención del piloto en el dominio de la máquina, o la necesidad de realizar ciertos esfuerzos para abordar las curvas, las convierten en unos aparatos de dominio ligeramente complejo. Además, el piloto está sometido a la fuerza centrífuga y a las inercias de las aceleraciones y frenadas, al estar situado sobre el vehículo.

Por todo ello, las motos son más complicadas de manejar que otros tipos de vehículos, y es necesaria una mínima adaptación a sus características. Es importante adquirir experiencia paulatinamente, algo que ayuda a mejorar poco a poco el nivel de conducción del motorista. Sin embargo, hay ciertos conceptos que se pueden conocer de manera previa, y, que pueden servir de guía de referencia para cualquier tipo de conducción.

1. ADAPTACIÓN DE LA MOTO

Las motocicletas, al contrario que otros vehículos, disponen en la práctica totalidad de los modelos de bastantes elementos ajustables. Desde la mayoría de los mandos, tanto en el manillar como en los pedales,

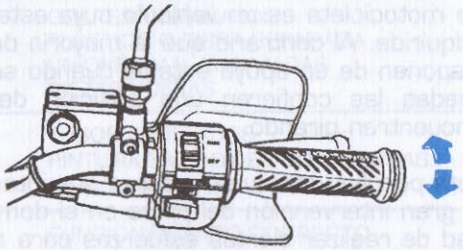
hasta las suspensiones. Incluso características tan importantes como la geometría, son fácilmente variables, lo que proporciona una gran variedad de comportamientos en un único vehículo, que se puede adaptar a las necesidades y los gustos de cada propietario. Evidentemente no se requieren las mismas condiciones del vehículo para una conducción sobre tierra que sobre asfalto, en seco o en mojado, con pesos diferentes, o en una conducción relajada o una deportiva.

Antes de afrontar cualquier otra operación, es necesario adaptar cada uno de los mandos a la posición y las medidas apropiadas de cada usuario.

2. USO DE LOS MANDOS

Para una conducción correcta y cómoda, es importante prestar especial atención a la colocación de los mandos. Cada conductor tiene su tamaño, sus costumbres, su estilo y sus vicios, y todo ello condiciona la forma de conducir.

El acelerador: Revisar la posición de las manetas y pedales de la motocicleta proporcionará no sólo mayor seguridad, sino mayor comodidad a la hora de realizar largos recorridos.

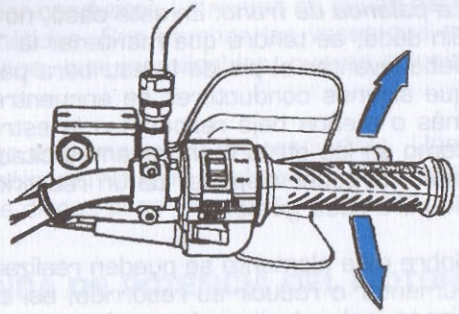


12.1. Recorrido del acelerador.

Es conveniente intentar disponer de un puño de gas relativamente corto de recorrido y suave (Fig. 12.1). Con ello se consigue una mayor rapidez y precisión a la hora de su accionamiento. En largos recorridos se evita el cansancio de la muñeca, y, tan sólo si se dispone de un motor con bastante potencia, se tendrá que prestar atención a la respuesta del propulsor, ya que, al disponer de un recorrido corto, el paso por las distintas zonas de potencia de motor se realizará con mayor rapidez, y se requerirá algo más de tacto para su dosificación.

La maneta del embrague: Es importante colocarla en una posición cómoda respecto a los dedos de la mano izquierda. Lo más habitual es regularla en el mismo plano que ofrecen los dedos estirados, aunque, también es cierto que existen conductores que prefieren llevarla algo más alta o algo más baja. En todo caso, cualquiera de estas dos últimas posiciones se pueden catalogar como erróneas, pues lo único que se consigue es fatigar, antes de lo normal, la muñeca izquierda.

La maneta del freno: Lo mismo se puede aplicar con respecto a la colocación de la maneta de freno. El freno es uno de los puntos más importantes de una moto, y, por lo tanto, es imprescindible que el piloto se encuentre cómodo y seguro a la hora de utilizarlo. La maneta tiene que estar situada, al igual que la del embrague, a la misma altura de los dedos de la mano derecha cuando estén extendidos (Fig. 12.2). Es especialmente importante que la distancia entre el puño de gas y la propia maneta, sea la adecuada para el tamaño de la mano y la longitud de los dedos. Con ello se consigue, una vez más, mayor comodidad, y, lo que es más importante, mayor precisión a la hora de una frenada de emergencia.



12.2. Regulación de la altura del freno delantero.

Hoy en día es muy habitual que las manetas de embrague y de freno, sobre todo estas últimas, dispongan de un anclaje excéntrico. De esta manera que es posible regular en varias posiciones la distancia inicial de la maneta con respecto al manillar, facilitando la tarea de ajuste. En sistemas hidráulicos la regulación es más complicada, pero los sistemas de accionamiento por cable, facilitan, con la regulación de la tensión inicial, este trabajo, aunque hay que tener precaución de mantenerse dentro de los márgenes en los que el sistema se acciona correctamente.

La palanca de cambio: Al igual que con las manetas, el objetivo de disponer de una buena colocación de las palancas de freno y cambio de los pies, es conseguir comodidad y precisión a la hora de utilizarlas. La palanca de cambio deberá estar colocada de manera que, sin sacar el pie de la estribera, pueda ser accionada tanto hacia arriba como hacia abajo, es decir, tanto para reducir velocidades como para aumentar el desarrollo final. Es importante que todos los movimientos del cambio se puedan realizar moviendo únicamente el pie en sentido lateral, para poder utilizar el empeine, en el caso de accionar la palanca hacia arriba, o la planta en el caso de hacerlo hacia abajo, pero en todo caso, se debe procurar no despegar el talón de la estribera. De este modo se conseguirá una cómoda y correcta utilización de la palanca de cambio.

En muchos modelos es necesario acompañar la palanca con el pie hasta asegurarse de que la velocidad se ha insertado correctamente, lo que requiere, aún más, un posicionamiento adecuado del pie, que no haga necesario adoptar posturas incómodas en cada ocasión.

La palanca de freno: En este caso, no es tan importante su colocación. Sin duda, se tendrá que mantener la "regla" de que en ningún caso se debe levantar el pie de la estribera para accionarla, pero, el hecho de que algunos conductores se encuentren más cómodos con la palanca más o menos baja respecto a la estribera, no será tan determinante como en los otros mandos antes citados. En este caso, lo más importante es poder disponer de un recorrido y un tacto que sea el adecuado para cada gusto.

Sobre este elemento se pueden realizar además ajustes encaminados a aumentar o reducir su recorrido, así como su dureza. En algunas ocasiones, sobre todo en frenos bruscos, puede ser interesante aumentar la dureza de accionamiento, colocando una goma entre el anclaje y la palanca, de modo que el pie deba presionar no sólo contra el resorte y la compresión hidráulica del circuito, sino también contra la resistencia elástica de la goma.

Hay otros puntos que ocasionalmente pueden ser regulados, como la posición del manillar, y que obligan a una recolocación del resto de los mandos.

3. DETALLES DE SEGURIDAD

Después de repasar la colocación de cada uno de los mandos del vehículo, y de cerciorarse de su correcto accionamiento, será conveniente revisar periódicamente los puntos que en definitiva, se mostraran decisivos para la seguridad.

Antes de iniciar recorridos largos es importante controlar el estado de: neumáticos, presiones, frenos, niveles de aceite, refrigerante, si lo hay, y reglajes de suspensión.

Es evidente que si el uso que se le da a la moto es diario, no es necesaria una revisión continua de estos elementos, pero debe realizarse de manera habitual.

Es relativamente fácil que en ocasiones, se puedan notar algunas irregularidades en el comportamiento del vehículo, y el piloto no sea capaz de saber cual es el origen de las mismas, por ejemplo: un neumático trasero en mal estado puede proporcionar falta de direccionalidad y producir movimientos incómodos, y evidentemente peligrosos, en la dirección, cuando se circula a alta velocidad. Algo parecido puede suceder con las suspensiones. El aceite de la horquilla en mal estado por la pérdida de la densidad adecuada, o un reglaje inadecuado del muelle o el hidráulico, hará que el comportamiento de la moto en virajes rápidos o en frenadas contundentes, donde la suspensión tiene mucha influencia,

esté lejos del deseado por cualquier conductor. Lo mismo se puede decir sobre las presiones de los neumáticos. Son muchas las veces que se pueden notar movimientos extraños, casi inexplicables, que se solucionan con una correcta presión.

La revisión de los frenos es algo evidentemente imprescindible. Unas pastillas de freno gastadas no sólo disminuyen la eficacia de frenada, sino que puede llegar a dañar los discos si se retrasa su sustitución.

4. UTILIZACIÓN DE LA BANDA DE POTENCIA DEL MOTOR

Si se dispone de un motor potente, el piloto se puede encontrar con dos tipos de entrega de potencia: suave y que comience desde muy bajas revoluciones, que es la habitual en las motos de gran cilindrada actuales, o disponer de un motor con entrega de potencia "puntiaguda", es decir, muy pocos bajos, y con toda la potencia en altas revoluciones, en una franja pequeña de régimen.

En el primer caso, se goza de un propulsor muy cómodo de conducir. Esto permitirá circular en marchas largas y ahorrarse muchos cambios, tanto en ciudad, como en carreteras reviradas. Es un tipo de motor que "perdonará" errores de conducción, y que ayudará a su piloto a salir de cualquier situación, ya que siempre dispondrá de potencia efectiva.

Todo lo contrario se puede decir del otro tipo de propulsor. Un motor con pocos bajos se muestra mucho más exigente con el conductor. Para aprovecharlo totalmente, hay que estar siempre atento al régimen de potencia, y, para ello, se tiene que trabajar continuamente con el cambio de marchas. Es imprescindible que se mantenga el régimen adecuado si se quiere encontrar una buena respuesta. De lo contrario, el motor se encontrará "vacío" y dispondrá de una escasa respuesta. Este tipo de propulsores exigen una conducción mucho más precisa, y, al contrario del otro tipo antes comentado, permitirá muy pocos errores al conductor. Los motores que funcionan correctamente únicamente en altas revoluciones, se muestran mucho más exigentes con la selección de la velocidad del cambio con que se ha decidido afrontar un viraje. Si no es la adecuada, o se comete un error de conducción, el motor no permitirá salir del viraje con suficiente aceleración sin tener que reducir, hasta llevar la aguja del cuentavueltas hasta el punto donde encontremos potencia. Por contra, este tipo de conducción se acerca más a la de una moto de competición, salvando siempre las distancias, y se mostrará, para quien sepa sacarle partido, más divertida de conducir.

De todas formas hay que aclarar que, actualmente, casi todas las motos de mediana y gran cilindrada, disponen de unos propulsores con un buen par motor y una potencia suficiente en toda su gama, como

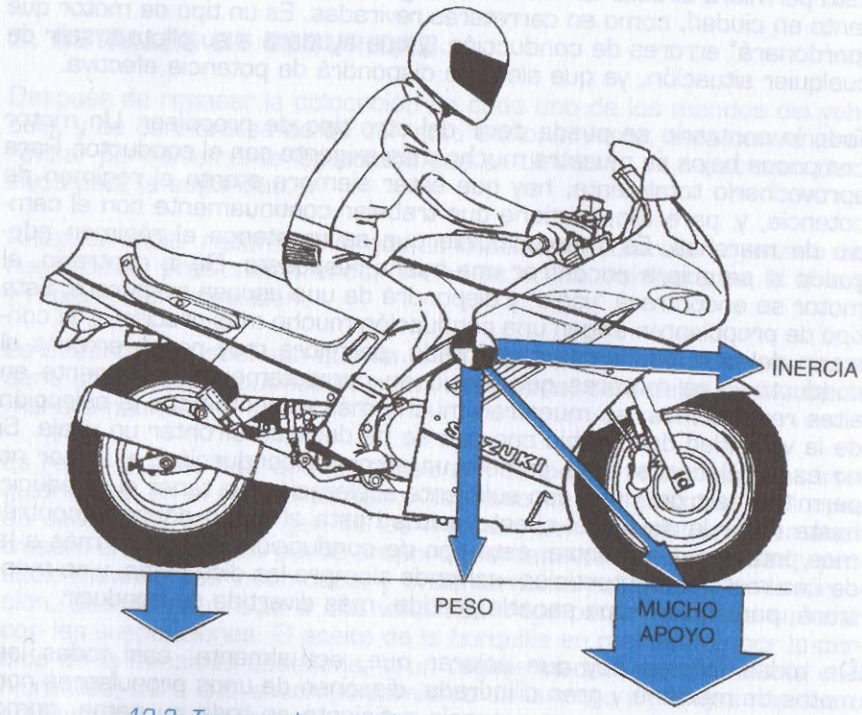
para poder gozar de una conducción cómoda y efectiva. Los motores con pocos bajos y una respuesta contundente en la zona alta de su régimen, están, en la actualidad, reservados casi exclusivamente a las motos de competición, o a los modelos deportivos de pequeña cilindrada.

5. LA FRENADA

Sin duda, uno de los puntos más importantes a la hora de conducir, es controlar perfectamente el momento en que se quiere reducir la velocidad, o detener la moto.

Es importante saber frenar, correctamente, al menos todo lo que se sea capaz de acelerar la motocicleta.

El freno principal de una motocicleta es el delantero. Con él será con el que se tiene que detener el vehículo, pero, lógicamente, debe hacerlo con corrección, lo que requiere una cierta técnica.



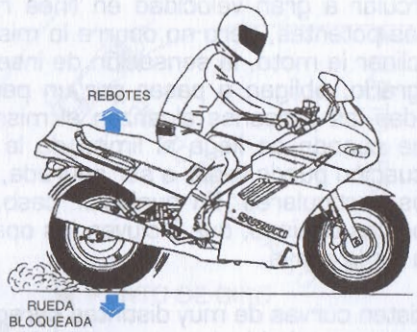
12.3. Traspaso de peso a la rueda delantera en las frenadas.

Circulando por zonas asfaltadas, siempre se da prioridad al freno delantero, pero no se debe olvidar nunca el trasero.

Cuando se frena, el reparto de pesos cambia, aumentando de manera considerable el peso sobre la rueda anterior (Fig. 12.3), lo que por una parte proporciona un aumento de la adherencia disponible, pero también provocará una descarga sobre la trasera. En una frenada contundente, se puede llegar en la rueda posterior a la pérdida de adherencia del neumático con el suelo, bien por bloqueo al frenar, o simplemente por elevarse la rueda y perder el contacto completamente. Para evitar este efecto, es aconsejable frenar levemente primero con el trasero, unas décimas de segundo antes de accionar la maneta del delantero. Con ello, se consigue que la parte trasera de la moto baje ligeramente, por efecto de la compresión de la suspensión trasera, que reacciona frente a los anclajes del freno, evitando que el peso se desplace totalmente a la rueda delantera.

En ocasiones, el trazado de la carretera puede obligar a frenar con la moto algo inclinada hacia la dirección del viraje. En ese caso, la frenada tendrá que ser anticipada lo suficiente como para poder hacerla suavemente en este momento, ya que de lo contrario, existe la posibilidad de perder la adherencia de la rueda delantera, al tener esfuerzos no sólo en el sentido longitudinal, sino también en el transversal. Al estar la mayor parte del peso cargado sobre ella, y la dirección algo girada, un deslizamiento en estas condiciones es muy peligroso. Por eso, siempre que se pueda, es interesante frenar en línea recta, con la moto totalmente derecha, y, antes de iniciar el viraje haber finalizado toda la maniobra de la frenada.

Normalmente las frenadas van acompañadas de una o más reducciones. Es importante que exista una buena coordinación entre estos dos actos simultáneos. Un motor de 4 tiempos, retiene considerablemente más que uno de 2 tiempos, y eso ayuda a detener la moto, pero esa misma retención puede causar algún problema, si a la hora de reducir no se hace correctamente. En motores de cuatro tiempos es casi imprescindible acostumbrarse a dar "un golpe de gas" mientras se está frenando y reduciendo a la vez. En el caso que sólo se necesite reducir sin frenar, también es conveniente utilizar esta técnica pues, de lo contra-



12.4. Bloqueo de la rueda trasera en reducciones.

rio, y especialmente al introducir marchas cortas, la diferencia de velocidad del motor con la rueda trasera pueden provocar un bloqueo de ésta al soltar el embrague (Fig. 12.4).

El aumento del régimen del motor a que obliga la reducción, provoca una reacción en contra del propulsor, que se traduce en una deceleración violenta en el instante inicial. Por este motivo, es conveniente que el motor esté lo más cerca posible del régimen al que va a llegar tras la reducción, de manera que la reacción del motor sea la mínima posible. Acelerando mientras se aprieta el embrague, se puede conseguir este efecto, de manera que se lleve el motor hasta las revoluciones necesarias para que se igualen las velocidades de ambos.

Otro punto de interés para realizar correctamente esta maniobra es estar atento al juego de la muñeca. La tendencia normal, a la hora de dar un golpe de gas al mismo tiempo que se frena, es la de soltar el freno cada vez que se acciona el puño. Esto es un error y lo único que se consigue es una oscilación de la suspensión delantera nada recomendable. Además se alarga la distancia de frenada, que, evidentemente, es todo lo contrario a lo deseado.

6. TRAZADO DE LAS CURVAS

Uno de los puntos más importantes a la hora de circular en moto, es saber abordar con precisión y correctamente las curvas que se encuentran en el itinerario. Esta acción, es sin duda, la que requiere mayor práctica junto con la frenada, y distingue rápidamente a un conductor avezado de uno novel. Prácticamente todos los pilotos son capaces de circular a gran velocidad en línea recta, incluso con las motocicletas más potentes, pero no ocurre lo mismo en las curvas. La necesidad de inclinar la moto, la sensación de inseguridad, y la fuerza necesaria para lograrlo, obligan a pasar por un periodo de adaptación, en el que no todas las personas alcanzan el mismo nivel. Hay que tener en cuenta que cuando se llega al límite de la adherencia de los neumáticos, la situación puede llegar a ser apurada, y cada persona adquiere unos riesgos particulares. En cualquier caso, siempre se deben seguir ciertas normas básicas, que incluyen las operaciones previas, y la propia trazada de la curva.

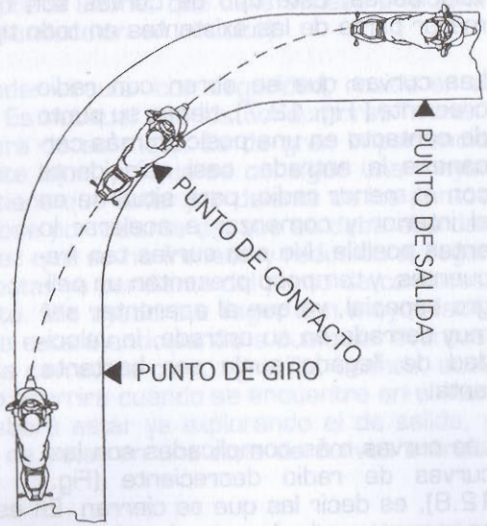
Existen curvas de muy distintas características, y cada una de ellas tiene su trayectoria ideal, pero, en general, se pueden dar como válidas unas reglas que se deben aplicar siempre, y que proporcionarán una mayor seguridad.

Un asunto que se debe decidir claramente antes de negociar un viraje es la anticipación. Antes de estar dentro de la curva, ya se ha debido

decidir cuándo y cuánto hay que frenar, y cuántas velocidades reducir para circular por la curva. De esta manera, después se puede trazar toda la curva apoyándose en el gas, pudiendo disponer de la tracción necesaria en la rueda para poder realizar correctamente el viraje. Las dos situaciones anómalas son el frenar demasiado tarde, de manera que se entra en la curva demasiado deprisa, y hay que alargar la frenada en su interior, o el caso contrario, en el que la velocidad es demasiado pequeña, lo que obliga a acelerar excesivamente y abordar la curva en segmentos rectos, lo que normalmente se denomina "a tijera".

Para poder lograr esta anticipación se pueden utilizar tres puntos imaginarios, que siempre tiene una curva. Antes de llegar al viraje, y suponiendo que lo preceda una recta, hay que situarse en el extremo opuesto al de la dirección de la curva (siempre utilizando exclusivamente el espacio útil del carril por el que se circula). Inicialmente se elige el punto donde comenzar a frenar y a reducir para, después, iniciar la trayectoria hacia el interior del viraje. El punto donde se comienza a inclinar se puede denominar "punto de giro". Es una maniobra que se debe considerar importante, porque será la que decidirá como se realizará todo el resto de la curva. Una vez sobrepasado el punto de giro, y ya apoyándose en el gas, se debe ir a buscar el interior del viraje, hasta llegar a lo que se puede llamar "la cuerda", que será el punto más cercano al interior de la curva por el que pasará la motocicleta. Es importante conseguir llegar hasta este punto con facilidad, y precisión, porque será el que dará el espacio para la salida. Al punto crítico en esta maniobra se le puede llamar "punto de contacto". Es un error bastante común anticipar este punto, que suele encontrarse en una posición más cercana a la salida de las curvas en aquellas de mayor complicación.

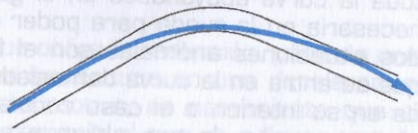
A partir de esté momento, sólo hay que preocuparse de aprovechar al máximo el espacio que quede en el carril, para poder acelerar con decisión hasta llegar de nuevo al punto de giro del próximo viraje. Esta maniobra final le puede llamar "salida" (Fig. 12.5). Hay que tener en cuenta que la correcta ejecución de estas maniobras proporcionará



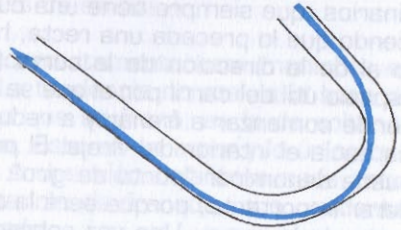
12.5. Puntos característicos de cualquier curva.

una mayor seguridad, y, permitirá, si se desea, poder circular algo más rápido sin incrementar los riesgos.

Para afrontar a la máxima velocidad y con las máximas garantías una curva, ésta debe ser conocida en todos sus detalles. No sólo su forma, sino también otras particularidades, como: el tipo de asfalto, la existencia de baches, pendientes, etc.. Esta situación normalmente es muy difícil de encontrar, y sólo tiene lugar en circuitos cerrados, por lo que hay que mantener siempre un alto margen de seguridad, abordando las curvas con un margen de maniobra para posibles rectificaciones.



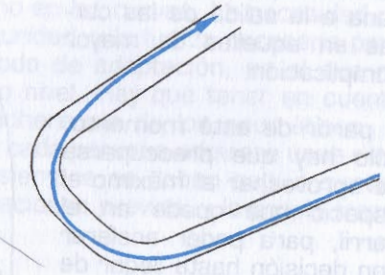
12.6. Trazado ideal de una curva de radio constante.



12.7. Trazado ideal de una curva de radio creciente.

Básicamente se pueden distinguir varios tipos de curvas. Las curvas de radio constante (Fig. 12.6), son las más abundantes, y las más sencillas de tomar. En ellas el punto de contacto se encuentra en la mitad de la trazada. Su trayectoria es más o menos simétrica en su entrada y su salida, y, suelen tener un radio amplio que permite grandes velocidades. Este tipo de curvas son muy comunes y representan la mayor parte de las existentes en todo tipo de carreteras.

Las curvas que se abren con radio creciente (Fig. 12.7), tienen su punto de contacto en una posición más cercana a la entrada, casi coincidente con el menor radio, para situarse en el interior y comenzar a acelerar lo antes posible. No son curvas tan frecuentes, y tampoco presentan un peligro especial, ya que al aparentar ser muy cerrada en su entrada, la velocidad de llegada suele ser bastante lenta.



12.8. Trazado ideal de una curva de radio decreciente.

Las curvas más complicadas son las curvas de radio decreciente (Fig. 12.8), es decir las que se cierran. En este caso, la velocidad de salida es menor que la de entrada, al ser la curva mas cerrada al final que a la entrada. Esto obliga a adquirir una serie de precauciones suplementarias. El caso más peligroso es aquel en el que no se ve la salida, por lo que el piloto puede pensar que el radio de salida es mayor del que en realidad existe, llegándose a la mitad de la curva a una velocidad demasiado alta, que obliga a frenar en el interior de ésta. En este tipo de curvas, la trayectoria más adecuada es la que comienza en el exterior y continúa por él hasta llegar al momento en que la curva se cierra. El punto de contacto de estas curvas se encuentra más cerca de la salida que de la entrada, y para abordarla con la trayectoria más amplia, se hace necesario sacrificar espacio en la zona inicial. Este tipo de curvas suelen ser las que se recuerdan mejor, por provocar la mayoría de las situaciones apuradas.

12.9. Trazado ideal de una serie de curvas.

Las curvas enlazadas (Fig. 12.9), tienen además la particularidad de que en ocasiones no se puede situar la moto en el lugar adecuado para afrontarse alguna de ellas, ya que la salida de la anterior coincida con el interior de la siguiente. En este caso se debe mantener una actitud de compromiso, teniéndose presente que la curva mas importante es siempre la última, que dará acceso a la zona recta (hablando siempre de la conducción en circuito).

Otro punto importante para poder circular con seguridad, reside en el punto en que se sitúe la vista. Es habitual que los conductores "miren" muy cerca de la rueda delantera de su moto. Es de gran importancia acostumbrarse a mirar bastante lejos, porque se consigue una mayor seguridad. La mirada siempre tiene que estar por delante de los puntos anteriormente citados, situándose por delante del que se debe abordar a continuación. Es decir, una vez que se ha frenado y reducido al llegar al punto de giro, la vista debe estar ya pendiente del punto de contacto, y consecutivamente con el resto. Ello ayudará a llegar con mayor facilidad a él, y, además, el piloto se estará anticipando a cualquier eventualidad que pueda encontrar en la carretera como: gravilla, baches, aceite, obstáculos, etc... Lo mismo ocurrirá cuando se encuentre en el interior de la curva. La mirada deberá estar ya explorando el de salida, y así, sucesivamente en el caso de estar en una zona de curvas entrelazadas.

Hay otra serie de recomendaciones válidas para todo tipo de conducción, como no salir jamás del carril, incluso aunque se pueda compro-

bar la inexistencia de vehículos en sentido contrario, teniendo además en cuenta, que, al inclinarse la moto, parte de ella se introduce en el arcén, o el carril contrario, lo que puede llevar a situaciones apuradas con vehículos, elementos de señalización, etc...

7. CONDUCCIÓN DEPORTIVA

Hay que tener en cuenta muchos factores a la hora de realizar una conducción deportiva, sobre todo con una moto que, en principio, está pensada y diseñada para un uso más tranquilo.

Uno de los puntos que más puede influir negativamente en una moto convencional es el peso. Un exceso de éste, no sólo perjudica las prestaciones del propulsor, especialmente en aceleración, sino que tiene una gran influencia en la estabilidad del vehículo, aunque no es el único.

7.1. El peso

Los kilos de exceso, que normalmente siempre tiene una moto comercial respecto a una de competición, proporcionan unas inercias que son determinantes para poder ir mas o menos rápido.

El momento de la frenada tendrá que ser anticipado en relación a una moto menos pesada, y las mayores inercias de que está dotado el vehículo, hará que se tenga que estar más atento de lo habitual en el momento de realizar una frenada contundente. Como se ha explicado, el freno principal en una moto de asfalto es el delantero, y, a pesar de la técnica anteriormente citada, de utilizar antes el trasero para disminuir el desplazamiento de masas hacia el tren delantero, en una conducción deportiva, no será posible evitar totalmente que el peso se desplace hacia delante, provocando que la rueda posterior tenga tendencia a perder el contacto con el suelo. Este hecho ocurre en todas las motos, pero hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea el peso, mayores desplazamientos habrán, y más se alargará la frenada. Pero no todo acaba ahí. Una vez que se haya acabado la maniobra de frenar, se tendrá que acelerar, y, es entonces cuando los kilos vuelven a ser los principales protagonistas. En cuanto se empiece a acelerar, el peso volverá hacia atrás, colocando en una situación apurada, esta vez, tanto el tren delantero, que puede quedar excesivamente suelto, como la suspensión y neumático del tren trasero. Estos dos movimientos serán particularmente bruscos si se intenta realizar una conducción drástica, como suele ocurrir en la deportiva, si se realizan con una moto pesada y con tarados de suspensión convencionales. Por este motivo, es conveniente que se haga una puesta a punto de la moto antes de utilizarla de modo deportivo. Para ello, lo primordial, además de disponer de unos neumáticos adecuados, será ajustar algo más duras las suspensiones. Se ganará en efectividad y en seguridad. Una suspensión más dura de lo habitual, evita en gran medida las oscilaciones que se producen con el tarado que utilizan las motos de uso convencional. Éste, se muestra excesivamente blando y no es capaz de aguantar todos los kilos que se desplazan hacia un mismo punto al acelerar, y transmitir toda la potencia del propulsor. En lo que respecta a la delantera, permitirá poder frenar con más decisión sin que la horquilla llegue a hacer tope, y evitar rebotes muy peligrosos que dificultan una buena trayectoria de la parte delantera de la moto.

Estos cambios por otra parte afectan a la comodidad, ya que en terrenos bacheados, las ruedas saltarán sobre ellos, provocando saltos y vibraciones que no son compatibles con una mínima comodidad en trayectos largos.

7.2. Geometrías

Otro factor importante para poder circular con rapidez en una zona revirada, se encuentra en la geometría de dirección.

Una moto con un lanzamiento de horquilla considerable (más de 26 grados), se mostrará muy estable en su parte delantera en rectas a alta velocidad, y en curvas rápidas de gran radio, pero, por contra, hará notar una clara dificultad para introducirse en las curvas, y se notará bastante "pesada" cuando hay que realizar cambios de trayectoria rápidos, como, por ejemplo, en una zona de "eses". Cuanto menos lanzamiento, mayor agilidad de dirección se notará, y más fácil será cambiarla de posición, pero también necesitará una conducción más exigente y precisa. En la actualidad, la mayoría de motos comerciales utilizan una geometría de dirección y un tarado de suspensiones, que se encuentran a medio camino entre la comodidad y la efectividad. Por eso, hay que tener en cuenta, cuando se quiera dar un uso deportivo a una moto de calle, que los tarados de suspensión, pesos y geometrías, no están concebidos para "ir de carreras", y, en el caso de querer hacerlo, o habrá que conformarse con las limitaciones técnicas del vehículo, o habrá que modificarla lo máximo posible en sus reglajes para obtener una mayor prestación deportiva.

Las motocicletas actuales tienen en algunos casos un comportamiento deportivo bastante aceptable, pero aunque los modelos más enfocados a este tipo de conducción, disponen de numerosos reglajes, tanto de suspensión, como en un espectro más limitado, de geometría y reparto de pesos. Hay que tener siempre en cuenta que las vías abiertas al público no sólo tienen tráfico y peligrosos elementos, como: guardarraíles, paredes o barrancos, sino que el estado de su asfalto puede ser muy variable, por lo que se debe conducir con precaución.

7.3. Las curvas en conducción deportiva

Al margen de las limitaciones propias de cada moto y al igual que para una conducción turística y convencional, existe una técnica concreta para abordar correctamente las curvas.

Se podría decir que la base es la misma ya comentada anteriormente en el apartado "las curvas", pero con una moto puesta a punto para este tipo de conducción se pueden añadir algunos datos más.

En este sentido, se tendría que diferenciar entre circular por carretera, y hacerlo en un circuito.

Circulando por carretera, y, a pesar de que el ritmo será más elevado, las maniobras de frenar, entrar en el viraje y la salida del mismo, se realizarán de modo similar a las habituales en una conducción turística, con la diferencia de que todas ellas se tendrán que hacer con mayor rapidez.

Seguirá siendo imprescindible, más aún si cabe, adelantarse con la vista a la hora de realizar cualquiera de esta maniobras.

Para practicar una conducción deportiva, es interesante que se haga en una carretera bien conocida, pues, no sólo permitirá disfrutar mucho más, sino que se hará con mayor seguridad.

El estado del asfalto es determinante a la hora de practicar este tipo de conducción, y también es aconsejable fijarse en el tipo de terreno que rodee a la carretera. Es muy importante para la seguridad disponer de espacios libres al margen del asfalto, pero, normalmente, es difícil conseguirlo en una carretera de montaña, donde habitualmente se encuentran los trazados idóneos para este tipo de conducción. Al estar labradas las carreteras sobre las laderas, es prácticamente general el contar con un muro de piedra o vegetación en uno de los arcenes y un guardarrail en el contrario, lo que puede tener graves consecuencias en caso de sufrir una caída.

Por eso, es preferible practicar la conducción deportiva en un circuito permanente, que es, en definitiva, donde se puede disfrutar de las mejores condiciones, tanto de seguridad, como de trazado, asfalto, etc.

7.4. Conducción deportiva en circuito

En una pista cerrada y permanente, es donde mayor partido se puede sacar a una moto con una mayor seguridad.

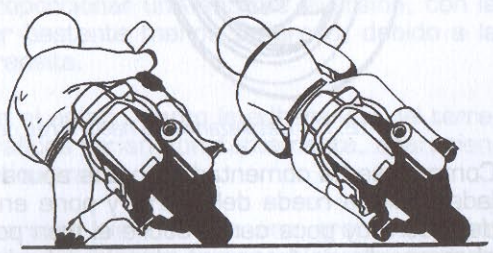
El asfalto que tiene este tipo de pistas, permitirá llegar a unos límites que difícilmente se conseguirá en una carretera. Pero, también eso, proporcionará reacciones a las que el piloto novel no está habituado. Un asfalto con un buen agarre, permitirá frenar, inclinar y acelerar con mayor decisión, y más cerca del punto límite de adherencia, pero también hará notar las primeras reacciones radicales.

Rodando a un ritmo fuerte, los primeros problemas llegan cuando se quiere apurar mucho una frenada y se tiene que empezar a acelerar en el momento preciso.

Buscando los límites, las reacciones de la moto son bastante bruscas, y los esfuerzos necesarios para mantenerla en la trayectoria elegida mucho mayores. Además, las fuerzas de aceleración, frenada, y la centrífuga en las curvas, cansan mucho más que en una conducción normal.

Teóricamente, lo ideal para ir lo mas rápido posible, es frenar lo más tarde que se pueda, y acelerar lo antes posible lo máximo que se sea capaz. Teóricamente parece fácil, pero, en la práctica, es una de las maniobras más difíciles de realizar correctamente. Frenar muy tarde provocará una posición de la moto, en la que todo el peso se encuentra cargado en el tren delantero, y unas derivas y movimientos en la parte trasera causados por la falta de adherencia, que dificultan, tanto el momento de entrar en la curva, como el momento de acelerar. Por eso, es necesario, además de difícil, encontrar el compromiso ideal entre una buena frenada y el momento más adecuado para acelerar. Si se realiza una apurada de frenada exagerada, quedará muy poco espacio de tiempo hasta el momento de acelerar, y el cambio de peso del tren delantero al trasero será muy rápido. Esto dificulta en gran medida poder realizar una conducción suave, que, aunque sea en plan deportivo, es la manera más correcta de conducir.

Una vez que se esté acelerando, es importante haber realizado una trayectoria correcta dentro del viraje, para poder acelerar lo máximo con la menor inclinación posible de la moto, pues de esta manera se retrasa el momento en que la rueda posterior empieza a derrapar, y, por consiguiente, permitirá una mayor velocidad. De todas maneras, para conseguir este efecto también es importante la posición del cuerpo sobre de la moto, es decir, el estilo.



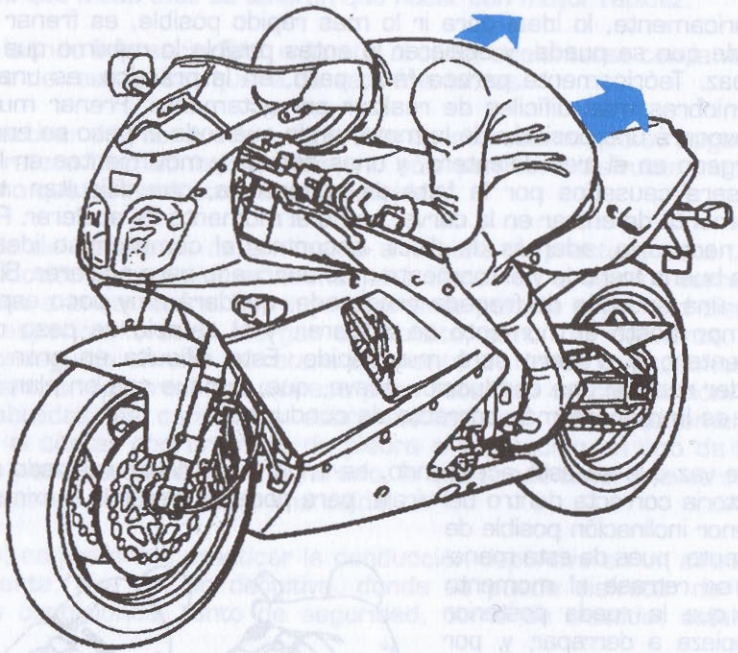
12.10. Diferentes estilos de conducción en las curvas.

• ***Posición sobre la moto y estilos.***

Cada conductor adopta una posición sobre la moto que resultará determinante para conducir de un modo u otro.

En conducción deportiva, algo muy interesante es mantener sin inclinar la moto el mayor tiempo posible. Si el conductor utiliza una posición, que podríamos considerar tradicional, en la que el cuerpo tiene la misma inclinación que la moto, obligará a inclinar el vehículo bastante más que otro que descuelgue su cuerpo hacia el interior de la curva (Fig.12.10). Con ello, se consigue desplazar el centro de gravedad, y permite tener la moto menos inclinada a la hora de empezar a dar gas a la salida de un viraje. Sin duda, utilizar este estilo permitirá ir más rápido con mayor seguridad.

Pero no solo la posición del cuerpo es importante mientras se negocia una curva. También a la hora de frenar y acelerar es muy importante.



12.11. Desplazamiento hacía atras del cuerpo en las frenadas.

Como ya se ha comentado, en una apurada de frenada, el peso se traslada hacia la rueda delantera, y pone en un compromiso a la trasera, dejando muy poca carga sobre el tren posterior. Es interesante que en el momento de frenar se desplace ligeramente el cuerpo hacia atrás (Fig. 12. 11), de manera que se compense en cierta manera la carga

del tren delantero. Algo similar se puede aplicar en el momento de acelerar y ya se esté llegando a los límites de adherencia. Cuando el neumático está llegando a su límite, es normal que empiece a perder agarre, e, inevitablemente, derrape. Al llegar a este punto, es interesante desplazar ligeramente el cuerpo hacía delante.

Al derrapar, lo más peligroso es tener todo el peso apoyado sobre el neumático y la suspensión trasera, pues siendo así, es casi inevitable que se produzca el efecto "látigo". Éste, consiste en que la moto empieza a derrapar con la máxima adherencia del neumático que está cargado con todo el peso posible, hasta que la tracción no supera la adherencia de la rueda trasera, bien porque el piloto deje de acelerar al advertir la situación, o bien porque al derrapar la velocidad disminuya. En ese momento, el neumático volverá a agarrar violentamente, levantando la moto hacia el lado contrario de donde derrapaba, y será, casi con toda seguridad inevitable, que el piloto salga despedido por la parte delantera del vehículo. Una manera de poder evitarlo es desplazar el cuerpo hacia delante cuando la rueda comienza a derrapar (Fig. 12.12), proporcionando una descarga de peso sobre la rueda trasera, y permitiendo que ésta continúe deslizando. Evidentemente, todo ello tiene que ir acompañado de una correcta utilización del puño de gas, que será, en definitiva, quien mande a la hora de dosificar el deslizamiento de la rueda. Con esta técnica se conseguirá también, si se aplica constantemente, que la horquilla no quede excesivamente suelta mientras se esté acelerando, especialmente en las curvas de gran radio y alta velocidad.

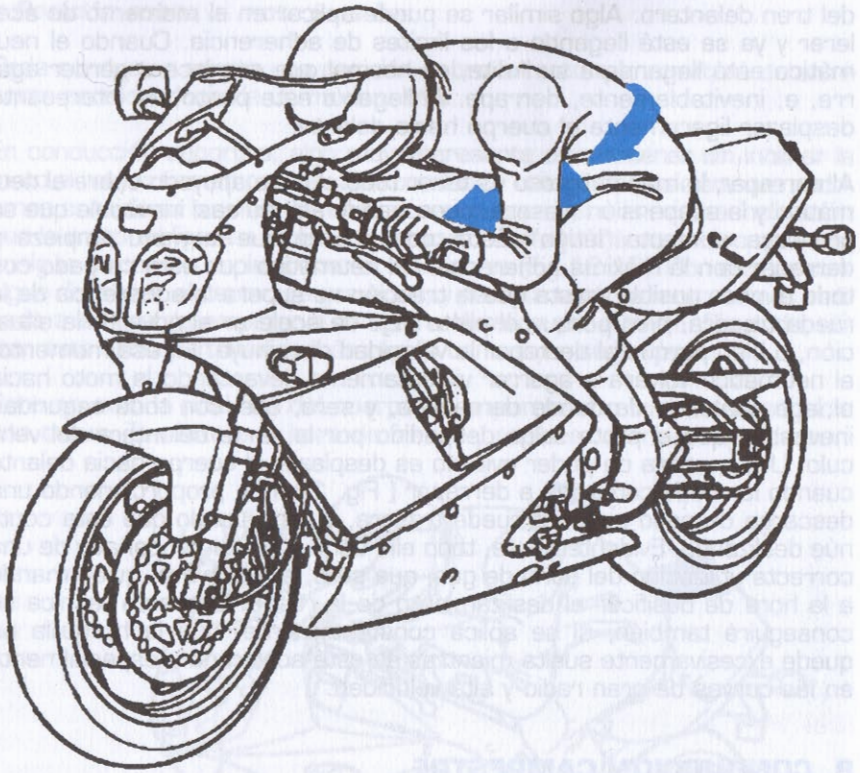
8. CONDUCCIÓN CAMPESTRE

Las especialidades fuera de carretera de las motocicletas, son sin duda unas de las más atractivas. En este caso, cada una de ellas requiere una técnica diferente y muy precisa. Desde el equilibrio y la destreza del trial, a la velocidad y la fuerza física del motocross. No obstante, hay numerosos conductores que se dedican a transitar por el campo sin ninguna pretensión deportiva.

Este terreno puede llegar a proporcionar una enorme diversión, con la ventaja sobre el asfalto de ser bastante menos peligroso, debido a la menor velocidad a la que se transita.

Una vez que se ha abandonado el asfalto, tanto la adherencia del terreno, como los accidentes orográficos varían constantemente, apareciendo numerosas situaciones particulares.

El terreno forestal además permite disfrutar de una gran variación, dependiendo de la época del año. En invierno terreno húmedo, en verano terreno seco, cada uno con sus particularidades.



12.12. Desplazamiento hacía delante del cuerpo en las aceleraciones.

En general, la conducción por campo requiere una atención mucho mayor que la de carretera, al menos que la turística. Las situaciones comprometidas suelen llegar por sorpresa, y el piloto debe estar en todo momento preparado para afrontarlas. Para salir adelante en este terreno, tanto las motos como la técnica del conductor tienen que adecuarse a faltas repentinas de adherencia, a pasar por un terreno desigual, y en muchas ocasiones a saltar y botar por el terreno.

Hacer una enumeración de todas las situaciones posibles sería demasiado largo. Pero en el campo pueden aparecer desde grandes charcos con fondos y profundidades desconocidas, roderas de gran profundidad que pueden llegar a clavar la moto, ondulaciones, cortes del terreno, grandes pendientes etc...

En general hay que seguir siempre unas ciertas recomendaciones en las que la rueda delantera debe controlarse al máximo, permitiendo a la tra-

sera derrapar si es necesario. Es bastante común el obligar al tren delantero a elevarse permitiendo un paso más fácil sobre terrenos ondulados.

El freno trasero adquiere una gran importancia en el control de la moto, ya que mientras la rueda posterior puede bloquearse sin peligro, no ocurre lo mismo con la delantera. El piloto debe intentar anticiparse al terreno, pasando siempre por los lugares de más sencillo acceso, y hay que tener un especial cuidado en las cuestas, sobre todo si deben tomarse lateralmente, donde hay que impedir a toda costa que la moto se incline en cualquier operación, hacía el lado de la pendiente descendente.

12.13. Conducción de una motocicleta fuera de carretera.

Las recomendaciones generales para la conducción por carretera son validas en su gran mayoría para la campestre, sobre todo a nivel de la preparación de la moto y los mandos, aunque en este caso, tanto las curvas como las frenadas no se realicen de la misma manera, debido a la baja adherencia del terreno.

Capítulo XIII

Mantenimiento periódico

Las motocicletas, como cualquier otra máquina compleja, necesitan recibir una serie de atenciones periódicas. La gran cantidad de piezas y mecanismos que componen el conjunto están sometidos a desgastes, desajustes y degradaciones, que obligan a realizar estas operaciones.

En los capítulos anteriores se han comentado los problemas que acusan los distintos elementos y conjuntos de las motocicletas a nivel particular. Sin embargo, lo más habitual es que las motos reciban cada cierto periodo de uso una revisión general, en la que se estudian todos los sistemas que pueden requerir una cierta revisión, sustituyéndose además los diferentes fluidos y elementos de vida reducida, como pueden ser lubricantes, refrigerantes o líquidos hidráulicos.

Una característica de los nuevos modelos es la ampliación de los kilometrajes entre revisiones sucesivas. Estas operaciones no solamente requieren mantener el vehículo parado un cierto tiempo, sino que suponen un gasto adicional, en ocasiones bastante importante. En este momento, la mejora de los lubricantes, de los materiales de construcción, y el estudio de los sistemas que requieren mantenimiento como la holgura de la distribución, han permitido que en los modelos más avanzados las revisiones se alarguen hasta más allá de los 10.000 kilómetros, en los que se hace necesaria la sustitución de los filtros de aceite. Los lubricantes sintéticos permiten un mayor kilometraje, aunque se suelen sustituir con sus filtros, y los reglajes de válvulas con sistemas de pastillas bajo los vasos de accionamiento, permiten distancias de incluso 40.000 kilómetros sin ajustes.

Hay un cierto mantenimiento que requiere la moto, independientemente del número de kilómetros recorridos, y que debe efectuarse de modo habitual por el piloto. Operaciones como la revisión de la presión de los neumáticos y su estado, la tensión de la cadenas secundaria, su limpieza y engrase, la tensión de los cables de accionamiento, o el estado de los frenos, son tareas que requieren una vigilancia constante.

En las tablas siguientes se ofrece una lista de los reglajes más importantes de algunos modelos actuales.

MARCA	MODELO	ACEITE	CAPACIDAD REFRIGERANTE	CAP. ACEITE HORQUILLA	TORNILLO BAJA CARBURADOR	TIPO DE BUJÍA	PRESION NEUMATICOS (kg/cm²)
APRILIA	Red Rose 125	1000	800	270	1 y 1/2	NGK B 10-EG	1,80 / 2,10
APRILIA	AF-1 125	1000	800	260	1	NGK B.10-EG	1,90 / 2,10
APRILIA	Futura 125	1000	800	260	1	NGK B 10-EG	1,90 / 2,10
CAGIVA	Freccia C-12 125	650	1650	235	1 a 1 y 3/4	CHAMPION N2C	2,10 / 2,30
CAGIVA	Mito 125	800	1500	290	1 a 1 y 1/2	CHAMPION N2C	2,00 / 2,10
CAGIVA	Super City 125	800	1200	400	1 y 1/2	CHAMPION N84	1,90 / 2,00
DERBI	GPR 80	700	800	320	1 y 1/4	NGK B.10-ES BOSCH W2CC	1,80 / 2,00
DERBI	Bi-3 80	700	800	320	1 y 1/4	NGK B9-ES	1,60 / 1,90
GILERA	Crono 125	1200	1100	350 / 300	3/4	CHAMPION N82-C55	2,00 / 2,20
GILERA	CX 125	1200	1100	270	3/4	CHAMPION N82/C-55	1,80 / 2,00
GILERA	Freestyle 125	1200	1100	400	3/4	CHAMPION N82/C-55	2,00 / 2,20
HONDA	Vision 75 SA	90	-----	-----	1 y 1/4	NGK BPR6HS ND-W20FPR-L	1,50 / 2,00
HONDA	SH 75 Scoopy	90	-----	-----	1 y 1/2	NGK BPR6HSA ND W20FPR-L	2,00 / 2,75
HONDA	NS-1 80	800	750	157	1 y 3/4	NGK BR8ECS	2,00 / 2,00
HONDA	CRM 75	800	800	328	1 y 3/8	NGK BR8ES ND W24 ESR-U	1,75 / 1,75
HONDA	NH 90 Yupy	120	-----	-----	1 y 1/4	NGK BR6HSA ND W20PR-L	1,50 / 2,00
HONDA	CRM 125	700	1070	470	2 y 1/2	NGK BR9ECS ND W27ESR-U	1,50 / 1,50
HONDA	NSR 125	710	1100	280	2 y 1/2	NGK BR9ES ND W27ESR-U	2,00 / 2,25
HUSQVARNA	WR 125	700	1100	573	1 y 1/2	CHAMPION N-82	0,90 / 1,00
HUSQVARNA	WR 250	750	1300	575	1 y 1/2	CHAMPION N-82	0,90 / 1,00
KTM	EX 125	500	1100	500	1 y 1/2	NGK B9EGV BOSCH W07C5	1,00 / 0,90
KTM	EX 250	800	1200	500	1 y 1/4	NGK B9EGV BOSCH W2C5	1,00 / 0,90
MONTESA	Evasión	550	-----	250	1/2	NGK BPR 7 ES LODGE CLNYO	0,55 / 0,75
MONTESA	Cota 311	550	-----	250	1/2	NGK BPR 5 ES NGK BP 5 ES	0,55 / 0,75
PIAGGIO	Sfera 75	85	-----	-----	-----	CHAMPION N2C	1,20 / 1,70
PIAGGIO	Cosa 125	300	-----	-----	-----	BOSCH WACC NGK B8ES	1,25 / 1,75
PIAGGIO	Cosa 200	300	-----	-----	-----	BOSCH W5CC NGK B6ES	1,25 / 1,75
PEUGEOT	SV 80	90	-----	-----	-----	NGK BP6HS	1,80 / 2,20
PEUGEOT	SV 125	90	-----	-----	-----	NGK B8HS	1,80 / 2,20
RIEJU	RST 80	900				NGK B 6 ES	1,80 / 2,00
RIEJU	MR 80 PRO	900				NGK B 6 ES	1,60 / 1,90
SUZUKI	Lido 75	80	-----	-----	3 y 1/2	NGK BR 6 HS	1,25 / 1,75
SUZUKI	Address 80	90	-----	-----	-----	NGK BPR 6 HS ND W20FPR-U	1,25 / 1,75
SUZUKI	Address 100	90	-----	-----	-----	NGK BPR 7 NS ND W22FPR	1,25 / 1,75
VESPA	PK 75 CL	250	-----	-----	1	CHAMPION N3	1,25 / 1,60
VESPA	TX 200	300	-----	-----	1	CHAMPION N4	1,25 / 1,75
YAMAHA	Jog 90	100	-----	-----	1 y 3/4	NGK BR7HS	1,75 / 2,00
YAMAHA	TZR 80 RR	800	900	235	1 y 1/2	NGK BR9ES	1,80 / 2,30
YAMAHA	DT 80 LC	750	1100	366	1 y 3/4	NGK BR8ES	1,50 / 1,80
YAMAHA	RD 350	560	1500	287	1 y 1/2	NGK BP7ES	1,80 / 2,00

MOTOS DE 4 TIEMPOS

MARCA	MODELO	REGLAJE DE VÁLVULAS (mm)	CAP. ACEITE CAMBIO/TOTAL	REFRIGERANTE	CAP. ACEITE HORQUILLA	TORNILLO BAJA CARBURADOR	TIPO DE BUJÍA	PRESION NEUMATICOS (kg/cm²)
BMW	K-75	0,17 / 0,28	3750	2900	330	---------	BOSCH X5DC	2,50 / 2,70
BMW	K-100 16 V	0,17 / 0,28	3750	3900	400	---------	BOSCH X5DC	2,30 / 2,70
BMW	K-1100	0,17 / 0,28	3750	3200	400	---------	BOSCH XR5DC	2,30 / 2,70
BMW	R-100-GS	0,10 / 0,20	2250	------	440 / 410	1/2 a 3/4	BOSCH W7DC CAMPION N9YC	2,30 / 2,70
BMW	R-1100-RS	0,15 / 0,30	4250	------	------	---------	BOSCH FR5DTC	2,30 / 2,70
CAGIVA	W-12 350 C.C.	0,08 / 0,12	2000	------	160	2 y 3/4	CHAMPION A6HC	1,80 / 2,00
CAGIVA	Elefant 900	0,08 / 0,10	2500	------	615	2 a 3	CHAMPION RA6HC	1,80 / 2,00
DUCATI	750 SS	0,10 / 0,00	3000 / 3750	------	135mm	---------	CHAMPION RA6HC	2,20 / 2,50
DUCATI	900 SS	0,10 / 0,00	3000 / 3750	------	135mm	---------	CHAMPION RA6HC	2,20 / 2,50
DUCATI	851/888	0,12 / 0,05	3250 / 3750	2900	108mm	---------	CHAMPION A59G	2,20 / 2,25
DUCATI	907	0,10 / 0,00	3500	3000	160mm	---------	CHAMPION RA4HC	2,20 / 2,50
GILERA	RC 600	0,05 / 0,10	2200	1300	640	3	CHAMPION RA4HC	1,80 / 2,00
GILERA	Nordwest 600	0,05 / 0,10	2200	1300	400	3	CHAMPION RA4HC	1,80 / 2,00
HARLEY DAVIDSON	883	AUTOMAT.	2840 / -------	-----	260	---------	HD-6R12	2,00 / 2,50
HARLEY DAVIDSON	1340 Meritage Softail	AUTOMAT.	2800 / -------	-----	340	---------	HD-5R6A	2,50 / 2,50
HONDA	NX 125	0,10 / 0,10	900 / 1000	------	300	2	NGK DR8ES ND X27-ESR-U	1,50 / 1,75
HONDA	CB 250	0,08 / 0,08	1500 / 1800	------	150	2 y 1/2	NGK CRGHSA ND U20-FSR-U	2,00 / 2,00
HONDA	XR 600	0,10 / 0,12	1900 / 2300	------	580	2	NGK DPR8EA9 ND X24EPR-U9	1,00 / 1,50
HONDA	CBR 600 F	0,16 / 0,22	3200 / 4000	2750	508	2 y 1/4	NGK CR9EM9 ND U27FER-9	2,50 / 2,90
HONDA	XL 600 V Transalp	0,15 / 0,20	2200 / 2800	2000	549	2 y 1/4	NGK DPR8EA9 ND X24EPR-U9	2,00 / 2,00
HONDA	600 Shadow	0,15 / 0,20	2100 / 2800	1600	463	2	NGK DPR8EA-9 ND X24EPR-U9	2,00 / 2,00
HONDA	650 Dominator	0,10 / 0,12	1900 / 2300	------	592	2 y 1/8	NGK DPR8EA9 ND X24EPR-U9	1,50 / 1,30
HONDA	NTV 650 C.C.	0,15 / 0,20	2400 / 3000	2200	466	2 y 1/2	NGK DPR8EA-9 ND X24EPR-U9	2,25 / 2,25
HONDA	XRV 750 Africa Twin	0,15 / 0,20	2400 / 3200	2250	635	2 y 1/4	NGK DPR8EA-9 ND X24EPR-U9	2,00 / 2,00
HONDA	VFR 750 F	0,16 / 0,25	2900 / 4000	2600	386	2 y 1/4	NGK CR8EH9 ND U24FER9	2,50 / 2,90
HONDA	CB 750	AUTOMAT.	2800 / 3800	------	482	2	NGK DPR8EA9 ND X24EPR-U9	2,50 / 2,50
HONDA	CBR 900 RR	0,16 / 0,22	3100 / 3800	3250	509	3	NGK CR9EM-9 ND V27FER-9	2,50 / 2,90
HONDA	CB 1000	0,10 / 0,16	3900 / 4600	2850	492	3 y 1/4	NGK DPR9EA-9 ND X27EPR-U9	2,50 / 2,90
HONDA	CBR 1000 F	0,10 / 0,16	3800 / 4500	3000	409	2 y 1/2	NGK DPR9EA-9 ND X27EPR-U9	2,50 / 2,90
HONDA	ST 1100 Paneuropean	0,16 / 0,25	3600 / 4300	3500	I418/D372	1 y 7/8	NGK CR9EH9 ND V24FER9	2,50 / 2,90
HUSQVARNA	TE610	0,10 / 0,15	1600 / 1600	1100	575	1 y 1/2	NGK C7E	0,90 / 1,00
KAWASAKI	GPZ 400 F-2	0,15 / 0,20	3000 / -------	------	I250/D220	1 y 1/2 a 2	NGK DPR9EA	2,00 / 2,25
KAWASAKI	GPZ 500 S	0,15 / 0,20	------ / 3400	1800	287	2	NGK DR8ES	2,00 / 2,25
KAWASAKI	EN 500	0,15 / 0,20	------ / 3400	1400	355	1 y 1/2 a 2	NGK DR8ES	2,00 / 2,25
KAWASAKI	Zephyr 550	------ / ------	3000 / -------	------	412	1 y 1/2 a 2	NGK D9EA	2,00 / 2,25
KAWASAKI	ZZR 600	0,20 / 0,25	3700 / -------	2500	452	1 y 1/2 a 2	NGK CR9E	2,50 / 2,90
KAWASAKI	KLE 650	------ / ------	3400 / -------	1700	515	1 y 1/2 a 2	NGK DR9E	2,00 / 2,25
KAWASAKI	Zephyr 750	0,13 / 0,13	3500 / -------	------	470	1 y 1/2 a 2	NGK DR8ES	2,00 / 2,25
KAWASAKI	ZXR 750	0,20 / 0,28	3400 / 3500	2800	380	1 y 5/8	NGK CR93 ND U27ES-N	2,50 / 2,90
KAWASAKI	ZZR 1100	0,16 / 0,21	3200 / 3500	2500	458	2 V	NGK CR9E	2,50 / 2,90
KAWASAKI	Zephyr 1100	------ / ------	5000 / -------	------	456	1 y 1/2 a 2	NGK DR9E	2,25 / 2,50
KTM	350 LC4	0,10 / 0,10	2200 / 2500	1100	500	1 y 1/2	NGK D8EA	1,00 / 0,90
KTM	600 LC4	0,10 / 0,10	2200 / 2500	1100	500	1 y 1/2	NGK D8EA	1,00 / 0,90
SUZUKI	GN 250	0,50 / 0,10	1300 / 1700	------	216	2	NGK DR8EA	1,75 / 2,00
SUZUKI	GSF 400 Bandit	0,15 / 0,25	2300 / 3200	1900	495	1 y 1/2	NGK CR9EK	2,00 / 2,25
SUZUKI	GS 500 E	0,05 / 0,05	2600 / 3200	------	377	2 y 1/4	NGK DPR8EA-9 ND X24EPR-9	2,40 / 2,80
SUZUKI	RF 600	0,15 / 0,25	3000 / 3900	2450	503	1 y 1/4	NGK CR9E	2,50 / 2,50
SUZUKI	GSX 600 F	0,12 / 0,12	3600 / 5000	------	478	1,5 V	NGK DR8ES	2,40 / 2,60
SUZUKI	DR 650	0,10 / 0,10	2200 / 2600	------	536	3 y 3/4	NGK DP9EA9 ND-X27EP9	1,50 / 1,70
SUZUKI	GSX 750 F	0,12 / 0,20	3600 / 4900	------	491	1 y 5/8	NGK JR9C	2,50 / 2,50
SUZUKI	GSX 750 R	0,15 / 0,25	3000 / 3900	2550	455	1 y 1/4	NGK CR9 EK	2,30 / 2,50
SUZUKI	DR 800 Big	0,10 / 0,18	2600 / 3400	------	663	1 y 1/2	NGK DR9-EA9	1,75 / 2,00
SUZUKI	GSX 1100 F	0,12 / 0,12	4300 / 5500	------	406	2 y 7/16	NGK JR9PO	2,50 / 2,90
SUZUKI	GSX 1100 R	0,15 / 0,25	3000 / 3900	2450	425	2	NGK CR9E	2,30 / 2,50
TRIUMPH	Trident 750	0,12 / 0,18	3750 / -------	2800	596	2 a 2 y 1/4	NGK DPR9EA-9	2,50 / 2,90
TRIUMPH	Trident 900	0,12 / 0,18	3750 / -------	2800	596	2 a 2 y 1/4	NGK DPR9EA-9	2,50 / 2,90
TRIUMPH	Daytona 1200	0,12 / 0,18	3500 / -------	3000	496	2	NGK DPR9EA-9	2,50 / 2,90
YAMAHA	SR 250	0,08 / 0,15	1300 / 1600	------	168	2	NGK BP7ES	2,00 / 2,30
YAMAHA	XV 250 Virago	0,10 / 0,12	1400 / 1800	------	245	2 y 1/2	NGK BR6ES	2,00 / 2,30
YAMAHA	XV 535 Virago	0,10 / 0,15	2500 / 3200	------	228	2	NGK BPR7ES	2,00 / 2,30
YAMAHA	XT 600 E	0,08 / 0,15	2700 / 3300	------	538	2 y 1/2	NGK BPR7ES	1,50 / 2,00
YAMAHA	XJ 600 Diversión	0,12 / 0,18	2200 / 2500	------	379	2	NGK CR7E	2,00 / 2,50
YAMAHA	FZR 600	0,15 / 0,25	2300 / 3100	2200	435	2 y 1/2	NGK CR8E ND U24ESR-N	2,30 / 2,60
YAMAHA	XTZ 750	0,18 / 0,28	4000 / 4400	1700	669	2	NGK DPR 8EA9 ND X24EPRU-9	2,25 / 2,25
YAMAHA	YZF 750	0,18 / 0,28	3000 / 4000	2400	469	2	NGK CR9E	2,25 / 2,50
YAMAHA	TDM 850	0,18 / 0,28	3800 / 4200	1700	395	3	NGK BPR8EA	2,00 / 2,20
YAMAHA	FZR 1000	0,15 / 0,25	2700 / 3500	2100	535	2 y 1/2	NGK DR8ES-L ND X24ESR-U	2,50 / 2,90
YAMAHA	GTS 1000	0,18 / 0,28	2500 / 3200	2650	-----	---------	NGK DPR8EA	2,50 / 2,90
YAMAHA	FJ 1200	0,12 / 0,18	3000 / 4200	------	424	2 y 1/2	NGK DPR8EA	2,50 / 2,90

Una manera de controlar el mantenimiento de la motocicleta de una forma veraz y segura es realizar una tabla de mantenimiento personal y anotar en ella las diferentes revisiones realizadas. De esta manera, no sólo se puede recordar sin errores las operaciones realizadas en cada periodo, sino que se pueden conocer por adelantado los elementos que van a requerir una sustitución. Como tabla inicial donde añadir las diferentes particularidades de cada modelo puede utilizarse la que acompaña a este capítulo (Fig .13.1).

Cada modelo concreto requiere una frecuencia particular en sus revisiones, que debe ser conocida por el propietario a través del manual de servicio suministrado con la motocicleta.

En cualquier caso, en la mayoría de las motocicletas se puede seguir un cierto esquema, en el que las principales variaciones son las siguientes:

El periodo de reglaje de las válvulas depende del sistema utilizado, ya que puede variar desde frecuencias de unos 5.000 km ó 6.000 km, hasta casi 40.000 km. Por este motivo cada moto lo especifica.

En transmisiones por cardan, se elimina la vigilancia de la transmisión secundaria, pero no están exentos de mantenimiento, ya que hay que vigilar el nivel de aceite y cambiarlo según las recomendaciones del fabricante.

Aunque no se emplee la motocicleta, hay elementos que están sometidos a una lenta degradación o a una merma de sus propiedades. Por éste motivo hay que realizar algunas operaciones periódicas, sea cual sea el kilometraje de la moto. Las más importantes son las revisiones de: nivel de electrolito de la batería mensualmente, cambio de refrigerante, líquido de frenos y conductos de combustible, y cambio cada 2 años. Estas normas son evidentemente recomendaciones del fabricante para asegurar el buen estado de estos elementos. Sin embargo, una atención periódica puede permitir alargar enormemente la vida de algunos de estos elementos, al poder vigilar su estado. Además el funcionamiento alarga la vida de algunos elementos, que sufren, aunque parezca curioso, menos que al estar la moto parada. En estos casos de prolongadas paradas el aceite se estanca y se sedimenta, los rodamientos pueden llegar a marcarse al estar siempre la presión en un mismo punto y algunas piezas pueden rellenarse de una capa que los adhiere, como las campanas de los carburadores por los vapores gomosos de la gasolina, o los pistones con el aceite retenido. No es conveniente mantener la moto parada mucho tiempo, y si se hace hay que intentar cada cierto tiempo ponerla en marcha para que circulen sus fluidos y cambien de posición sus elementos.

Actualmente los lubricantes han mejorado de manera considerable su duración, lo que ha llevado a la ampliación de los periodos entre revisiones, que en la mayoría de las motos pueden alargarse hasta los 12.000 km sin

muchos problemas. A continuación se ofrece una tabla genérica de mantenimiento, que no tiene por qué ajustarse a todos los modelos. Sin embargo, en motores con lubricación compartida motor (4T), cambio y embrague, debida a los residuos que estos dos últimos sueltan, que forman depósitos en el aceite, no es aconsejable superar los 6000 Kms.

Operaciones de Mantenimiento

· ***Cada 500 km., y de manera habitual***

Engrase de la cadena de transmisión secundaria
Tensión de la cadena de transmisión secundaria
Revisión de la presión de los neumáticos
Revisión del desgaste de los neumáticos
Niveles de aceite
Regulación de los mandos
Tensión de los radios
Revisión de niveles de líquido de freno

· ***Cada 6.000 km.***

Además de las anteriores:
Revisión de las bujías
Revisión del filtro de aire (limpieza si es de espuma y soplado si es de papel)
Sincronización de los carburadores
Revisión del accionamiento del embrague
Revisión de las llantas y los neumáticos
Revisión de los rodamientos de las ruedas
Revisión del nivel de líquido, refrigerante
Reapriete de la tornillería
Revisión de caballetes
Revisión de la carga de la batería
Revisión del sistema eléctrico
Estado del líquido de frenos
Revisión del apriete de la dirección
Revisión de los rodamientos de dirección
Lubricación general
Comprobación de la compresión en los 2T
Descarbonizado en los 2T
Revisión y limpieza de la válvula de escape en los 2T
Cambio de aceite

· ***Cada 12.000 km.***

Además de los anteriores:
Revisión del filtro de gasolina

Revisión de los pivotes del basculante
Revisión de las bieletas de suspensión
Cambio de filtro de aire (o limpieza si es de espuma)
Cambio de aceite
Cambio de filtro de aceite
Apriete de culata y cilindro en los 2T
Cambio de aceite en la transmisión en motores de 2T

· ***Cada 24.000 km.***

Además de los anteriores:
Cambio de liquido de frenos y del líquido refrigerante
Cambio de aceite de horquilla
Sustitución del filtro de aire (en caso de ser de espuma)

OPERACION DE MANTENIMIENTO	CIFRA DEL MARCADOR (X 1.000 KM)						
TENSIÓN DE LA CADENA							
REVISIÓN DE NEUMÁTICOS							
REVISIÓN BOMBILLAS							
SINCRONIZACIÓN DE CARBURADORES							
REGULACIÓN DE REGIMEN DE RALENTÍ							
JUEGO PUÑO DE ACELERADOR							
REVISIÓN DE BUJÍAS							
CAMBIO DE BUJÍAS							
REGLAJE DE VÁLVULAS							
REVISIÓN FILTRO DE AIRE							
CAMBIO DE FILTRO DE AIRE							
LIMPIEZA DE CARBURADORES							
REAPRIETE DE TORNILLERIA CHASIS							
REAPRIETE TORNILLERIA MOTOR							
NIVEL DE ELECTROLITO DE BATERÍA							
REVISIÓN INTERRUPTORES DE FRENO							
REVISIÓN NIVEL DE LIQUIDO DE FRENOS							
CAMBIO DE LIQUIDO DE FRENOS							
REVISIÓN TENSIÓN DE EMBRAGUE							
REVISIÓN APRIETE DE DIRECCIÓN							
CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR							
CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE							
CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISION							
ENGRASE GENERAL							
CAMBIO ACEITE HORQUILLA							
CAMBIAR REFRIGERANTE							
INSPECCIONAR MANGUITOS DE AGUA							
LIMPIEZA VÁLVULA DE ESCAPE							
DESCARBONIZADO MOTOR							
DESCARBONIZADO ESCAPE							
CAMBIO SISTEMA DE TRANSMISIÓN							

Datos prácticos

1. LONGITUD

1.1. Equivalencia entre las unidades de medida inglesa y las métricas

	METRO	PULGADA	PIE	YARDA	MILLA INGLESA	MILLA MARINA
1 metro	-	39,370	3,281	1,094	$6,21 \times 10^{-4}$	$5,40'10^{-4}$
1 pulgada	0.0254	-	0,0833	0,0278	$1,58 \times 10^{-5}$	$1,37'10^{-5}$
1 pie	0,3048	12	-	0,3333	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,65'10^{-4}$
1 yarda	0,9144	36	3	-	$5,68 \times 10^{-4}$	$4,93'10^{-4}$
1 milla inglesa	1.609,3	63.360	5.280	1.760	-	0,8690
1 milla marina	1.852	72.895	6.076	2.026	1,1508	-

1.2. Reducción de fracciones de pulgada a milímetros:

pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.
1/64	0,39	17/64	6,74	33/64	13,11	49/64	19,47
1/32	0,79	9/32	7,14	17/32	13,49	25/32	19,84
3/64	1,19	19/64	7,55	35/64	13,91	51/64	20,27
1/16	1,59	5/16	7,94	9/16	14,29	13/16	20,64
5/64	1,98	21/64	8,34	37/64	14,70	53/64	14,70
3/32	2,38	11/32	8,73	19/32	15,08	27/32	21,43
7/64	2,78	23/64	9,14	39/64	15,50	55/64	21,86
1/8	3,17	8/8	9,52	5/8	15,87	7/8	22,22
9/64	3,57	25/64	9,93	41/64	16,29	57/64	22,66
5/32	3,97	13/32	10,32	21/32	16,67	29/32	23,02
11/64	4,37	27/64	10,73	43/64	17,09	59/64	23,45
3/16	4,76	7/16	11,11	11/16	17,56	15/16	23,81
13/64	5,16	29/64	11,52	45/64	17,88	61/64	24,24
7/32	5,56	15/32	11,91	23/32	18,26	31/32	24,62
15/64	5,96	31/64	12,32	47/64	18,68	63/64	25,04
1/4	6,35	1/2	12,70	3/4	19,05	1	25,40

1.3. Reducción de pulgadas y fracciones a milímetros:

pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.
2	50,8						
2 1/16	52,4	3 1/16	77,8	4 1/16	103,2	5 1/16	128,6
2 1/8	54,0	3 1/8	79,4	4 1/8	104,8	5 1/8	130,2
2 3/16	55,6	3 3/16	81,0	4 3/16	106,4	5 3/16	131,8
2 1/4	57,1	3 1/4	82,5	4 1/4	107,9	5 1/4	133,3
2 5/16	58,7	3 5/16	84,1	4 5/16	109,5	5 5/16	134,9
2 3/8	60,3	3 3/8	85,7	4 3/8	111,1	5 3/8	136,5
2 7/16	61,9	3 7/16	87,3	4 7/16	112,7	5 7/16	138,1
2 1/2	63,5	3 1/2	88,9	4 1/2	114,3	5 1/2	139,7
2 9/16	65,1	3 9/16	90,5	4 9/16	115,9	5 9/16	141,3
2 5/8	66,7	3 5/8	92,1	4 5/8	117,5	5 5/8	142,9
2 11/16	68,3	3 11/16	93,7	4 11/16	119,1	5 11/16	144,5
2 3/4	69,9	3 3/4	95,2	4 3/4	120,6	5 3/4	146,0
2 13/16	71,4	3 13/16	96,8	4 13/16	122,2	5 13/16	147,6
2 7/8	73,0	3 7/8	98,4	4 7/8	123,8	5 7/8	149,2
2 15/16	74,6	3 15/16	100,0	4 15/16	125,4	5 15/16	150,8
3	76,2	4	101,6	5	127,0	6	152,4

1.4. Reducción de milesimas de pulgada a décimas de milímetro:

0,001" = 0,25 decs. mm.	.010" = 2,5 decs. mm.	.018" = 4,6 decs. mm.
.002" = 0,5 "	.011" = 2,8 "	.019" = 4,8 "
.003" = 0,75 "	.012" = 3 "	.020" = 5,1 "
.004" = 1 "	.013" = 3,3 "	.021" = 5,3 "
.005" = 1,3 "	.014" = 3,5 "	.022" = 5,6 "
.006" = 1,5 "	.015" = 3,8 "	.023" = 5,8 "
.007" = 1,8 "	.016" = 4,1 "	.024" = 6,1 "
.008" = 2 "	.017" = 4,3 "	.025" = 6,3 "
.009" = 2,3 "		

2. ÁREAS

2.1. Unidades inglesas a métricas

1 pie cuadrado (sq. ft.)= 0.093 m^2.
1 milla cuadrada (= 640 acres) =2,6 Km^2.
1 acre (= 4,840 yardas cuadradas) @ 0,4 hectáreas (Ha).
1 yarda cuadrada = 0,84 m^2.
1 pie cuadrado = 0,93 m^2.
1 pulgada cuadrada = 6,45 cm^2.

2.2. Unidades métricas a inglesas

1 Ha (= 10.000 m^2) = 2,5 acres
1 m^2= 1,21 yardas cuadradas = 10,8 pies cuadrados

3. VOLÚMENES

3.1. Equivalencia de pulgadas cúbicas (cu. ins.) a centímetros cúbicos. (1 pulgada cúbica = 16,4 cm3)

cu.ins	cc.	cu.ins	cc.	cu.ins	cc.	cu.ins	cc.	cu.ins	cc.
40	655	74	1213	120	1966	195	3195	280	4588
42	688	76	1245	122	2000	200	3277	295	4670
44	721	78	1278	125	2049	205	3359	290	4752
46	754	80	1311	130	2130	210	3431	295	4834
48	787	82	1344	135	2212	215	3523	300	4916
50	819	84	1377	140	2294	220	3605	305	5000
52	852	86	1409	145	2376	225	3687	310	5080
54	885	88	1442	150	2458	230	3769	320	5244
56	918	90	1475	152,6	2500	235	3851	330	5408
58	950	91,5	1500	155	2540	240	3933	340	5572
60	983	92	1508	160	2622	244	4000	350	5735
61	1000	94	1540	165	2704	245	4015	360	5899
62	1016	96	1573	170	2786	250	4097	366	6000
64	1049	98	1606	175	2868	255	4179	370	6063
66	1082	100	1639	180	2950	260	4261	380	6227
68	1114	105	1721	183	3000	265	4343	390	6391
70	1147	110	1803	185	3032	270	4424	400	6555
72	1180	115	1885	190	3114	275	4506		

1 litro =1.000 cm^3 = 61 pulgadas cúbicas
1 pie cúbico = 0,028 m^3
1 galón inglés = (4 quarts ó cuartillos= 8 pintas)= 4,54 litros
1 galón americano = 3,78 litros
1 galón americano =0.832 galón inglés

4.- PESO

1 Kg. = 2,2 libras
1 onza = 28,3 gr.
1 libra = 16 onzas (= 454 gr.)
1 quintal inglés (centweight, cwt.) = 112 libras = 50,80 Kg.
1 tonelada inglesa (longton) = 20 cwt.= 2.240 libras = 1016 Kg.
(1 cwt. equivale a 4 arrobas, de 28 libras cada una)
1 quintal americano (hundredweight) = 100 libras = 45,4 Kg.
1 tonelada americana (shortton) = 2.000 libras = 907,2 Kg.

5. PRESIÓN, FUERZA Y POTENCIA

1 Kg/cm^2 = 14,2 libras por pulgada cuadrada
1 Kg/cm^2 = 10 metros de columna de agua = 1 atmósfera (atm.)
1 libra por pulgada cuadrada (psi) = 0,07 Kg/cm^2
1 pie-libra (lb-ft).) = 0,138 Kilográmetros (Kgm.)
1 Kgm. = 7,2 pies-libra
1 caballo de potencia (CV ó HP) = 75 Kgm/seg. = 543 pies-libras por segundo

6. TEMPERATURA

El gráfico (14.1.) permite convertir grados centígrados en Fahrenheit y viceversa. De cualquier forma, para dicha conversión sólo es preciso aplicar las siguientes fórmulas, donde F representa la temperatura en grados Fahrenheit y C la misma, en centígrados.

F=9/5'(C+ 32) c=5/9'(F-32)

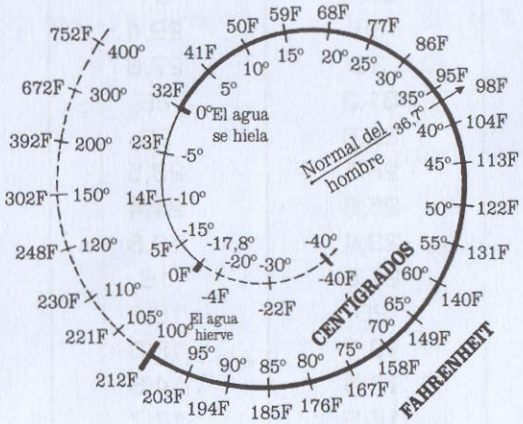


Figura 14.1

7. EVALUACIÓN DEL CONSUMO

El gasto de gasolina se mide en Inglaterra y Estados Unidos por millas de recorrido por galón de gasolina consumido, mientras que en el resto de Europa y Sudamérica se hace en Kilómetros recorridos por cada litro, y en litros consumidos cada 100 Km.

1 kilómetro por litro= 2,824 millas por galón
1 milla por galón= 0,355 Km por litro

Para convertir de una a otra unidad se pueden emplear las fórmulas siguientes, donde M serán millas por galón y L litros consumidos por cada 100 Km de recorrido.

L = 281/M (Inglaterra)
L = 235/M (Estados Unidos)

En el cuadro adjunto se señalan las equivalencias.

Km. / litro	Millas/galón inglés	Millas/galón americano	Litros/100 km.
20	56	47	5
18	51	43	5,5
16,7	47	39	6
15,4	43	36	6,5
14,3	40	33,6	7
13,3	37,4	31	7,5
12,5	35	29,4	8
11,7	33	27,6	8,5
11,1	31,2	26	9
10,5	29,6	25	9,5
10	28,1	23,5	10
9,1	25,6	21,4	11
8,3	23,4	19,6	12
7,7	21,6	18	13
7,1	20	16,8	14
6,6	18,7	15,6	15
6,2	17,5	14,6	16
5,9	16,5	13,7	17
5,5	15,6	13	18
5,2	14,8	12,3	19
5	14	11,7	20
4,8	13,4	11,2	21
4,5	12,8	10,7	22
4,3	12,2	10,2	23
4,1	11,7	9,8	24
4	11,2	9,4	25

8. MEDIDA DE LA VELOCIDAD

Equivalencia de millas por hora a kilómetros por hora:

10 millas por hora =	16 Km. por hora	60 millas por hora =	96 Km. por hora
20 -	32 -	70 -	112 -
30 -	48 -	80 -	129 -
40 -	64 -	90 -	145 -
50 -	80 -	100 -	160 -

La conversión de Km./h. a m/seg. se realiza dividiendo por 3,6 ; para la inversa (m/seg.a Km./h.), multiplicar por la misma cifra.

El kilómetro por hora se denomina, en ocasiones con el nombre de benz, unidad práctica de velocidad.

El kilómetro recorrido en un tiempo T determinado, representa la velocidad V, en Km./h. o en m/seg. que se obtiene en la tabla siguiente.

T	V		T	V	
6'	10 Km/hora	2,8 m/seg.	40"	92 km/h	25,5 m/seg
3'	20	2,5	38"	96	26,6
2' 30"	24	6,7	36"	100	28
2'	30	8,3	35"	103	28,6
1' 40"	36	10	34"	106	29,4
1' 30"	40	11	33"	109	30,3
1' 20"	45	12,5	32"	112	31,1
1' 12"	50	14	31"	116	32,2
1' 5"	55	15	30"	120	33,4
1'	60	16,6	29"	124	34,5
55"	65	18	28"	128'5	35,7
51"	70	19,4	27"	133	37
48"	75	20,8	26"	138	38,4
45"	80	22	25"	144	40
43"	84	23,3	24"	150	41,5
42"	87	24			

Ejemplos de velocidades en metros por segundo (m/s.) y kilómetros por hora (Km/h.)

	m/s.	Km/h.		m/s.	Km/h.
Peatón	1,3	4,7	Sonido en el aire	340	1.224
Caballo al paso	1	3,6	-en el agua	1.435	5.200
- al trote	2,1	7,5	-en madera	3.380	12.200
-al galope	4,5	16	-en hierro	5.000	18.000
- de carreras	12	43	Caída libre		
Galgo	20	72	(primer segundo	9,8	35
Águila	30	108	Bala de fusil	400a 650	1.440 a 2340
Paloma mensajera	36	130	Bala de cañón	600 a 1.000	2.160 a 3.600
Barco de vapor	5 a 15	18 a 54	Rotación de la		
Tren mercancías	12	43	Tierra (Ecuador)	465	
-de viajeros	17	61	Traslación de la		
-expreso	25	90	Tierra	29.600	
Viento moderado	3	11	Electricidad y Luz	300 millones	
- de tormenta	15	54			
Huracán	30	108			

9. TABLA DE PENDIENTES

Una pendiente de 1 en	4	es del	25 %	y equivale a un ángulo con la horizontal de	14º1/2
-	5	-	20 %	-	11º1/2
-	6	-	17 %	-	9º 1/2
-	7	-	14 %	-	8º1/2
-	8	-	12,5 %	-	8º
-	9	-	11 %	-	7º
-	10	-	10 %	-	6º1/2
-	11	-	9 %	-	5º1/2
-	12	-	8 %	-	5º
-	13	-	7,8 %	-	4º1/2
-	14	-	7 %	-	4º

10. PESOS COMPARADOS (DENSIDADES) DE DIFERENTES MATERIAS

Sólidos y líquidos			
Agua	1	Papel	0,7 a 1,1
Aluminio	2,6	Hielo	0,92
Duraluminio	2,8	Nieve suelta	0,12
Bronce	8,8	Mercurio	13,6
Cobre	8,9	Aceite de ricino	0,97
Estaño	7,2	" de oliva	0,92
Fundición	7	Ácido sulfúrico	1,2 a 1,9
Acero	7,8	Agua del mar	1.03
Latón	8,5	Glicerina	1,2
Antifricción	7,1	Potasa	1,1 a 1,7
Oro	19,3	Alcohol	0,79
Plata	10,5	Gasolina	0,68 a 0,78
Platino	21,3	Benzol	0,86 a 0,88
Plomo	11,3	Aceite mineral lubricante	0,90 a 0,93
Magnesio	1,7	Petróleo "lampante"	0,79 a 0,82
Tungsteno	19,1	Gasoil	0,83 a 0,87
Cinc	7		
Arena	1,4 a 2	**Gases**	
Arcilla	1,8 a 2,6	Aire	1
Granito	2,5 a 3	Gas de alumbrado	0,4
Arenisca	2,2 a 2,5	Hidrógeno	0,07
Carbón	1,2 a 1,5	Nitrógeno	0,97
Encina seca	0,7 a 1	Oxígeno	1,1
" verde	0,9 a 1,3	Helio	0,14
Haya seca	0,7 a 0,8		
" verde	0,9 a 1,1		
Pino seco	0,4 a 0,7		
" húmedo	0,5 a 1,1		

11. DETERMINACIÓN DE LA CILINDRADA DE UN MOTOR

La cilindrada en centímetros cúbicos se obtiene por medio de la fórmula siguiente, en la cual D es el calibre en cm.; C la carrera en cm., y N el número de cilindros. Como un litro son 1.000 c.c., la cilindrada en litros se expresa por el número obtenido con dicha fórmula dividido entre 1.000.

$$\pi \times D^2/4 \times C \times N$$

Capítulo XV

Cátalogo de la producción Mundial (Historico)

CLAVE PARA LA LECTURA DE LAS TABLAS

1.- Marca
2.- Modelo
3.- Año: Se refiere al año del comienzo de la producción del modelo
4.- Cilindrada: Cilindrada total en c.c.
5.- Diámetro por carrera: Medidas en mm. En la NR de pistones ovales el diámetro se refiere al equivalente en un motor con pistones de sección circular.
6.- Ciclo y sistema de refrigeración. El ciclo se designa por "2T" para motores de dos tiempos, "4T" para motores de cuatro tiempos, y "Rot" para motores rotativos Wankel. La refrigeración se designa como "L" si es por líquido y "A" si lo es por aire.
7.- Número de cilindros y disposición. La disposición diferencia en motores de un solo cilindro entre verticales señalados con la letra "V", horizontales señalados con la "H" e inclinados con la "I". En motores de varios cilindros se diferencian disposiciones en línea señaladas con "L", en V con "V" y de cilindros opuestos o boxer, con "B".
8.- Potencia máxima. Se indican dos cifras, la primera corresponde a la potencia en CV, la segunda al régimen en que se desarrolla en r.p.m.
9.- Tipo de admisión en los motores de dos tiempos o de distribución en los de cuatro. En los motores de dos tiempos se diferencian las admisiones por láminas "L", válvula rotativa "R" y directa por falda del pistón "D". En los de cuatro tiempos se indica el número de válvulas por cada cilindro y el sistema de distribución, diferenciandose entre: árbol de levas en el cárter señalado como "OHV", simple árbol de levas en la culata señalado como "SOHC" y doble árbol de levas en la culata, señalado como "DOHC".
10.- Número y tamaño de los carburadores. La primera indica el número, la segunda el diámetro del difusor en mm.
11.- Relaciones de cambio. Indica el número de velocidades del cambio. En caso de emplear un variador centrífugo de velocidad, se señala con las siglas "AUT".
12.- Material del bastidor. "A" indica acero, "AL" indica aluminio.
13.- Recorrido de suspensiones. Se indican las de los dos trenes delantero y trasero en mm.
14.- Diámetro y tipo de los frenos. Se señala el diámetro y el tipo de los frenos del tren delantero y del trasero. El tipo de freno se diferencia con las siglas "D" para freno de disco, "2D" para freno de doble disco y "T" para frenos de tambor.
15.- Medidas neumáticos. SE indican las de los trenes delanteros y traseros en las medidas ofrecidas por el fabricante en el equipo de origen de los modelos.
16.- Peso: En vacío en kg según las indicaciones del fabricante.
17.- Distancia entre ejes. En mm se señala la batalla mínima.
18.- Capacidad del depósito de gasolina. En litros e incluyendo la reserva de combustible
19.- Especialidad. En las motos de fuera de carretera se señala la modalidad a que están dirigidas, diferenciándose como "T" para las de trial, "C" para las de motocross y "E" para las de todo terreno o enduro.

MOTOS DE CARRETERA Y TRAIL

MARCA	MODELO	AÑO	CILINDRADA	DIAMETRO X CARRERA (mm)	CICLO REFRIGERACIÓN	CILINDRO DISPOSICION	POTENCIA MAXIMA (CV/rpm)	Núm.VALVULAS/ DISTRIBUCION	CARBURACION /DIAMETRO (mm)	RELACIONES DE CAMBIO	MATER. CHASIS	SUSPENSION RECORRIDO (mm)	FRENOS TIPO/DIAMETRO	NEUMATICOS	PESO (Kg.)	DISTANCIA EJES	DEPOSITO (L.)
APRILIA	Red Rose 125	1.989	123,6	54,0 x 54,0	2 T / L	1 / V	26,5 / 9.000	L	1 / 26	6	A	150 / 130	260 D / 240 D	90-90-19 / 130-90-16	132	1525	15,0
APRILIA	AF 1 125 Sport Pro	1.990	124,7	54,0 x 54,5	2 T / L	1 / V	35,0 / 11.500	L	1 / 28	6	AL	125 / 120	320 D / 240 D	100-80-17 / 140-60-17	117	1365	18,0
APRILIA	Futura 125	1.990	124,7	54,0 x 54,5	2 T / L	1 / V	35,0 / 11.500	L	1 / 34	6	AL	125 / 120	320 D / 240 D	100-80-17 / 150-60-17	117	1365	18,0
APRILIA	Pegaso 125	1.991	124,7	54,0 x 54,5	2 T / L	1 / V	31,0 / 10.000	L	1 / 28	6	A	220 / 220	300 D / 220 D	100-90-19 / 120-80-17	118	1385	12,0
APRILIA	Tuareg 125	1.990	125,0	54,0 X 54,5	2 T / L	1 / V	29,0 / 9.750	L	1 / 28	6	A	240 / 220	220 D / 240 D	90-90-21 / 120-80-17	119	1385	22,0
APRILIA	RS 125 Extrema	1.993	124,8	54,0 x 54,5	2 T / L	1 / V	35,0 / 11.000	L	1 / 36	6	AL	120 / 120	320 D / 220 D	3,00-17 / 4,00-17	115	1120	14,5
APRILIA	125 RX	1.990	124,8	54,0 x 54,5	2 T / L	1 / V	34,4 / 11.300	L	1 / 34	6	A	260 / 300	260 D / 220 D	90-90-21 / 120-90-18	108	1470	11,0
APRILIA	Pegaso 650	1.990	651,8	100,0 x 83,0	4 T / L	1 / V	50,0 / 7.000	5 / DOHC	2 / 33	5	AL	210 / 220	300 D / 220 D	100-90-19 / 140-70-17	157	1467	14,0
BENELLI	Jarno 125	1.988	123,1	56,0 x 50,0	2 T / L	1 / V	30,0 / 10.000	L	1 / 28	6	AL	130 / 120	240 D / 240 D	100-80-16 / 120-80-16	118	1370	20,0
BENELLI	125 Scooter	1.982	124,8	54,0 x 54,5	2 T / A	1 / H	10,0 / 6.000	D	1 / 22	4	A	80 / 90	140 T / 140 T	3,50-10 / 3,50-10	90	1250	6,5
BENELLI	654 Cuatro	1.982	604,0	60,0 x 53,4	4 T / A	4 / V	55,5 / 8.750	2 / OHC	4 / 22	5	A	140 / 80	257 2D / 260 D	3,25-19 / 120-90-18	215	1450	19,5
BENELLI	900 SEI	1.978	906,0	60,0 x 53,3	4 T / A	6 / L	80,0 / 8.400	2 / SOHC	3 / 24	5	A	150 / 110	300 2D / 260 D	100-90-18 / 120-90-18	218	1420	22,0
BIMOTA	YB-4 750	1.986	749,0	68,0 x 51,6	4 T / L	4 / L	100 / 10.500	5 / DOHC	INY	6	AL	115 / 123	320 2D / 280 D	120-60-16 / 180-60-16	180	1430	21,0
BIMOTA	Bellaria 600	1.989	559,0	59,0 x 54,8	4 T / L	4 / L	95,0 / 10.500	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	130 / 120	300 D / 230 D	120-70-17 / 160-60-17	175	1380	18,0
BIMOTA	DB 1 750	1.986	748,0	88,0 x 61,5	4 T / A	2 / V	65,0 / 8.000	2 / OHC	2 / 36	5	A	120 / 150	280 2D / 260 D	130-60-16 / 160-60-16	160	1380	22,0
BIMOTA	DB 2 900	1.993	904,0	92,0 x 68,0	4 T / A	2 / V	75,0 / 7.000	4 / SOHC	2 / 38	6	A	115 / 125	320 2D / 260 D	120-70-17 / 180-55-17	168	1360	16,0
BIMOTA	1000 Furano	1.991	1002,0	75,5 x 56,0	4 T / L	4 / L	164 / 10.500	5 / DOHC	INY	5	AL	115 / 138	320 D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	180	1420	21,0
BIMOTA	Biposto	1.991	1002,0	75,5 x 56,0	4 T / L	4 / L	149 / 10.000	5 / DOHC	4 / 38	5	AL	115 / 123	320 D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	187	1420	21,0
BIMOTA	906 TESI 1D	1.990	904,0	92,0 x 68,0	4 T / L	2 / V	117 / 9.000	2 / OHC	INY	6	AL	85 / 120	320 2D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	188	1435	17,5
BMW	F 650	1.994	652,0	100,0 x 83,0	4 T / L	1 / V	48,0 / 6.500	4 / DOHC	1 / 38	5	A	170 / 165	300 D / 240 D	100-90-19 / 140-70-17	167	1480	17,5
BMW	K-75	1.985	740,0	67,0 x 70,0	4 T / L	3 / L	75,0 / 8.500	2 / DOHC	INY	5	A	185 / 110	285 D / 285 D	100-90-18 / 120-90-18	214	1516	21,0
BMW	K-75 S	1.986	740,0	67,0 x 70,0	4 T / L	3 / L	75,0 / 8.500	2 / DOHC	INY	5	A	135 / 110	285 D / 285 D	100-90-18 / 130-90-17	214	1516	21,0
BMW	K-75 RT	1.990	740,0	67,0 x 70,0	4 T / L	3 / L	75,0 / 8.500	2 / DOHC	INY	5	A	135 / 110	285 D / 285 D	100-90-18 / 130-90-17	230	1516	21,0
BMW	R 80 R	1.993	798,0	84,8 x 70,6	4 T / A	2 / B	50,0 / 6.500	2 / OHV	2 / 32	5	A	135 / 140	285 D / 200 T	110-80-18 / 140-80-17	189	1513	24,0
BMW	R 80 GS	1.988	798,0	84,0 x 70,0	4 T / A	2 / B	50,0 / 6.500	4 / OHV	2 / 34	5	A	225 / 180	285 D / 200 T	90-90-21 / 130-80-17	184	1513	26,0
BMW	R 100 GS	1.988	980,0	94,0 x 70,6	4 T / A	2 / B	50,0 / 6500	2 / OHV	2 / 40	5	A	225 / 180	285 D / 200 T	90-90-21 / 140-80-17	196	1513	26,0
BMW	R 100 GS PD	1.989	980,0	94,0 x 70,6	4 T / A	2 / B	60,0 / 6.500	4 / OHV	2 / 40	5	A	225 / 180	285 D / 200 T	90-90-21 / 130-80-17	236	1513	35,0
BMW	R 100 RS	1.976	980,0	94,0 x 70,6	4 T / A	2 / B	60,0 / 6.500	2 / OHV	2 / 40	5	A	135 / 121	285 2D / 200 T	90-9018 / 120-90-18	225	1445	22,0
BMW	K 100 RS	1.990	987,0	67,0 x 70,0	4 T / L	4 / L	100 / 8.000	2 / DOHC	INY	5	A	185 / 110	305 D / 285 D	120-70-17 / 160-60-18	259	1513	22,0
BMW	K 100	1.983	987,0	67,0 x 70,0	4 T / L	4 / L	90,0 / 8.000	2 / DOHC	INY	5	A	185 / 110	285 RD / 285 D	100-90-18 / 130-90-17	239	1513	22,0
BMW	K 100 LT	1.987	987,0	67,0 x 70,0	4 T / L	4 / L	90,0 / 8.000	2 / DOHC	INY	5	A	185 / 110	285 2D / 285 D	100-90-18 / 130-90-17	243	1513	22,0
BMW	K 1	1.989	987,0	67,0 x 70,0	4 T / L	4 / L	100 / 8.000	4 / DOHC	INY	5	A	135 / 140	305 D / 285 D	120-70-17 / 160-60-18	238	1565	22,0
BMW	R 1100 RS	1.993	1065,0	99,0 x 70,5	4 T / A	2 / B	90,0 / 7.250	4 / SOHC	INY	5	AL	120 / 135	305 D / 285 D	120-70-17 / 160-60-17	211	1473	23,0
BMW	K 1100 LT	1.992	1092,0	70,5 x 70,0	4 T / L	4 / L	100 / 7.500	4 / DOHC	INY	5	A	135 / 120	305 D / 285 D	110-80-18 / 140-80-17	230	1565	22,0
BMW	R 100 R	1.992	1092,0	70,5 x 70,0	4 T / L	4 / L	100 / 7.500	2 / OHV	INY	5	A	135 / 140	305 D / 285 D	110-80-18 / 140-80-17	290	1513	24,0
BMW	K 1100 RS	1.993	1092,0	70,5 x 70,0	4 T / L	4 / L	100 / 7.500	4 / DOHC	INY	5	A	135 / 125	305 D / 285 D	120-70-17 / 160-60-18	235	1565	22,5
CAGIVA	Supercity 75	1.991	74,7	46,5 x 44,0	2 T / L	1 / V	14,0 / 10.000	L	1 / 20	6	A	200 / 215	300 D / 220 D	100-80-16 / 120-80-16	97	1318	12,0
CAGIVA	Cocis 75	1.989	74,7	46,5 x 44,0	2 T / L	1 / V	9,0 / 8.250	L	1 / 17	6	A	220 / 220	230 D / 220 D	2,75-21 / 4,10-18	110	1348	16,0
CAGIVA	Prima 75	1.992	74,7	46,5 x 44,0	2 T / L	1 / V	14,0 / 10.000	L	1 / 20	6	A	120 / 120	260 D / 220 D	90-90-16 / 120-80-16	95	1300	10,0
CAGIVA	Blues 125	1.990	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	25,0 / 8.500	L	1 / 34	6	A	125 / 135	260 D / 240 D	100-80-16 / 120-80-16	127	1410	15,0
CAGIVA	Freccia 125 C 12 R	1.989	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	31,5 / 10.500	L	1 / 28	7	A	130 / 120	298 D / 240 D	100-80-16 / 130-70-17	123	1370	16,0
CAGIVA	Supercity 125	1.991	124,6	56,0 x 50,5	2 T / L	1 / V	32,0 / 10.000	L	1 / 32	7	A	250 / 245	320 D / 230 D	100-70-17 / 150-60-17	125	1400	14,0
CAGIVA	Freccia 125 SP LTD	1.990	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	35,0 / 11.000	L	1 / 37	7	A	130 / 120	320 D / 240 D	100-80-16 / 130-70-17	123	1370	16,0
CAGIVA	Mito 125	1.990	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	31,5 / 10.500	L	1 / 28	7	AL	123 / 133	320 D / 230 D	100-80-17 / 150-60-17	121	1380	18,0
CAGIVA	Freccia W8 125	1.991	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	30,0 / 9.500	L	1 / 28	7	A	260 / 270	260 D / 230 D	90-90-21 / 120-90-18	120	1370	14,0
CAGIVA	Freccia 125 C9	1.987	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	27,0 / 10.000	L	1 / 28	7	A	140 / 140	260 D / 240 D	100-80-16 / 120-80-17	123	1370	16,0
CAGIVA	Tamanaco 125	1.989	124,6	56,0 x 50,6	2 T / A	1 / V	30,0 / 9.500	L	1 / 28	6	A	220 / 240	230 D / 220 D	2,75-21 / 4,60-17	125	1375	14,0
CAGIVA	W-12 350	1.992	343,2	82,0 x 65,0	4 T / A	1 / V	33,0 / 7.500	4 / SOHC	1 / 34	5	A	200 / 240	260 D / 220 D	90-90-21 / 130-80-17	152	1430	14,0
CAGIVA	T 4 350 E	1.988	343,3	82,0 x 65,0	4 T / A	1 / V	33,0 / 7.500	4 / SOHC	1 / 32	5	A	240 / 240	240 D / 130 T	3,60-21 / 4,60-17	140	1460	12,0
CAGIVA	Alazurra 350	1.984	349,0	66,0 x 51,2	4 T / A	2 / V	26,7 / 11.000	2 / OHC	2 / 28	5	A	149 / 110	260 2D / 260 D	90-90-18 / 110-80-18	182	1460	18,1
CAGIVA	Elefant 350	1.985	349,0	66,0 x 51,0	4 T / A	2 / V	33,0 / 8.750	2 / SOHC	2 / 30	5	A	250 / 240	260 D / 240 D	90-90-21 / 130-80-17	187	1520	17,5
CAGIVA	Elefant 900	1.993	904,0	92,0 x 68,0	4 T / A	2 / V	61,0 / 6.500	4 / SOHC	2 / 38	6	A	210 / 190	282 D / 240 D	100-90-19 / 140-80-17	185	1570	24,0
CAGIVA	Elefant 900 IE	1.990	904,0	92,0 x 68,0	4 T / A	2 / V	67,7 / 8.000	2 / SOHC	INY	5	A	210 / 190	296 D / 240 D	100-90-19 / 140-80-17	188	1570	24,0
DERBI	GPR 75	1.989	74,5	47,0 X 43,0	2 T / L	1 / V	12,7 / 9.000	L	1 / 20	6	A	110 / 120	220 D / 220 D	90-9016 / 110-80-17	98	1340	18,0
DERBI	Vivo 75	1.991	74,6	46,6 x 44,0	2 T / A	1 / H	6,0 / 6.500	L	1 / 14	AUT	A	67 / 60	110 T / 095 T	3,00-10 / 3,00-10	60	1186	5,0
DERBI	BI-3 75	1.991	74,6	47,0 x 46,0	2 T / L	1 / V	12,8 / 9.000	L	1 / 20	6	A	220 / 235	230 D / 220 D	2,75-21 / 4,10-18	99	1350	13,0
DUCATI	400 SS	1.992	398,0	70,5 x 51,0	4 T / A	2 / V	42,0 / 10.500	2 / SOHC	2 / 38	5	A	103 / 125	320 D / 245 D	130-60-16 / 160-60-16	173	1415	17,0
DUCATI	Paso 750	1.986	748,0	88,0 x 61,5	4 T / A	2 / V	65,0 / 7.900	2 / SOHC	1 / 36	5	A	140 / 120	280 2D / 270 D	130-60-16 / 160-60-16	190	1455	22,0
DUCATI	750 Sport	1.989	748,1	88,0 x 61,5	4 T / A	2 / V	65,0 / 8.000	2 / SOHC	2 / 30	5	A	140 / 130	280 2D / 270 D	130-60-16 / 160-60-16	180	1450	17,0
DUCATI	750 SS	1.990	748,1	88,0 x 61,5	4 T / A	2 / V	60,0 / 8.500	2 / SOCH	2 / 38	5	A	130 / 125	320 D / 245 D	120-80-17 / 160-60-17	176	1410	17,5
DUCATI	851 Strada	1.987	851,0	92,0 x 64,0	4 T / L	2 / V	91,0 / 9.000	4 / DOHC	INY	6	A	120 / 110	320 2D / 245 D	130-60-17 / 170-60-17	217	1430	22,0
DUCATI	888 SP 4	1.991	888,0	94,0 x 64,0	4 T / L	2 / V	111 / 10.500	4 / DOHC	INY	5	A	120 / 110	320 D / 245 D	120-70-17 / 180-55-17	188	1430	22,0
DUCATI	888 SP 5	1.993	888,0	94,0 x 64,0	4 T / L	2 / V90	118 / 10.500	4 / DOHC	INY	6	A	120 / 110	320 D / 245 D	120-70-17 / 180-55-17	188	1430	22,0
DUCATI	900 M	1.993	904,0	92,0 x 68,0	4 T / A	2 / V	73,0 / 7.000	2 / SOHC	2 / 38	6	A	120 / 65	320 2D / 245 D	120-70-17 / 170-60-17	185	1430	19,0
DUCATI	900 SS	1.990	904,0	92,0 x 68,0	4 T / A	2 / V	73,0 / 7.000	2 / SOHC	2 / 38	5	A	120 / 125	320 D / 245 D	120-70-17 / 170-60-17	183	1415	17,5
DUCATI	Paso 907 IE	1.990	904,0	92,0 x 68,0	4 T / L	2 / V	88,0 / 8.000	2 / SOHC	INY	6	A	125 / 135	280 2D / 270 D	120-70-17 / 170-60-17	205	1490	22,0
ENFIELD	350 Bullet	1.977	346,0	90,0 x 70,0	4 T / A	1 / V	18,0 / 5.600	2 / OHV	1 / 34	4	A	150 / 40	177 T / 153 T	3,25-19 / 3,25-19	163	1370	14,5
ENFIELD	500 Bullet	1.979	499,0	84,0 x 90,0	4 T / A	1 / V	22,0 / 5.400	2 / OHV	1 / 28	4	A	150 / 140	178 T / 153 T	3,25-19 / 3,50-19	163	1370	14,5
FANTIC	Oasis 75	1.989	74,3	47,5 x 42,0	2 T / L	1 / V	12,0 / 9.000	L	1 / 20	6	A	200 / 200	220 D / 220 D	2,75-21 / 4,10-18	98	1360	20,0
FANTIC	Koala 75	1.988	74,6	47,5 x 42,0	2 T / L	1 / V	9,6 / 7.750	D	1 / 20	6	A	140 / 130	240 D / 220 D	8-6,50 / 8-6,50	100	1260	7,0
GARELLI	80 Sahel	1.989	74,0	46,5 x 44,0	2 T / L	1 / V	13,0 / 9.000	L	1 / 24	6	A	230 / 220	220 D / 200 D	2,75-21 / 3,50-18	98	1325	12,0
GARELLI	125 GTA	1.986	124,8	52,8 x 57,0	2 T / L	1 / V	24,0 / 8.500	L	1 / 28	6	A	140 / 140	240 2D / 240 D	100-90-16 / 110-80-18	118	1345	15,0
GILERA	RC 125	1.990	124,3	56,0 x 50,5	2 T / L	1 / V	31,5 / 10.300	L	1 / 32	6	A	255 / 260	250 D / 220 D	90-90-21 / 4,60-17	119	1440	13,0
GILERA	125 MXR	1.990	124,3	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	28,0 / 10.000	V	1 / 28	6	AL	130 / 125	260 D / 240 D	100-80-16 / 120-80-16	118	1350	17,0
GILERA	KK 125	1.987	124,4	66,0 x 50,5	2 T / L	1 / V	18,3 / 8.950	V	1 / 28	6	AL	125 / 133	240 D / 250 D	100-80-16 / 120-80-16	122	1350	12,0
GILERA	MX 1 125	1.988	124,4	56,0 x 50,5	2 T / L	1 / V	28,0 / 10.000	L	1 / 28	6	AL	135 / 125	260 D / 240 D	100-80-16 / 120-80-16	118	1350	17,0
GILERA	125 R	1.993	124,4	56,0 x 50,5	2T / L	1 / V	27,0 / 11.000	L	1 / 32	6	A	280 / 290	260 D / 220 D	90-90-21 / 120-90-18	109	1460	13,0
GILERA	Freestyle 125	1.991	124,4	56,0 x 50,5	2 T / L	1 / V	31,5 / 7.750	L	1 / 32	6	A	180 / 160	300 D / 240 D	100-80-16 / 130-70-17	115	1390	12,0
GILERA	SP 01 125	1.989	124,4	56,0 x 50,5	2 T / L	1 / V	30,0 / 10.600	L	1 / 34	6	AL	130 / 125	300 D / 240 D	100-80-16 / 130-70-17	120	1350	13,0
GILERA	125 Crono	1.991	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	35,0 / 10.600	L	1 / 32	6	A	130 / 140	300 D / 240 D	100-80-16 / 130-70-17	120	1350	13,0
GILERA	CX 125	1.991	124,6	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	35,0 / 10.600	L	1 / 32	6	A	123 / 130	320 D / 230 D	120-60-17 / 150-60-17	121	1370	18,0
GILERA	GFR 125	1.993	125,4	56,0 x 50,5	2 T / L	1 / V	33,0 / 11.800	L	1 / 32	6	A	120 / 135	320 D / 240 D	110-70-17 / 150-60-17	118	1350	13,0
GILERA	Dakota 350	1.986	348,8	80,0 x 69,4	4 T / L	1 / V	33,0 / 7.500	4 / DOHC	2 / 25	5	A	240 / 200	260 D / 240 T	90-90-21 / 4,60-17	168	1450	17,8
GILERA	Dakota 500	1.987	491,9	92,0 x 74,0	4 T / L	1 / V	44,0 / 7.250	4 / DOHC	2 / 25	5	A	240 / 220	260 D / 140 T	90-90-21 / 5,10-17	170	1450	17,8
GILERA	Saturno 500	1.988	491,9	92,0 x 74,0	4 T / L	1 / V	44,0 / 7.200	4 / DOHC	1 / 40	5	A	120 / 140	310 D / 240 D	110-70-17 / 140-70-17	145	1395	19,0
GILERA	RC 600	1.990	558,0	98,0 x 74,0	4 T / L	1 / V	48,0 / 7.250	4 / DOHC	2 / 30	5	A	280 / 260	260 D / 230 D	90-90-21 / 130-80-17	155	1510	13,0
GILERA	Nordwest 600	1.991	558,0	98,0 x 74,0	4 T / L	1 / V	53,0 / 7.500	4 / DOHC	2 / 30	5	A	160 / 160	270 2D / 240 D	120-60-17 / 160-60-17	141	1420	12,0
GILERA	600 RC R	1.991	558,0	98,0 x 74,0	4 T / L	1 / V	53,0 / 7.500	4 / DOHC	2 / 28	5	A	290 / 260	260 D / 230 D	90-90-21 / 130-80-17	150	1510	13,0
HARLEY DAVIDSON	883 XLH Sporster	1.986	883,0	76,2 x 96,8	4 T / A	2 / V	62,0 / 6.000	4 / OHV	1 / 34	4	A	150 / 120	280 D / 292 D	100-90-19 / 130-90-16	210	1498	8,5
HARLEY DAVIDSON	1200 XLH Sporster	1.986	1200,0	88,8 x 96,8	4 T / A	2 / V	74,0 / 6.000	2 / OHV	1 / 36	4	A	150 / 120	280 D / 292 D	100-90-19 / 130-90-16	220	1529	8,5
HARLEY DAVIDSON	Nostalgia	1.993	1337,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V45	59,0 / 4.800	2 / OHV	1 / 40	5	A	130 / 120	292 D / 292 D	130-90-16 / 130-90-16	285	1678	19,7
HARLEY DAVIDSON	FLSTF 1340 Fat Boy	1.990	1337,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	59,0 / 4.800	2 / OHV	1 / 40	5	A	130 / 120	292 D / 292 D	130-90-16 / 130-90-16	285	1587	15,9
HARLEY DAVIDSON	FXR Super Glide	1.990	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	84,0 / 5.200	2 / OHV	1 / 40	5	A	150 / 120	280 D / 292 D	100-90-19 / 130-90-16	285	1603	15,9
HARLEY DAVIDSON	FXDL Dina Wide Glide 1340	1.993	1337,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V45	59,0 / 4.800	2 / OHV	1 / 40	5	A	130 / 100	292 D / 292 D	90-90-21 / 130-90-16	232	1678	19,7
HARLEY DAVIDSON	1340 Electra Glide Classic	1.990	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	84,0 / 5.200	2 / OHV	1 / 40	5	A	150 / 120	280 2D / 292 D	100-90-16 / 130-90-16	355	1598	18,9
HARLEY DAVIDSON	FLSTC Heritage Softail Classi	1.988	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	84,0 / 5.200	2 / OHV	1 / 40	5	A	150 / 120	280 D / 292 D	130-90-16 / 130-90-16	295	1587	15,9
HARLEY DAVIDSON	FXSTC Softail Custom	1.990	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	84,0 / 5.200	2 / OHV	1 / 40	5	A	150 / 120	280 D / 292 D	100-90-21 / 130-90-16	280	1684	19,7
HARLEY DAVIDSON	FXSTS 1340 Springer Softail	1.989	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	84,0 / 5.200	2 / OHV	1 / 40	5	A	150 / 120	280 D / 292 D	100-90-21 / 130-90-16	280	1638	19,7

Catálogo de la producción mundial (histórico)

MOTOS DE CARRETERA Y TRAIL (CONT.)

MARCA	MODELO	AÑO	CILINDRADA	DIAMETRO X CARRERA (mm)	CICLO REFRIGERACIÓN	CILINDRO DISPOSICION	POTENCIA MAXIMA (CV/rpm)	Núm.VALVULAS/ DISTRIBUCION	CARBURACION /DIAMETRO (mm)	RELACIONES DE CAMBIO	MATER. CHASIS	SUSPENSION RECORRIDO (mm)	FRENOS TIPO/DIAMETRO	NEUMATICOS	PESO (Kg.)	DISTANCIA EJES	DEPOSITO (L.)
HARLEY DAVIDSON	FXLR 1340 Low Rider Custom	1.991	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	80,0 / 6.000	2 / OHV	1 / 40	5	A	150 / 120	280 D / 292 D	3,00-21 / 130-90-16	261	1605	17,5
HARLEY DAVIDSON	FXDB Daytona 1340	1.990	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	72,0 / 5.200	2 / OHV	1 / 40	5	A	175 / 76	280 D / 300 D	100-90-19 / 130-90-16	275	1663	18,9
HARLEY DAVIDSON	FXRS 1340 Low Rider Sport	1.983	1340,0	88,8 x 108	4 T / A	2 / V	80,0 / 6.000	2 / OHV	2 / 38	5	A	150 / 120	280 2D / 292 D	100-90-19 / 130-90-16	265	1605	17,5
HONDA	CRM 75 R	1.989	74,0	48,0 x 41,1	2 T / L	1 / V	13,0 / 9.500	L	1 / 28	6	A	220 / 200	220 D / 110 T	2,75-2 / 3,25-18	96	1360	8,0
HONDA	Scoopy SH 75	1.985	74,6	48,0 x 41,2	2 T / A	1 / V	6,0 / 6.000	L	1 / 14	AUT	A	140 / 140	140 T / 140 T	2,50-16 / 2,75-16	71	1210	4,5
HONDA	Vision SA 75	1.988	74,6	48,0 x 41,2	2 T / A	1 / V	6,0 / 6.000	L	1 / 14	AUT	A	140 / 140	140 T / 140 T	3,00-10 / 3,00-10	66	1150	5,5
HONDA	MBX 75	1.982	74,9	48,0 x 41,4	2 T / L	1 / V	12,0 / 9.000	L	1 / 18	6	A	130 / 90	220 D / 120 T	2,75-18 / 3,00-18	94	1250	12,0
HONDA	NS 1 75	1.991	74,9	48,0 x 41,4	2 T / L	1 / V	14,2 / 9.750	L	1 / 20	6	A	130 / 127	256 D / 220 D	90-80-17/100-80-17	112	1290	12,0
HONDA	NSR 75	1.988	74,9	48,0 x 41,4	2 T / L	1 / V	13,8 / 9.500	L	1 / 18	6	A	130 / 90	220 D / 110 T	2,75-17 / 3,00-18	94	1285	10,0
HONDA	NSR 125 R	1.993	124,8	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	31,0 / 10.500	L	1 / 28	6	AL	150 / 110	310 D / 220 D	100-80-17 / 130-70-18	112	1350	13,0
HONDA	EZ 90 CUB	1.991	90,0	48,0 x 49,6	2 T / A	1 / V	7,3 / 7.000	L	1 / 16	AUT	A	100 / 110	140 T / 140 T	100-90-12 / 130-90-10	50	1200	3,8
HONDA	Yupy NH 90	1.990	89,7	48,0 x 49,6	2 T / A	1 / V	7,3 / 7.000	L	1 / 16	AUT	A	80 / 120	190 D / 110 T	3,50-10 / 3,50-10	85	1235	7,2
HONDA	NX 125	1.990	124,0	56,5 x 49,5	4 T / A	1 / V	13,0 / 8.500	2 / SOHC	1 / 24	6	A	220 / 220	240 D / 130 T	80-90-21 / 120-80-17	120	1400	9,5
HONDA	CG 125	1.987	124,0	56,5 x 49,5	4 T / A	1 / V	12,0 / 7.000	2 / OHC	1 / 22	5	A	120 / 110	240 D / 110 T	2,75-18 / 3,00-17	101	1280	12,0
HONDA	NSR 125 F	1.989	124,8	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	38,0 / 10.500	L	1 / 28	6	AL	150 / 110	310 D / 220 D	100-80-17 / 130-70-18	108	1350	13,0
HONDA	NSR 125 F Raiden	1.993	124,8	54,0 x 54,5	2 T / L	1 / V	33,0 / 11.000	L	1 / 34	6	AL	135 / 140	316 D / 220 D	100-80-17 / 130-70-17	122	1345	13,0
HONDA	CRM 125	1.989	124,8	54,0 x 54,5	2 T / L	1 / V	26,5 / 9.500	L	1 / 28	6	A	270 / 285	240 D / 220 D	3,00-21 / 4,60-18	118	1452	9,5
HONDA	CB 250	1.991	234,0	53,0 x 53,0	4 T / A	2 / L	20,0 / 9.000	2 / SOHC	1 / 25	5	A	150 / 110	240 D / 130 T	90-100-18 / 120-90-16	146	1425	16,0
HONDA	CN 250 Spazio	1.986	244,0	72,0 x 60,0	4 T / L	1 / V	20,0 / 7.500	2 / SOHC	1 / 30	AUT	A	150 / 130	240 D / 120 T	4,00-12 / 120-90-10	168	1625	12,0
HONDA	400 CB 1	1.989	399,0	55,0 x 42,0	4 T / L	4 / L	53,0 / 11.000	4 / DOHC	4 / 30	6	A	130 / 110	310 D / 220 D	110-70-17 / 14-70-17	168	1375	11,5
HONDA	CB 450 DX	1.988	447,0	75,0 x 50,6	4 T / A	2 / L	43,0 / 9.000	3 / SOHC	2 / 32	6	A	130 / 10	235 2D / 280 D	3,60-19 / 4,10-18	176	1390	17,5
HONDA	VF 500	1.984	498,0	60,0 x 44,0	4 T / L	4 / V	65,0 / 11.000	4 / DOHC	4 / 29	6	A	140 115	225 2D / 225 D	100-90-16 / 110-9018	190	1420	16,0
HONDA	XBR 500	1.985	498,0	92,0 x 75,0	4 T / A	1 / V	44,8 / 7.200	4 / OHC	1 / 39	5	A	14 / 110	276 D / 180 T	100-90-18 / 110-90-18	157	1400	19,0
HONDA	XL 600 V Transalp	1.987	583,1	75,0 x 66,0	4 T / L	2 / V	55,0 / 8.000	3 / SOHC	2 / 32	5	A	200 / 190	276 D / 220 D	90-90-21 / 130-80-17	174	1505	18,0
HONDA	VT 600 Shadow	1.990	583,1	75,0 x 66,0	4 T / L	2 / V	43,0 / 6.500	3 / SOHC	2 / 43	4	A	140 / 140	296 D / 160 T	100-90-19 / 170-80-15	195	1600	9,0
HONDA	XL 600 R	1.985	589,0	100,0 x 75,0	4 T / A	1 / V	44,0 / 6.500	4 / OHC	2 / 30	5	A	215 / 190	240 D / 130 T	3,00-21 / 5,10-17	146	1440	12,0
HONDA	XR 600 R	1.989	590,8	97,0 x 80,8	4 T / A	1 / V	45,0 / 6.500	4 / SOHC	1 / 40	5	A	280 / 280	240 D / 220 T	80-100-21 / 110-100-1	121	1455	10,0
HONDA	CBR 600 F	1.987	599,0	65,0 x 45,2	4 T / L	4 / L	100 / 12.000	4 / DOHC	4 / 32	6	A	130 / 110	276 2D / 220 D	110-80-17 / 130-80-17	185	1410	16,0
HONDA	CBR 600 F	1.991	599,0	65,0 x 45,2	4 T / L	4 / L	100 / 12.000	4 / DOHC	4 / 34	6	A	130 / 120	276 2D / 240 D	120-60-17 / 160-60-17	185	1405	16,0
HONDA	NX 650 Dominator	1.987	644,0	100,0 x 82,0	4 T / A	1 / V	46,0 / 6.000	4 / SOHC	1 / 40	5	A	220 / 195	256 D / 220 D	90-90-21 / 130-90-17	125	1440	16,0
HONDA	XRV 650 Africa Twin	1.987	647,0	79,0 x 66,0	4 T / L	2 / V	57,0 / 8.000	3 / SOHC	2 / 34	5	A	230 / 210	296 D / 240 D	90-90-21 / 130-80-17	185	1540	25,0
HONDA	NTV 650	1.987	647,0	79,0 x 76,0	4 T / L	2 / V	61,0 / 7.500	3 / SOHC	2 / 35	5	A	130 / 120	310 D / 276 D	110-80-17 / 150-70-17	188	1455	19,0
HONDA	XRV African Twin 750	1.990	742,0	81,0 x 72,0	4 T / L	2 / V	62,0 / 7.500	3 / SOHC	2 / 36	5	A	220 / 210	276 D / 256 D	90-90-21 / 140-80-17	202	1565	23,0
HONDA	XRV African Twin 750	1.993	742,0	81,0 x 72,0	4 T / L	2 / V	61,5 / 7.500	3 / SOHC	2 / 36	5	A	220 / 210	276 2D / 256 D	90-90-21 / 140-80-17	192	1565	24,0
HONDA	CBX 750 F	1.984	747,0	67,0 x 53,0	4 T / A	4 / L	91,0 / 9.500	4 / DOHC	4 / 34	6	A	150 / 115	280 2D / 280 D	110-90-16 / 130-80-18	218	1482	22,0
HONDA	CB 750 Seven Fifty	1.991	747,0	67,0 x 53,0	4 T / A	4 / L	73,0 / 8.500	4 / DOHC	4 / 34	5	A	130 / 110	296 2D / 240 D	120-70-17 / 150-70-17	215	1495	20,0
HONDA	NR 750	1.992	747,7	75,3 x 42,0	4 T / L	4 / V	125 / 14.000	8 / DOHC	INY	6	AL	120 / 120	310 2D / 220 D	130-70-16 / 180-55-17	223	1435	17,3
HONDA	VF 750 C	1.993	748,0	70,0 x 48,6	4 T / L	4/ V90	88,0 / 9.000	4 / DOHC	4 / 34	5	A	150 / 100	316 D / 180 T	120-80-17 / 150-80-15	229	1655	13,0
HONDA	VF 750 F	1.983	748,0	70,0 x 48,6	4 T / L	4 / V	86,0 / 10.000	4 / DOHC	4 / 32	6	A	160 / 120	270 2D / 296 D	120-80-16 / 130-80-18	220	1495	22,0
HONDA	VFR 750 F	1.986	748,0	70,0 x 48,8	4 T / L	4/ V90	100 / 10.000	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 130	296 2D / 256 D	120-70-17 / 170-60-17	212	1470	19,0
HONDA	VFR 750 F	1.990	748,0	70,0 x 48,6	4 T / L	4/ V90	105 / 10.500	4 / DOHC	4 / 34	6	AL	140 / 105	276 D / 256 D	110-90-16 / 130-80-18	199	1480	20,0
HONDA	VFR 750 R RC 30	1.987	748,0	70,0 x 48,6	4 T / L	4 / V	112 / 11.000	4 / DOHC	4 / 35	6	AL	130 / 105	310 2D / 220 D	120-70-17 / 170-60-18	185	1410	18,0
HONDA	800 Pacific Coast	1.989	800,2	79,5 x 80,6	4 T / L	2 / V	57,0 / 6.500	3 / SOHC	2 / 36	5	A	145 / 130	276 2D / 180 T	120-80-17 / 140-80-15	245	1555	16,0
HONDA	CBR 900 RR	1.992	893,0	70,0 x 58,0	4 T / L	4 / L	124 / 10.500	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 112	296 2D / 220 D	130-70-16 / 180-55-17	185	1405	18,0
HONDA	CBR 1000	1.987	998,0	77,0 x 53,0	4 T / L	4 / L	132 / 10.000	4 / DOHC	4 / 36	6	A	130 / 120	296 D / 276 D	120-70-17 / 170-70-17	231	1510	21,0
HONDA	CB 1000 Big One	1.993	998,0	77,0 x 53,6	4 T / L	4 / L	98,0 / 8.500	4 / DOHC	4 / 34	5	A	130 / 110	310 D / 276 D	120-70-18 / 170-60-18	235	1540	22,0
HONDA	CBR 1000	1.989	998,0	77,0 x 57,6	4 T / L	4 / L	132 / 9.500	4 / DOHC	4 / 38	6	A	150 / 120	280 2D / 260 D	110-80-17 / 140-80-17	222	1505	21,0
HONDA	CBR 1000 C Dual S	1.993	998,0	77,0 x 53,6	4 T / L	4 / L	135 / 9.500	4 / DOHC	4 / 37	6	A	130 / 115	296 D / 256 D	120-70-17 / 170-60-17	235	1500	22,0
HONDA	ST 1100 Paneuropean	1.989	1084,0	73,0 x 74,5	4 T / L	4 / V	100 / 7.500	4 / DOHC	4 / 32	5	A	150 / 120	316 2D / 316 D	110-80-18 / 160-70-17	287	1550	28,0
HONDA	GL 1200 Goldwing	1.984	1182,0	75,5 x 76,0	4 T / L	4 / B	94,0 / 7.000	2 / SOHC	4 / 32	5	A	140 / 105	276 2D / 296 D	130-90-16 / 150-90-15	325	1610	22,0
HONDA	Goldwing CLX 1500	1.988	1520,0	71,0 x 64,0	4 T / L	6 / B	100 / 5.200	2 / SOHC	2 / 36	5	A	160 / 140	300 2D / 300 D	130-70-18 / 160-80-16	362	1700	23,0
JAWA	350 TS	1.990	343,4	58,0 x 65,0	2 T / A	2 / L	25,8 / 5.250	D	1 / 28	4	A	150 / 80	260 D / 160 T	3,25-18 / 3,50-18	154	1355	17,0
KAWASAKI	ZXR 400	1.989	398,0	57,0 x 39,0	4 T / L	4 / L	68,0 / 12.500	4 / DOHC	4 / 32	6	AL	120 / 120	300 D / 250 D	120-60-17 / 160-60-17	185	1395	16,0
KAWASAKI	GPZ 400 FZ	1.991	399,0	55,0 x 42,0	4 T / A	4 / L	54,0 / 11.500	2 / DOHC	4 / 30	6	A	150 / 130	260 2D / 260 D	100-90-18 / 110-90-18	175	1475	18,0
KAWASAKI	GPZ 500 S	1.987	498,0	74,0 x 58,0	4 T / L	2 / L	60,0 / 9.800	4 / DOHC	2 / 34	6	A	160 / 120	260 2D / 160 T	100-90-16 / 120-90-16	170	1405	18,0
KAWASAKI	EN 500 Vulcan	1.989	498,0	74,0 x 58,0	4 T / L	2 / L	55,0 / 9.500	4 / DOHC	2 / 34	6	A	160 / 100	270 D / 180 T	100-90-19 / 140-90-15	186	1560	11,0
KAWASAKI	KLE 500	1.990	498,0	74,0 x 58,0	4 T / L	2 / L	50,0 / 8.500	4 / DOHC	2 / 34	6	A	220 / 200	300 D / 230 T	90-90-21 / 130-80-17	155	1510	15,0
KAWASAKI	Z 550	1.981	553,0	58,0 x 52,4	4 T / A	4 / L	52,0 / 9.500	2 / DOHC	4 / 22	6	A	180 / 120	280 D / 180 T	3,25-19 / 3,75-18	188	1395	15,0
KAWASAKI	ZR 550 Zephyr	1.992	553,0	58,0 x 52,4	4 T / A	4 / L	51,0 / 10.000	2 / DOHC	4 / 30	6	A	140 / 87	300 2D / 230 D	110-80-17 / 140-70-18	179	1435	15,0
KAWASAKI	GPX 600 R	1.987	592,0	60,0 x 52,4	4 T / L	4 / L	85,0 / 11.000	4 / DOHC	4 / 32	6	A	130 / 120	270 2D / 250 D	110-80-16 / 130-90-16	195	1425	21,5
KAWASAKI	ZZR 600	1.990	599,0	64,0 x 46,6	4 T / L	4 / L	98,0 / 11.500	4 / DOHC	4 / 36	6	A	130 / 130	300 2D / 245 D	120-60-17 / 160-70-17	192	1440	18,0
KAWASAKI	ZZR 600	1.993	599,0	64,0 x 46,6	4 T / L	4 / L	100 / 11.500	4 / DOHC	4 / 36	6	AL	120 / 130	300 D / 240 D	120-60-17 / 160-60-17	195	1430	18,0
KAWASAKI	KLX 650	1.993	651,0	100,0 x 83,0	4 T / L	1 / V	45,0 / 6.500	4 / DOHC	1 / 40	5	A	285 / 280	290 D / 230 D	90-90-21 / 130-80-17	153	1510	12,0
KAWASAKI	KLX 650 R	1.993	651,0	100,0 x 83,0	4 T / L	1 / V	48,0 / 6.500	4 / DOHC	1 / 40	5	A	300 / 280	250 D / 220 D	80-100-21 / 110-100-1	140	1480	8,0
KAWASAKI	Tengai 650	1.989	651,0	100,0 x 83,0	4 T / L	1 / V	48,0 / 6.500	4 / DOHC	1 / 40	5	A	220 / 200	280 D / 230 D	90-90-21 / 130-80-17	159	1480	23,0
KAWASAKI	ZR 750 Zephyr	1.990	738,0	64,0 x 54,0	4 T / A	4 / L	68,0 / 9.500	2 / DOHC	4 / 32	5	A	140 / 115	300 2D / 202 D	120-70-17 / 150-70-17	201	1455	17,0
KAWASAKI	GPZ 750	1.988	738,0	64,0 x 54,0	4 T / A	4 / L	82,0 / 9.500	2 / DOHC	4 / 34	5	A	160 / 130	270 2D / 270 D	110-90-18 / 130-90-18	223	1490	18,0
KAWASAKI	ZXR 750	1.991	748,0	71,0 x 47,3	4 T / L	4 / L	100 / 11.000	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	140 / 120	310 2D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	201	1420	22,0
KAWASAKI	ZXR 750	1.993	749,0	71,0 x 47,3	4 T / L	4 / L	121 / 11.000	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 135	320 2D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	205	1430	18,0
KAWASAKI	ZXR 750 R	1.991	749,0	71,0 x 47,3	4 T / L	4 / L	121 / 11.000	4 / DOHC	4 / 39	6	AL	120 / 135	320 2D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	200	1430	17,0
KAWASAKI	ZXR 750 R	1.993	749,0	71,0 x 47,3	4 T / L	4 / L	121 / 11.000	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 135	320 D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	205	1430	18,0
KAWASAKI	VN 750 Vulcan	1.992	749,0	84,9 x 66,2	4 T / L	2/ V55	66,0 / 7.500	4 / SOHC	2 / 34	5	A	105 / 90	260 D / 180 T	100-90-19 / 150-90-15	223	1585	13,5
KAWASAKI	ZXR 750	1.989	749,0	71,0 x 47,3	4 T / L	4 / L	107 / 10.000	4 / DOHC	4 / 36	6	AL	120 / 120	310 2D / 230 D	120-70-17 / 160-70-17	195	1420	18,0
KAWASAKI	ZXR 750	1.990	749,0	71,0 x 47,3	4 T / L	4 / L	113 / 10.500	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 135	310 D / 230 D	120-70-17 / 170-60-17	205	1430	18,0
KAWASAKI	GPZ 900 R	1.984	908,0	72,5 x 55,0	4 T / L	4 / L	110 / 9.500	4 / DOHC	4 / 34	6	A	150 / 140	300 2D / 222 D	120-80-16 / 130-80-18	234	1495	22,0
KAWASAKI	1000 ZX 10	1.988	997,0	74,0 x 58,0	4 T / L	4 / L	137 / 10.000	4 / DOHC	4 / 36	6	AL	135 / 120	300 2D / 250 D	120-70-17 / 160-60-18	222	1490	22,0
KAWASAKI	RX 1000	1.986	997,8	74,0 x 58,0	4 T / L	4 / L	125 / 9.500	4 / DOHC	4 / 38	6	A	135 / 130	280 2D / 260 D	120-80-16 / 150-80-16	238	1505	21,0
KAWASAKI	ZZR 1100	1.990	1052,0	76,0 x 58,0	4 T / L	4 / L	147 / 10.500	4 / DOHC	4 / 40	6	AL	125 / 120	320 2D / 240 D	120-70-17 / 170-60-17	228	1495	20,0
KAWASAKI	ZZR 1100	1.993	1052,0	76,0 x 58,0	4 T / L	4 / L	147 / 10.500	4 / DOHC	4 / 40	6	AL	120 / 112	320 D / 250 D	120-70-17 / 180-55-17	233	1495	24,0
KAWASAKI	ZR 1100 Zephyr	1.992	1062,0	73,5 x 62,6	4 T /A	4 / L	98,0 / 8.000	2 / DOHC	4 / 34	5	A	130 / 110	310 2D / 240 D	120-70-17 / 160-70-18	243	1500	17,0
KAWASAKI	VN 1500 Vulcan	1.987	1470,0	102,0 x 90,0	4 T / L	2 / V	72,0 / 4.000	4 / SOHC	2 / 36	4	A	150 / 100	290 D / 260 D	100-90-19 / 150-90-15	266	1605	16,0
LAVERDA	GS 125 Lesmo	1.987	123,6	54,0 x 54,0	2 T / L	1 / V	20,0 / 9.000	L	1 / 28	6	A	130 / 120	240 2D / 240 D	100-80-16 / 130-70-17	125	1390	14,0
LAVERDA	CU 125 Ride	1.987	123,6	54,0 x 54,0	2 T / L	1 / V	22,0 / 8.500	L	1 / 26	5	A	140 / 60	240 D / 160 T	2,75-18 / 120-90-16	118	1420	12,0
LAVERDA	600 OR Atlas	1.987	571,6	76,0 x 63,0	4 T / A	2 / L	55,0 / 8.500	4 / DOHC	2 / 32	6	A	240 / 230	260 D / 230 D	90-90-21 / 130-80-17	180	1560	25,0
MONTESA	250 Evasión	1.990	258,0	74,0 x 60,0	2 T / A	1 / V	8,4 / 4.500	L	1 / 26	6	A	170 / 170	185 D / 185 D	2,75-21 / 4,00-18	90	1320	7,0
MORINI	Kanguro 350	1.986	344,2	62,0 x 57,0	4 T / A	2 / V	32,5 / 8.500	2 / OHC	2 / 25	6	A	210 / 200	240 D / 230 D	3,00-21 / 4,00-18	160	1475	22,0
MORINI	350 DART	1.987	344,2	62,0 x 57,0	4 T / A	2 / V	35,0 / 8.000	2 / OHV	2 / 25	6	A	150 / 150	300 D / 240 D	110-80-16 / 130-70-16	150	1390	14,0
MORINI	350 New York	1.988	344,2	62,0 x 57,0	4 T / A	2 / V	35,0 / 8.500	2 / OHV	2 / 25	6	A	260 / 250	260 D / 230 D	90-80-19 / 130-90-16	158	1515	22,0
MORINI	Coguaro 501	1.989	507,0	71,0 x 64,0	4 T / A	2 / V	43,0 / 8.500	2 / OHV	2 / 28	6	A	140 / 240	260 D / 230 D	90-90-21 / 120-90-17	165	1475	21,0
MORINI	Excalibur 501	1.986	507,0	71,0 x 64,0	4 T / A	2 / V	42,0 / 7.800	2 / OHV	2 / 25	6	A	140 / 110	240 D / 240 D	100-90-18 / 130-90-16	175	1390	17,0
MOTO GUZZI	350 V 35 Florida	1.986	349,2	70,0 x 40,6	4 T / A	2 / V	35,0 / 8.500	2 / OHV	2 / 28	5	A	140 / 110	260 2D / 235 D	90-90-18 / 120-90-16	165	1505	17,0
MOTO GUZZI	650 V 65 Florida	1.986	643,4	80,0 x 64,0	4 T / A	2 / V	52,0 / 7.000	2 / OHV	2 / 30	5	A	140 / 110	260 2D / 235 D	100-90-18 / 130-90-16	174	1505	17,0
MOTO GUZZI	750 V 75 NTX	1.989	743,9	80,0 x 74,0	4 T / A	2 / V	46,0 / 6.600	2 / OHV	2 / 30	5	A	260 / 160	260 D / 260 D	3,00-21 / 4,00-18	179	1470	32,0
MOTO GUZZI	750 V 75 Nevada	1.991	743,9	80,0 x 74,0	4 T / A	2 / V	47,6 / 6.200	2 / OHV	2 / 30	5	A	180 / 90	270 2D / 260 D	100-90-18 / 130-90-16	177	1482	16,0
MOTO GUZZI	1000 Daytona	1.992	992,0	90,0 x 78,0	4 T / A	2 / V	95,0 / 8.000	4 / OHV	INY	5	A	130 / 130	300 D / 260 D	120-70-17 / 160-60-18	205	1440	22,5
MOTO GUZZI	1000 GT	1.987	948,8	88,0 x 78,0	4 T / A	2 / V	64,0 / 6.600	2 / OHV	2 / 30	5	A	140 / 85	300 2D / 242 D	110-90-18 / 120-90-18	230	1505	22,5
MOTO GUZZI	1000 SP III	1.985	948,8	88,0 x 78,0	4 T / A	2 / V	71,0 / 6.700	2 / OHV	2 / 36	5	A	141 / 110	300 2D / 270 D	110-90-18 / 120-90-18	245	1470	22,5
MOTO GUZZI	1000 California III	1.986	948,8	88,0 x 78,0	4 T / A	2 / V	69,0 / 6.300	2 / OHV	2 / 30	5	A	160 / 130	300 2D / 270 D	120-90-18 / 120-90-18	305	1565	26,0
MZ	ETZ 125	1.985	123,0	52,0 x 58,0	2 T / A	1 / V	10,5 / 6.000	D	1 / 22	5	A	120 / 90	280 D / 150 T	2,75-18 / 3,00-18	106	1295	13,0
MZ	301 ETZ Fun	1.991	243,0	69,0 x 65,0	2 T / A	1 / V	21,0 / 5.700	D	1 / 30	5	A	185 / 100	280 D / 160 T	90-90-18 / 110-80-16	134	1320	18,0

MOTOS DE CARRETERA Y TRAIL (CONT.)

MARCA	MODELO	AÑO	CILINDRADA	DIAMETRO X CARRERA (mm)	CICLO REFRIGERACIÓN	CILINDRO DISPOSICION	POTENCIA MAXIMA (CV/rpm)	Núm.VALVULAS/ DISTRIBUCION	CARBURACION /DIAMETRO (mm)	RELACIONES DE CAMBIO	MATER. CHASIS	SUSPENSION RECORRIDO (mm)	FRENOS TIPO/DIAMETRO	NEUMATICOS	PESO (Kg.)	DISTANCIA EJES	DEPOSITO (L.)
MZ	ETZ 251	1.987	243,0	69,0 x 65,0	2 T / A	1 / V	21,0 / 5.700	D	1 / 30	5	A	185 / 100	280 D / 160 T	275 -18 / 325-16	134	1290	18,0
NORTON	F 1	1.990	588,0	------	Rot / L	2 / L	95,0 / 9.500	D	2 / 34	5	AL	145 / 150	320 2D / 230 D	120-70-17 / 160-70-17	192	1440	20,0
PEUGEOT	SC 75	1.989	74,0	44,0 x 44,0	2 T / A	1 / L	6,5 / 6.500	L	1 / 16	AUT	A	120 / 110	110 T / 095 T	3,50-10 / 3,50-10	78	1170	5,3
PEUGEOT	SV 80	1.992	74,0	44,0 x 44,0	2 T / A	1 / V	7,5 / 8.000	L	1 / 16	AUT	A	90 / 90	190 D / 110 T	100-90-10 / 100-90-10	87	1250	8,8
PEUGEOT	SX 80 L	1.988	79,6	48,0 x 44,0	2 T / A	1 / V	6,5 / 6.500	L	1 / 16	AUT	A	120 / 110	110 T / 095 T	350-10 / 350 -10	78	1170	5,3
PEUGEOT	SV 125	1.991	124,4	55,0 x 52,4	2 T / A	1 / V	10,0 / 7.000	L	1 / 18	AUT	A	180 / 120	190 D / 110 T	100-90-10 / 100-90-10	90	1275	8,8
PGO	Galaxy 90	1.990	82,4	50,0 x 42,0	2 T / A	1 / V	7,4 / 7.250	L	1 / 14	AUT	A	70 / 60	147 D / 110 T	2,15-10 / 2,15-10	73	1230	6,2
PIAGGIO	Sfera 75	1.990	74,7	46,5 x 44,0	2 T / A	1 / H	9,5 / 7.250	L	1 / 18	AUT	A	73 / 82	110 T / 110 T	90-90-10 / 100-90-10	81	1210	5,2
PIAGGIO	Cosa 125	1.988	123,3	52,5 x 57,0	2 T / A	1 / H	8,8 / 6.000	V	1 / 24	4	A	100 / 92	170 T / 170 T	100-90-10 / 100-90-10	119	1270	7,6
PIAGGIO	Skipper 125	1.993	123,5	55,0 x 52,0	2 T / A	1 / H	13,6 / 7.250	L	1 / 20	AUT	A	80 / 80	200 D / 110 T	100-80-10 / 110-80-10	95	1250	8,0
PIAGGIO	Skipper 150	1.994	147,0	60,0 x 52,0	2 T / A	1 / H	15,0 / 7.000	L	1 / 20	AUT	A	80 / 80	220 D / 110 T	100-80-10 / 110-80-10	95	1250	8,0
PIAGGIO	Cosa 200	1.988	197,9	66,5 x 57,0	2 T / A	1 / H	11,1 / 6.000	V	1 / 24	4	A	100 / 92	170 T / 170 T	100-90-10 / 100-90-10	111	1270	7,6
RIEJU	MR 80 E	1.990	74,6	46,5 x 44,0	2 T / L	1 / V	14,0 / 9.000	L	1 / 26	6	A	180 / 180	220 D / 130 T	2,50-21 / 100-90-18	86	1400	10,0
RIEJU	MR 80 Pro	1.991	74,6	46,5 x 44,0	2 T / L	1 / V	14,0 / 9.000	L	1 / 26	6	A	180 / 180	220 D / 160 D	2,50-21 / 100-90-18	86	1400	10,0
RIEJU	RST 80	1.990	74,7	46,5 x 44,0	2 T / L	1 / V	12,0 / 8.500	L	1 / 25	6	A	130 / 120	220 D / 200 D	2,75-16 / 3,25-16	97	1300	14,0
SUZUKI	Address 80	1.991	72,8	47,0 x 42,0	2 T / A	1 / V	5,8 / 6.000	L	1 / 14	AUT	A	65 / 80	145 D / 120 T	100-90-10 / 100-90-10	80	1240	5,5
SUZUKI	Lido 75	1.983	72,8	47,0 x 42,0	2 T / A	1 / V	6,5 / 7.000	L	1 / 14	AUT	A	110 / 110	120 T / 120 T	3,50-10 / 3,50-10	60	1172	5,5
SUZUKI	Address 100	1.993	99,0	52,5 x 46,0	2 T / A	1 / V	9,8 / 6.000	L	1 / 16	AUT	A	65 / 80	162 D / 120 T	100-90-10 / 100-90-10	88	1240	5,5
SUZUKI	RG 125 Gamma	1.985	124,0	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	33,0 / 11.250	L	1 / 30	6	A	130 / 110	300 D / 210 D	100-80-17 / 120-80-17	125	1310	13,0
SUZUKI	GN 250	1.990	249,0	72,0 x 61,2	4 T / A	1 / V	22,0 / 8.500	2 / SOHC	1 / 34	5	A	120 / 110	267 D / 160 T	3,00-18 / 4,60-16	129	1350	10,3
SUZUKI	RGV 250	1.988	249,0	56,0 x 50,6	2 T / L	1 / V	62,0 / 11.000	L	2 / 34	6	AL	140 / 120	300 2D / 210 D	110-70-17 / 150-60-17	139	1375	16,0
SUZUKI	GSF 400 Bandit	1.991	398,0	56,0 x 40,4	4 T / L	4 / L	54,0 / 10.600	4 / DOHC	4 / 33	6	A	140 / 120	310 D / 250 D	110-70-17 / 150-70-17	165	1425	16,0
SUZUKI	GSX 400	1.985	399,0	67,0 x 56,6	4 T / A	2 / L	42,0 / 9.000	4 / DOHC	2 / 34	6	A	140 / 100	260 D / 180 T	3,00-18 / 3,50-18	176	1420	16,0
SUZUKI	GS 450 E	1.988	448,0	71,0 x 56,6	4 T / A	2 / L	45,0 / 8.500	2 / DOHC	2 / 34	6	A	140 / 100	260 D / 180 T	3,00-18 / 3,50-18	177	1420	12,0
SUZUKI	GS 500 E	1.989	487,0	74,0 x 56,0	4 T / A	2 / L	52,0 / 9.200	2 / DOHC	2 / 33	6	A	120 / 118	310 D / 250 D	110-80-17 / 130-80-17	169	1410	17,0
SUZUKI	GSX 550	1.982	567,0	60,0 x 50,6	4 T / A	4 / L	64,0 / 10.000	4 / DOHC	2 / 30	6	A	150 / 120	160 2D / 260 D	100-90-16 / 110-90-18	195	1420	18,0
SUZUKI	GSX 600 F	1.988	599,0	62,6 x 48,7	4 T / A	4 / L	86,0 / 11.000	4 / DOHC	4 / 31	6	A	130 / 135	290 2D / 260 D	110-80-17 / 140-80-17	195	1430	20,0
SUZUKI	RF 600 R	1.993	599,0	65,0 x 45,2	4 T / L	4 / L	100 / 11.500	4 / DOHC	4 / 36	6	A	130 / 130	290 2D / 240 D	120-70-17 / 160-60-17	195	1430	17,0
SUZUKI	DR 650 RSE	1.990	640,8	95,0 x 90,4	4 T / A	1 / V	46,0 / 6.800	4 / SOHC	1 / 40	5	A	240 / 221	300 D / 250 D	90-90-21 / 120-90-17	178	1510	20,0
SUZUKI	DR 650 R	1.990	640,8	95,0 x 90,4	4 T / A	1 / V	45,0 / 6.800	4 / SOHC	1 / 40	5	A	300 / 250	280 D / 250 D	90-90-21 / 120-80-17	154	1515	17,0
SUZUKI	LS 650 Savage	1.989	652,0	94,0 x 94,0	4 T / A	1 / V	31,0 / 5.400	4 / SOHC	1 / 40	5	A	150 / 90	260 D / 160 T	100-90-19 / 140-80-15	160	1485	10,5
SUZUKI	VS 750 Intruder	1.991	747,0	80,0 x 74,4	4 T / L	2 / V	55,0 / 7.500	4 / SOHC	2 / 34	5	A	160 / 100	295 D / 180 T	100-90-19 / 140-90-15	199	1560	12,0
SUZUKI	GSX 750 F	1.983	747,0	67,0 x 53,0	4 T / A	4 / L	80,0 / 9.200	4 / DOHC	4 / 32	6	A	160 / 85	280 2D / 280 D	3,25-19 / 4,00-18	216	1505	19,0
SUZUKI	GSX 750 F	1.988	748,0	73,0 x 44,7	4 T / A	4 / L	106 / 10.500	4 / DOHC	4 / 36	6	A	130 / 130	290 2D / 260 D	110-80-17 / 150-70-17	209	1470	20,0
SUZUKI	GSX 750 R	1.988	748,0	73,0 x 44,7	4 T / A	4 / L	108 / 11.000	4 / DOHC	4 / 36	6	AL	120 / 136	310 2D / 240 D	120-70-17 / 160-60-17	195	1410	21,0
SUZUKI	GSX 750 R	1.990	749,0	70,0 x 48,7	4 T / A	4 / L	116 / 11.000	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 135	310 2D / 240 D	120-70-17 / 160-60-17	193	1415	21,0
SUZUKI	GSX 750 R	1.991	749,0	70,0 x 48,7	4 T / A	4 / L	116 / 11.000	4 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 136	310 2D / 240 D	120-70-17 / 170-60-17	193	1410	21,0
SUZUKI	GSX 750 R	1.985	749,0	70,0 x 48,7	4 T / A	4 / L	100 / 10.500	4 / DOHC	4 / 29	6	AL	130 / 130	300 2D / 220 D	110-80-18 / 140-70-18	176	1435	19,0
SUZUKI	GSX 750 R	1.992	749,0	70,0 x 48,7	4 T / L	4 / L	118 / 11.500	4 / DOHC	3 / 38	6	AL	120 / 130	320 2D / 240 D	120-70-17 / 170-60-17	208	1435	21,0
SUZUKI	VS 800 Intruder	1.992	805,0	83,0 x 74,4	4 T / L	2 / V	60,0 / 7.500	4 / SOHC	2 / 36	5	A	130 / 90	298 D / 180 T	80-90-91 / 140-90-15	200	1560	12,0
SUZUKI	DR Big 800 S	1.989	779,0	105,0 x 90,0	4 T / A	1 / V	52,5 / 6.600	4 / SOHC	2 / 33	5	A	240 / 220	300 D / 250 D	90-90-21 / 130-80-17	185	1520	24,0
SUZUKI	GSX 1100 R	1.986	1052,0	76,0 x 58,0	4 T / A	4 / L	130 / 9.500	4 / DOHC	4 / 34	5	AL	130 / 126	310 2D / 240 D	110-80-18 / 150-70-18	198	1460	19,0
SUZUKI	GSX 1100 R	1.989	1127,0	78,0 x 59,0	4 T / A	4 / L	143 / 9.500	4 / DOHC	4 / 36	5	AL	120 / 140	315 2D / 240 D	120-70-17 / 160-60-17	206	1440	21,0
SUZUKI	GSX 1100 R	1.990	1127,0	78,0 x 59,0	4 T / A	4 / L	145 / 10.000	4 / DOHC	4 / 38	5	AL	120 / 150	310 2D / 230 D	120-70-17 / 180-55-17	219	1465	21,0
SUZUKI	GSX 1100 R	1.993	1074,0	75,5 x 60,0	4 T / L	4 / L	155 / 10.000	4 / DOHC	4 / 40	5	AL	120 /160	310 D / 240 D	120-70-17 / 180-55-17	231	1485	21,0
SUZUKI	GSX 1100 F	1.988	1127,0	78,0 x 59,0	4 T / A	4 / L	136 / 9.500	4 / DOHC	4 / 34	5	A	140 / 125	275 2D / 275 D	120-80-16 / 150-80-16	244	1535	21,0
TRIUMPH	Daytona 750	1.990	749,0	76,0 x 55,0	4 T / L	3 / L	90,0 / 10.500	4 / DOHC	3 / 36	6	A	150 / 120	296 2D / 255 D	130-60-17 / 170-60-18	218	1490	25,0
TRIUMPH	Trident 750	1.990	749,0	76,0 x 55,0	4 T / L	3 / L	97,0 / 9.750	4 / DOHC	3 / 36	6	A	150 / 126	296 2D / 255 D	120-60-18 / 160-60-18	212	1490	25,0
TRIUMPH	Trident 900	1.990	885,0	76,0 x 65,0	4 T / L	3 / L	100 / 9.000	4 / DOHC	3 / 36	6	A	150 / 126	296 2D / 255 D	120-60-18 / 160-60-18	212	1490	25,0
TRIUMPH	Sprint 900	1.993	885,0	76,0 x 65,0	4 T / L	3 / L	100 / 9.500	4 / DOHC	3 / 36	6	A	130 / 130	296 D / 255 D	120-70-17 / 160-60-18	215	1490	25,0
TRIUMPH	900 Trophy	1.990	885,0	76,0 x 65,0	4 T / L	3 / L	100 / 9.000	4 / DOHC	3 / 36	6	A	150 / 120	296 2D / 255 D	120-70-17 / 160-60-18	222	1490	25,0
TRIUMPH	Tiger 900	1.993	885,0	76,0 x 65,0	4 T / L	3 / L	85,0 / 8.500	4 / DOHC	3 / 36	6	A	200 / 200	276 2D / 255 D	110-80-19 / 140-80-17	209	1560	24,0
TRIUMPH	Daytona 900	1.990	885,0	76,0 x 65,0	4 T / L	3 / L	100 / 9.000	4 / DOHC	3 / 36	6	A	130 / 130	310 2D / 255 D	120-70-17 / 160-60-18	216	1490	25,0
TRIUMPH	1200 Trophy	1.990	1180,0	76,0 x 65,0	4 T / L	4 / L	125 / 9.000	4 / DOHC	4 / 36	6	A	150 / 120	296 2D / 255 D	120-70-17 / 160-60-18	240	1490	25,0
TRIUMPH	Daytona 1200	1.993	1180,0	76,0 x 65,0	4 T / L	4 / L	147 / 9.500	4 / DOHC	4 / 36	6	A	150 / 120	310 D / 255 D	120-70-17 / 160-60-18	228	1490	25,0
VESPA	75 FL	1.991	74,6	47,0 x 43,0	2 T / A	1 / H	5,6 / 7.100	V	1 / 20	4	A	120 / 120	160 T / 160 T	2,10-10 / 3,00-10	87	1200	6,2
VESPA	75 PK XL	1.990	74,6	47,0 x 43,0	2 T / A	1 / H	5,6 / .7.000	V	1 / 20	4	A	90 / 90	160 T / 160 T	3,00-10 / 3,00-10	87	1175	6,2
VESPA	125 FL	1.991	121,1	55,0 x 51,0	2 T / A	1 / H	6,8 / 5.800	V	1 / 20	4	A	90 / 90	160 T / 160 T	2,10-10 / 3,50-10	87	1200	6,2
VESPA	125 PK Plurimatic	1.988	123,5	55,0 x 52,0	2 T / A	1 / H	12,2 / 6.700	V	1 / 28	AUT	A	90 / 90	160 T / 160 T	3,00-10 / 3,00-10	85	1175	8,0
VESPA	T 5 Sport 125	1.987	123,5	55,0 x 52,0	2 T / A	1 / H	12,2 / 6.700	V	1 / 28	4	A	90 / 90	160 T / 160 T	3,00-10 / 3,00-10	85	1175	8,0
VESPA	200 Iris	1.988	197,9	66,5 x 57,0	2 T / A	1 / H	16,0 / 6.500	V	1 / 24	4	A	100 / 100	160 T / 160 T	3,50-10 / 3,50-10	98	1240	8,0
VESPA	200 TX	1.990	197,9	66,5 x 57,0	2 T / A	1 / H	16,0 / 6.500	V	1 / 24	4	A	100 / 100	160 T / 160 T	3,50-10 / 3,50-10	98	1240	8,0
YAMAHA	BW´S 65	1.993	65,0	46,0 x 39,2	2 T / A	1 / V	5,7 / 7.500	L	1 / 12	AUT	A	80 / 80	110 T / 110 T	120-90-10 / 130-90-10	70	1170	4,5
YAMAHA	TZR 80	1.988	72,0	47,0 x 42,0	2 T / L	1 / V	12,0 / 10.500	L	1 / 18	6	A	140 / 130	245 D / 140 T	90-90-16 / 100-90-18	97	1340	12,0
YAMAHA	RD 80	1.983	72,8	47,0 x 42,0	2 T / L	1 / V	12,0 / 9.000	L	1 / 18	6	A	140 / 130	220 D / 140 T	2,75-18 / 3,00-18	95	1230	13,0
YAMAHA	DT 80 LC	1.985	72,9	47,0 x 42,0	2 T / L	1 / V	12,0 / 8.500	L	1 / 20	6	A	200 / 190	240 D / 120 T	2,75-21 / 4,10-18	93	1360	9,0
YAMAHA	TZR 80 RR	1.992	72,9	47,0 x 42,0	2 T / L	1 / V	15,0 / 10.000	L	1 / 20	6	A	140 / 110	280 D / 220 D	90-80-17 / 110-80-17	96	1330	14,0
YAMAHA	Jog 90	1.992	82,4	50,0 x 42,0	2 T / A	1 / V	7,5 / 7.000	L	1 / 19	AUT	A	110 / 95	125 D / 110 T	80-90-10 / 90-90-10	68	1210	5,0
YAMAHA	SR 125	1.989	124,0	57,0 x 48,8	4 T / A	1 / V	12,0 / 8.500	2 / SOHC	1 / 24	5	A	140 / 95	220 T / 190 T	3,00-17 / 3,50-16	123	1280	10,8
YAMAHA	TZR 125	1.987	124,0	56,4 x 50,0	2 T / L	1 / V	26,9 / 10.250	L	1 / 32	6	AL	140 / 110	267 D / 130 T	110-70-17 / 140-70-17	108	1400	13,0
YAMAHA	XT 350	1.987	147,0	86,0 x 59,6	4 T / A	1 / V	32,0 / 7.000	4 / DOHC	2 / 24	6	A	220 / 210	267 D / 160 T	80-90-21 / 110-80-18	136	1420	12,0
YAMAHA	Fly One XC 150	1.992	149,4	53,7 x 66,0	4 T / L	1 / V	11,7 / 7.000	2 / SOHC	1 / 26	AUT	A	100 / 70	180 D / 130 T	100-90-10 / 100-90-10	111	1340	7,0
YAMAHA	XV 250 Virago	1.990	248,0	49,0 x 66,0	4 T / A	2 / V	21,2 / 8.000	2 / SOHC	1 / 26	5	A	140 / 100	267 D / 150 T	3,00-18 / 130-90-15	137	1488	9,5
YAMAHA	SR 250 Special	1.982	249,0	73,5 x 56,5	4 T / A	1 / V	20,0 / 7.700	2 / SOHC	1 / 34	5	A	140 / 95	207 D / 190 T	3,25-19 / 120-90-16	135	1350	10,8
YAMAHA	SR 250	1.982	249,0	73,5 x 56,5	4 T / A	1 / V	20,0 / 7.700	2 / SOHC	1 / 34	5	A	140 / 95	207 D / 190 T	3,25-19 / 3,50-18	135	1350	10,8
YAMAHA	RD 350 LC	1.983	347,0	64,0 x 54,0	2 T / L	2 / L	63,0 / 9.000	L	2 / 26	6	A	150 / 120	267 2D / 267 D	90-90-18 / 110-80-18	142	1385	18,0
YAMAHA	XS 400	1.982	399,0	60,0 x 53,4	4 T / A	2 / L	45,5 / 9.500	4 / DOHC	2 / 34	6	A	140 / 120	267 D / 160 T	3,00-18 / 4,10-18	151	1375	20,0
YAMAHA	SR 500	1.979	499,0	87,0 x 84,0	4 T / A	1 / V	72,0 / 6.500	2 / OHC	1 / 34	5	A	150 / 110	180 T / 150 T	3,50-18 / 4,00-18	154	1410	14,0
YAMAHA	XV 535 Virago	1.989	535,0	76,0 x 59,0	4 T / A	2 / V	47,0 / 7.500	2 / SOHC	2 / 34	5	A	150 / 70	298 D / 200 T	3,00-19 / 140-90-15	180	1520	13,5
YAMAHA	XT 600 E	1.990	595,0	95,0 x 84,0	4 T / A	1 / V	45,0 / 6.500	4 / SOHC	1 / 30	5	A	225 / 200	267 D / 220 D	90-90-21 / 120-90-17	155	1445	13,0
YAMAHA	XT 600	1.985	595,0	95,0 x 84,0	4 T / A	1 / V	52,0 / 6.500	4 / SOHC	1 / 27	5	A	255 / 235	267 D / 220 T	90-90-21 / 120-80-18	133	1445	30,0
YAMAHA	XJ 600	1.984	598,0	58,5 x 55,7	4 T / A	4 / L	72,0 / 10.000	2 / DOHC	4 / 32	6	A	150 / 140	267 2D / 267 D	90-90-18 / 120-80-18	188	1430	19,0
YAMAHA	XJ 600 S Diversion	1.991	599,0	58,5 x 55,7	4T / A	4 / L	61,0 / 8.500	2 / DOHC	4 / 38	6	A	140 / 110	320 D / 245 D	110-80-17 / 130-70-17	182	1445	17,0
YAMAHA	FZR 600	1.988	599,0	59,0 x 54,8	4 T / L	4 / L	92,0 / 10.500	4 / DOHC	4 / 32	6	A	130 / 115	298 2D / 245 D	120-70-17 / 140-70-17	179	1420	18,0
YAMAHA	SRX 600	1.986	608,0	96,0 x 84,0	4 T / A	1 / V	45,0 / 6.500	4 / DOHC	1 / 27	5	A	140 / 100	267 2D / 245 D	100-80-18 / 120-80-18	161	1385	15,0
YAMAHA	XJ 650	1.981	653,0	63,0 x 52,0	4 T / A	4 / L	73,0 / 9.000	2 / DOHC	4 / 32	5	A	150 / 96	260 2D / 180 T	3,25-19 / 120-90-18	215	1435	20,0
YAMAHA	XTZ 660 Teneré	1.990	659,0	108,0 x 84,0	4 T / L	1 / V	48,0 / 6.250	5 / SOHC	1 / 35	5	A	220 / 200	282 D / 200 D	90-90-21 / 130-90-17	169	1490	20,0
YAMAHA	XV 750 Virago	1.990	748,0	83,0 x 69,2	4 T / A	2 / V	55,5 / 7.000	4 / SOHC	2 / 40	5	A	150 / 70	267 2D / 200 T	110-90-19 / 140-90-15	219	1525	14,5
YAMAHA	FZR 750 R OW 01	1.988	749,0	72,0 x 46,0	4 T / L	4 / L	100 / 12.000	5 / DOHC	4 / 38	6	AL	130 / 120	320 2D / 210 D	130-60-17 / 180-55-17	176	1455	10,0
YAMAHA	YZF 750 R/SP	1.993	749,0	72,0 x 46,0	4 T / L	4 / L	125 / 12.000	5 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 130	320 D / 245 D	120-70-17 / 180-55-17	195	1420	19,0
YAMAHA	YZF 750 R	1.993	749,0	72,0 x 46,0	4 T / L	4 / L	125 / 12.000	5 / DOHC	4 / 38	6	AL	120 / 130	320 2D / 245 D	120-60-17 / 180-55-17	195	1420	19,0
YAMAHA	FZ 750	1.985	749,0	68,0 x 51,6	4 T / L	4 / L	100 / 10.500	5 / DOHC	4 / 34	6	A	140 / 120	280 2D / 280 D	120-80-16 / 130-80-18	209	1495	22,0
YAMAHA	FZ 750	1.987	749,0	68,0 x 51,5	4 T / L	4 / L	100 / 10.500	5 / DOHC	4 / 34	6	A	140 / 132	298 2D / 267 D	120-70-17 / 140-70-18	210	1485	21,0
YAMAHA	XTZ 750 Supertenéré	1.988	749,0	87,0 x 63,0	4 T / L	2 / L	70,0 / 7.500	5 / DOHC	2 / 38	5	A	235 / 212	245 2D / 245 D	90-90-21 / 140-80-17	195	1505	26,0
YAMAHA	TDM 850	1.990	849,0	89,5 x 67,5	4 T / L	2 / L	77,0 / 7.500	5 / DOHC	2 / 38	5	A	160 / 140	298 2D / 245 D	110-80-18 / 150-70-17	199	1475	21,0
YAMAHA	FZR 1000	1.987	989,0	75,0 x 56,0	4 T / L	4 / L	135 / 10.000	5 / DOHC	4 / 37	5	AL	130 / 140	320 2D / 267 D	120-70-17 / 160-60-18	204	1470	20,0
YAMAHA	FZR 1000 Exup	1.989	1002,0	75,5 x 56,0	4 T / L	4 / L	145 / 10.500	5 / DOHC	4 / 38	5	AL	120 / 130	320 D / 267 D	130-60-17 / 170-60-17	209	1470	19,0
YAMAHA	GTS 1000 Omega	1.993	1002,0	75,5 x 56,0	4 T / L	4 / L	101 / 9.000	5 / DOHC	INY	5	AL	116 / 130	320 D / 267 D	130-60-17 / 170-60-17	246	1495	20,0
YAMAHA	Virago 1100 XV	1.988	1063,0	95,0 x 75,0	4 T / A	2 / V	61,7 / 6.000	2 / SOHC	2 / 34	5	A	150 / 70	267 2D / 200 T	100-90-19 / 140-90-15	221	1525	16,8
YAMAHA	FJ 1100	1.984	1097,0	74,0 x 63,8	4 T / A	4 / L	125 / 9.500	4 / DOHC	4 / 36	5		150 / 120	282 2D / 282 D	120-80-16 / 150-80-16	227	1490	24,5
YAMAHA	FJ 1200	1.986	1188,0	77,0 x 63,8	4 T / A	4 / L	130 / 8.500	4 / DOHC	4 / 34	5	A	150 / 120	298 2D / 282 D	120-70-17 / 150-80-18	238	1490	22,0
YAMAHA	V Max 1200	1.987	1198,0	76,0 x 66,0	4 T / L	4 / V	100 / 7.500	4 / DOHC	4 / 35	5	A	140 / 100	285 2D / 280 D	110-90-18 / 150-90-15	262	1590	15,0

MOTOS DE CAMPO

MARCA	MODELO	ESPECIALIDAD	Núm.CILINDROS	CICLO	D X C	CILINDRADA	REFRIGERACIÓN	CARBURADOR	CAMBIO	CHASIS	SUSPENSION	FRENOS	RUEDAS	PESO	EJES
ALFER	AR 250	E	1	2 T	67,5 x 69,8	249,0	L	1 / 38	6	A	300 / 310	230 D / 220 D	3,00-21 / 4,50-18	1495	99,0
APRILIA	Climber 280	T	1	2 T	76,0 x 61,0	276,6	L	1 / 26	6	AL	170 / 180	183 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1320	82,0
ATK	MC 250	C	1	2 T	72,0 x 61,0	244,0	A	1 / 38	6	A	300 / 330	240 D / 160 D	90-90-21 / 140-80-18	1450	102,0
ATK	XCQ 604	E	1	4 T	94,0 x 81,0	562,0	A	1 / 38	5	A	300 / 330	240 D / 160 D	90-90-21 / 130-80-19	1470	132,0
BETA	Alp	T	1	2 T	72,8 x 57,5	239,2	A	1 / 26	6	A	170 / 170	185 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1340	85,0
BETA	Synt	T	1	2 T	76,0 x 57,5	260,7	L	1 / 26	6	A	170 / 170	185 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1340	92,0
BETA	Zero Gara	T	1	2 T	76,0 x 57,5	260,7	L	1 / 26	6	AL	170 / 170	185 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1310	80,0
BETA	Zero 125	T	1	2 T	54,0 x 54,0	123,6	L	1 / 26	6	AL	170 / 170	185 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1310	78,0
HUSABERG	MC 350	E	1	4 T	86,0 x 60,2	349,6	L	1 / 38	6	A	185 / 175	230 D / 220 D	3,00-21 / 4,50-18	1480	109,0
HUSABERG	MC 600	E	1	4 T	92,0 x 84,0	595,0	L	1 / 38	4	A	185 / 175	230 D / 220 D	3,00-21 / 4,50-18	1480	107,0
FANTIC	Coach 250	T	1	2 T	74,0 x 58,0	249,4	A	1 / 26	6	A	170 / 200	180 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1310	86,0
FANTIC	K-ROO 250	T	1	2 T	74,0 x 58,0	249,4	L	1 / 26	6	AL	170 / 200	180 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1310	80,5
GAS GAS	Contac 125	T	1	2 T	56,0 x 50,6	124,6	L	1 / 25	6	AL	175 / 175	185 D / 170 D	2,75-21 / 4,00-18	1320	77,0
GAS GAS	Contac 250	T	1	2 T	71,0 x 60,0	237,6	L	1 / 25	6	AL	175 / 175	180 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1320	78,0
GAS GAS	Contac 350	T	1	2 T	83,4 x 60,0	327,7	L	1 / 26	6	AL	175 / 175	185 D / 170 D	2,75-21 / 4,00-18	1320	79,0
GAS GAS	GT 25	T	1	2 T	60,0 x 71,0	249,0	L	1 / 26	6	AL	175 / 180	185 D / 160 D	2,75-21 / 4,00-18	1320	79,0
HONDA	CR 125	C	1	2 T	54,0 x 54,5	124,8	L	1 / 36	6	A	310 / 310	240 D / 221 D	80-100-21 / 100-100-1	1444	87,0
HONDA	CR 250	C	1	2 T	66,4 x 72,0	249,3	L	1 / 38	5	A	309 / 320	240 D / 221 D	80-100-21 / 110-18	1471	96,5
HONDA	CR 500	C	1	2 T	79,0 x 89,0	491,4	L	1 / 38	5	A	309 / 320	240 D / 221 D	80-100-21 / 110-18	1485	101,0
MONTESA	Cota 310	T	1	2 T	74,0 x 60,0	258,0	A	1 / 26	6	A	170 / 175	185 D / 150 D	2,75-21 / 4,00-18	1330	86,0
MONTESA	Cota 311	T	1	2 T	74,0 x 60,0	258,0	L	1 / 26	6	AL	170 / 190	185 D / 150 D	2,75-21 / 4,00-18	1325	84,0
MONTESA	Evasion	T	1	2 T	74,0 x 60,0	258,0	A	1 / 26	6	A	170 / 170	185 D / 150 D	2,75-21 / 4,00-18	1320	95,0
HUSQVARNA	CR 125	C	1	2 T	56,0 x 50,6	124,6	L	1 / 38	6	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 120-80-19	1450	88,0
HUSQVARNA	CR 250	C	1	2 T	67,0 x 60,8	249,6	L	1 / 38	5	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 130-80-19	1470	98,0
HUSQVARNA	CR 360	C	1	2 T	78,0 x 73,0	348,8	L	1 / 38	5	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 130-80-19	1470	102,0
HUSQVARNA	WR 125	E	1	4 T	56,0 x 50,6	124,6	L	1 / 34	6	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 120-90-18	1450	93,0
HUSQVARNA	WR 250	E	1	4 T	67,0 x 70,8	249,6	L	1 / 37	6	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 140-90-18	1470	101,0
HUSQVARNA	WR 360	E	1	2 T	78,0 x 73,0	348,8	L	1 / 37	6	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 140-80-18	1470	103,0
HUSQVARNA	TE 350	E	1	4 T	84,0 x 63,0	349,1	L	1 / 34	6	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 140-80-18	1495	116,0
HUSQVARNA	TE 610	E	1	4 T	98,0 x 76,5	577,0	L	1 / 40	6	A	305 / 320	260 D / 220 D	90-90-21 / 140-80-18	1495	116,0
KAWASAKI	KX 125	C	1	2 T	54,0 x 54,5	124,0	L	1 / 36	6	A	310 / 330	220 D / 190 D	80-100-21 / 110-90-19	1470	86,5
KAWASAKI	KX 250	C	1	2 T	66,4 x 72,0	249,0	L	1 / 38	5	A	310 / 330	220 D / 190 D	80-100-21 / 110-90-19	1470	96,5
KAWASAKI	KX 500	C	1	2 T	86,0 x 86,0	499,0	L	1 / 39	5	A	310 / 330	220 D / 190 D	80-100-21 / 120-90-19	1470	100,0
KAWASAKI	KLE 600 R	E	1	4 T	100 x 83,0	651,0	L	1 / 40	5	A	300 / 300	250 D / 230 D	90-90-21 / 130-80-18	1488	135,0
KTM	MX 125	C	1	2 T	54,3 x 54,0	124,8	L	1 / 37	6	A	300 / 340	260 D / 220 D	80-100-21 / 100-90-19	1435	90,0
KTM	MX 250	C	1	2 T	67,5 x 69,5	248,6	L	1 / 39	5	A	300 / 340	260 D / 220 D	80-100-21 / 110-90-19	1485	98,5
KTM	MX 500	C	1	2 T	89,0 x 80,0	497,4	L	1 / 38	4	A	300 / 345	260 D / 220 D	80-100-21 / 110-90-19	1480	107,0
KTM	EX 125	E	1	2 T	54,3 x 54,0	124,8	L	1 / 37	6	A	300 / 340	260 D / 220 D	90-90-21 / 110-90-18	1435	94,5
KTM	EX 250	E	1	2 T	67,5 x 69,5	248,6	L	1 / 39	5	A	300 / 340	260 D / 220 D	90-90-21 / 120-90-18	1485	108,0
KTM	350 LC4	E	1	4 T	89,0 x 56,2	349,0	L	1 / 36	5	A	270 / 270	260 D / 220 D	90-90-21 / 90-90-21	1490	127,0
KTM	600 LC4	E	1	4 T	95,0 x 78,0	553,0	L	1 / 38	5	A	290 / 290	260 D / 220 D	90-90-21 / 90-90-21	1500	128,0
SUZUKI	RM 250	C	1	2 T	67,0 x 70,8	249,0	L	1 / 38	5	A	310 / 324	250 D / 200 D	80-100-21 / 110-90-19	1465	98,0
SUZUKI	MRX 250 R	E	1	2 T	67,0 x 70,8	249,0	L	1 / 38	5	A	310 / 324	250 D / 200 D	80-100-21 / 110-100-1	1485	105,0
TM	125 Cross	C	1	2 T	54,0 x 54,4	123,5	L	1 / 38	5	A	310 / 320	240 D / 220 D	3,00-21 / 4,00-19	1470	90,0
TM	125 Enduro	E	1	2 T	54,0 x 54,4	123,5	L	1 / 37	6	A	310 / 320	240 D / 220 D	3,00-21 / 120-90-18	1470	93,0
YAMAHA	YZ 125	C	1	2 T	56,0 x 50,7	124,0	L	1 / 35	6	A	310 / 325	245 D / 220 D	80-100-21 / 100-90-19	1466	87,5
YAMAHA	YZ 250	C	1	2 T	68,0 x 68,8	249,0	L	1 / 38	5	A	310 / 325	245 D / 220 D	80-100-21 / 110-90-19	1496	97,0
YAMAHA	TY 250 Z	T	1	2 T	74,0 x 58,0	249,0	L	1 / 26	6	A	180 / 180	180 D / 165 D	275-21 / 4,00-18	1340	79,0
YAMAHA	WR 200 R	E	1	2 T	66,8 x 57,0	199,7	L	1 / 30	6	A	300 / 310	245 D / 220 D	80-100-21 / 100-100-1	1465	102,0

MARCA	MODELO	CICLO	DIAMETRO X CARRERA	CILINDRADA	REFRIGERACIÓN	CARBURADOR	CAMBIO	SUSPENSION	FRENOS	RUEDAS	DISTANCIA DE EJES
APRILIA	Amico 50	2 T	40,0 x 39,2	49,9	A	1 / 12	A	120 / 80	110 T / 110 T	100-90-10 / 100-90-1	1245
APRILIA	SR	2 T	40,0 x 39,2	49,9	A	1 / 12	A	120 / 80	190 D / 110 T	130-60-13 / 130-60-1	1250
BETA	MX 50	2 T	40,0 x 39,7	49,9	L	1 / 12	4	180 / 180	220 D / 185 D	2,25-21 / 3,00-18	1310
CAGIVA	City 50	2 T	40,0 x 39,6	49,9	A	1 / 12	A	80 / 90	160 D / 110 T	90-90-10 / 90-90-10	1340
DERBI	Variant SLE-X	2 T	39,9 x 40,0	49,9	A	1 / 12	A	60 / 50	105 T / 105 T	2,50-17 / 2,50-17	1200
DERBI	Variant Star	2 T	39,9 x 40,0	49,9	A	1 / 12	A	60 / 50	105 T / 105 T	2,50-17 / 2,50-17	1200
DERBI	Variant Top	2 T	39,9 x 40,0	49,9	A	1 / 12	A	60 / 50	105 T / 105 T	2,50-17 / 2,50-17	1200
DERBI	Variant Box	2 T	39,9 x 40,0	49,9	A	1 / 12	A	60 / 50	120 T / 120 T	2,50-16 / 2,50-16	1220
DERBI	Variant Sport R	2 T	39,9 x 40,0	49,9	A	1 / 12	A	60 / 50	180 D / 105 T	2,50-16 / 2,70-16	1200
DERBI	Start DS	2 T	39,9 x 40,0	49,9	A	1 / 12	A	80 / 60	105 T / 105 T	3,00-10 / 3,00-10	1180
DERBI	Coppa FDX	2 T	38,0 x 43,0	49,9	A	1 / 12	4	100 / 35	220 D / 105 T	2,50-17 / 2,50-17	1300
DERBI	Jumbo RD-2	2 T	38,0 x 43,0	49,9	A	1 / 12	4	100 / 180	220 D / 180 D	2,50-21 / 3,00-18	1300
DERBI	FDS Super	2 T	38,0 x 43,0	49,9	A	1 / 12	4	80 / 180	220 D / 80 D	2,50-21 / 3,00-18	1300
DERBI	Vamos	2 T	41,0 x 37,4	49,9	A	1 / 12	A	60 / 50	120 T / 120 T	3,00-10 / 3,00-10	1220
DERBI	Senda	2 T	39,9 x 40,0	49,9	A	1 / 12	4	180 / 180	218 D / 180 D	2,25-19 / 3,00-18	1310
GARELLI	Team Bimatic	2 T	40,0 x 39,0	49,9	A	1 / 12	A	100 / 90	90 T / 90 T	2,50-16 / 2,50-16	1320
GARELLI	Form Uno Raid	2 T	40,0 x 39,0	49,9	A	1 / 12	4	100 / 50	220 D / 90 T	2,00-17 / 3,00-17	1145
GILERA	RT	2 T	39,0 x 41,8	49,9	A	1 / 12	4	230 / 230	220 D / 110 T	2,50-21 / 3,00-18	1370
GILERA	RT H 20	2 T	39,0 x 41,8	49,9	L	1 / 12	4	180 / 180	220 D / 110 T	2,50-21 / 110-80-18	1370
HONDA	Wallaroo PK	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	120 / 100	100 T / 100 T	2,25-16 / 2,25-16	1350
HONDA	Dio SR	2 T	39,0 x 41,4	49,9	A	1 / 12	A	100 / 90	95 T / 95 T	3,00-10 / 3,00-10	1155
ITALJET	Bazooka 50	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	60 / 80	95 T / 95 T	3,00-10 / 3,00-10	1175
ITALJET	Pista	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	70 / 70	155 D / 110 T	120-90-10 / 130-90-1	1215
ITALJET	Scoop	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	90 / 100	180 D / 100 T	120-90-10 / 130-90-1	1280
MECATECNO	Meteor	2 T	39,0 x 41,7	49,9	A	1 / 12	A	120 / 80	100 T / 100 T	2,50-17 / 2,50-16	1290
MECATECNO	Racing CR-8	2 T	39,0 x 41,7	49,9	L	1 / 12	4	120 / 120	220 D / 118 T	90-70-16 / 90-70-16	1305
MOTOGAC	Kanowey	2 T	39,0 x 40,0	49,9	A	1 / 12	A	100 / 80	95 T / 95 T	2,50-17 / 2,50-17	1320
MOTORHISPANIA	Trail Laser	2 T	39,0 x 41,0	49,9	L	1 / 12	4	180 / 170	220 D / 180 D	2,25-21 / 3,25-18	1290
MOTORHISPANIA	XR Cross	2 T	39,0 x 41,7	49,9	L	1 / 12	4	180 / 180	220 D / 110 T	2,50-21 / 3,00-18	1290
PEUGEOT	ST Rapido	2 T	41,0 x 37,4	49,9	A	1 / 12	A	70 / 60	95 T / 95 T	3,00-10 / 3,00-10	1135
PEUGEOT	Vogue Super	2 T	40,0 x 39,1	49,9	A	1 / 12	A	50 / 70	95 T / 95 T	2,00-17 / 2,00-17	1135
PGO	Comet	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	75 / 50	147 D / 110 T	3,00-10 / 3,00-10	1147
PIAGGIO	Delta	2 T	38,0 x 43,0	49,9	A	1 / 12	A	82 / 43	89 T / 149 T	3,00-12 / 3,00-12	1080
PIAGGIO	Free	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	74 / 80	104 T / 100 T	80-80-14 / 80-80-14	1255
PIAGGIO	Typhoon	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	73 / 70	190 D / 100 T	120-90-40 / 120-90-1	1280
PIAGGIO	Zip	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	73 / 70	104 T / 100 T	90-90-10 / 90-90-10	1160
PIAGGIO	Zip SE	2 T	40,0 x 39,3	49,9	A	1 / 12	A	73 / 70	190 D / 100 T	90-90-10 / 90-90-10	1160
PUCH	Condor	2 T	38,0 x 43,0	49,9	A	1 / 12	4	180 / 180	220 D / 110 T	2,50-16 / 2,50-16	1315
PUCH	TZX	2 T	38,0 x 43,0	49,9	A	1 / 12	4	180 / 180	220 D / 110 T	2,50-21 / 3,00-18	1315
RIEJU	Drac LC	2 T	38,2 x 42,0	49,9	L	1 / 12	4	180 / 180	220 D / 185 D	2,25-21 / 3,25-18	1360
RIEJU	Windy	2 T	40,3 x 39,0	49,9	A	1 / 12	A	90 / 90	220 D / 100 T	2,50-19 / 2,50-16	1180
RIEJU	RS-1	2 T	40,3 x 39,0	49,9	L	1 / 12	4	100 / 40	220 D / 185 D	2,75-16 / 2,75-16	1210
SUZUKI	Address	2 T	41,0 x 37,4	49,9	A	1 / 12	A	80 / 60	120 T / 120 T	90-90-10 / 90-90-10	1197
SUZUKI	Maxi EL	2 T	40,4 x 38,9	49,9	A	1 / 12	A	70 / 53	110 T / 120 T	2,50-17 / 2,50-17	1170
SUZUKI	Minicross MC	2 T	39,0 x 41,7	49,9	A	1 / 12	4	180 / 180	110 T / 120 T	2,50-21 / 3,00-18	1340
SUZUKI	DR Big	2 T	39,0 x 41,7	49,9	A	1 / 12	4	180 / 180	220 D / 110 T	2,50-21 / 3,00-18	1340
VESPINO	NL	2 T	38,4 x 43,0	49,9	A	1 / 12	A	80 / 50	100 T / 100 T	2,50-17 / 2,50-17	1130
VESPINO	F-9	2 T	38,4 x 43,0	49,9	A	1 / 12	A	80 / 50	100 T / 100 T	2,50-17 / 2,50-17	1135
YAMAHA	Big Jog	2 T	40,0 x 39,2	49,9	A	1 / 12	A	110 / 95	125 T / 110 T	3,00-10 / 3,00-10	1175
YAMAHA	Jog	2 T	40,0 x 39,2	49,9	A	1 / 12	A	110 / 95	125 T / 110 T	2,75-10 / 2,75-10	1210

Índice alfabético

A
A.B.S., 348
A.P.I., 273
AAA, 62-63, 71
AAE, 62-63, 71
ABS, 417, 578, 625, 632
Accesorios, 40, 414, 543, 655
Accionamiento centrífugo, 181, 512-513
Accionamiento electrónico, 182, 189
Accionamiento neumático, 181
Aceite, 39, 305
  bomba de, 41, 281-282
  bombas rotativas, 287
  cambio de, 306
  combustión de, 366
  depósito, 285-287
  emulsionadores del, 272, 323
  detergente, 290, 539
  enfriador, 245, 282
  enfriador de, 282
  espuma en el, 306
  falta de, 308
  filtro, 288-290
  indicador de presión, 290
  interruptor de presión, 673
  inyectores del aceite, 284
  mineral, 277, 298, 723
  multigrado, 269-270, 304, 451
  multigrado S.A.E., 270
  niebla 43, 198, 216, 254, 279, 294
  niebla de, 193, 200, 266, 283
  punto de combustión, 270
  punto de congelación, 243, 270, 274
  punto de inflamación, 270
  rascador de, 125-126, 128
  refrigerante, 254
  semisintético, 308
  sintético, 278, 297-298, 308
  tipo "winter", 269
  untuosidad, 271, 278, 295
  usado, 679
  vaporización, 257, 294
  volatilidad, 270, 313, 364
Aceites
  minerales puros, 273-274
Acelerador, 329-330, 332, 334
Acumulador, 273, 428, 430
  de plomo 366, 428-436, 449
Aditivo,316, 354
  anticorrosión, 244, 272, 274
  antiespumante, 273
  antioxidación, 272
  con plomo, 316, 367, 381, 430
  de extrema presión, 271, 304
  detergente, 290, 539, 727
  dispersante, 290
  plomo tetraetilo, 315
  plomo tetrametilo, 315
Aditivos
  antidetonantes, 67, 69
  detergentes, 272-274, 290, 655
Admisión, 35-37,143-147,201-202
  al cilindro, 148
  avance de la apertura, 62
  conductos de, 43, 300-301
  corriente de, 333, 335-336
  de aire fresco, 295, 359, 362, 651
  directa al cárter, 166, 193
  en el cárter, 146
  en el fase de, 36
  en el dos tiempos, 163, 365
  por falda de pistón, 160, 164, 166, 202
  por láminas al cilindro, 167
  por válvula de láminas, 161
  por válvula de rotativa, 161
  pulsaciones de la, 336-337
  retraso en el cierre, 62
  ruido de la, 231, 671-672
  tiempo de, 319
  tobera, 323, 325-326
Aerodinámica, 643, 645-647
Aerodinámico, 645
Aforador, 470, 482
Agua destilada, 244, 430-431, 435, 477

Aguja, 323, 340-341
pulverizadora, 354
Aislantes, 392, 404
Alcohol, 243, 723
Aleta plana, 237
Aletas, 38, 41
Alineamiento de las ruedas, 632-633
Almenas, 494
Alternador, 119, 406-407, 416-418, 476-480
averías, 479
delgas, 403, 412, 476
en estrella, 410
en triángulo, 410
monofásico, 414, 418, 426
trifásico, 414, 426
Alumbrado, 430
Amortiguador
hidráulico de compresión, 587-588
recorrido de, 592
Amortiguadores, 580-585, 587-591
de carbón, 583
de dos muelles, 590
hidráulicos, 582-583
mantenimiento, 634
paralelos, 591
regulables, 340, 378, 411, 568, 584
Amortiguadores de transmisión, 526,527
Amperímetro, 395, 479
Amperio, 430
Amplificador, 393
Anclajes doblados, 633
Ángulo de admisión, 164, 165
Ángulo de dirección, 578, 633
Ángulo de inclinacion axial, 158
Ángulo de inclinacion radial, 158
Anillo colector, 412
Anillo de cierre, 606
Anillo elástico, 126, 661
Ánodo, 393
Anticongelante, 243-244
Anticongelantes, 243
Anticorrosivos, 243
Antidive, 572, 574, 578
de tipo mecánico, 185, 189, 441-442, 574, 578
Anitihundimiento
sistemas, 571-572
sistemas hidráulicos, 572
sistemas mecánicos, 441, 529
Antioxidantes, 243, 274
Apertura de admisión, 62, 160
Apertura de escape, 160
Apertura de transfer, 160
Aprilia, 54, 172, 367, 381
Arandelas
cónicas, 524, 661
Grower, 661
Árbol, 133, 233, 671
con grupos cónicos, 135, 138
Árbol de admisión, 136-137
Árbol de entrada, 521
Árbol de equilibrado, 78-80
Árbol de levas, 38, 228
averías, 228-229
de cierre, 140
en el carter, 146
Árbol de mando, 135
Árbol de salida, 521
Árbol de transmisión, 136, 516
Árbol de transmisión intermedio, 136
Árbol de culata, 87,91-92
Árbol de cadena, 134
Árbol primario, 493
Árboles contrarrotantes, 77-78
Árboles en el cárter, 91
Arco, 251, 448, 599, 601-604, 606, 608
Arco voltaico, 448
Área de squish, 197
Área de pistón, 66
Aro, 128
de estanqueidad, 125, 128, 209, 218, 245, 675
de fuego, 128
rascador de aceite, 125-126, 128
Aros, 43, 128
Arranque, 46
eléctrico, 428
motor de, 405
palancas de, 529, 687
par de, 404-405
por palanca, 529
relé de, 352, 463, 477, 480-481
sistema de, 339-340, 342-345, 528-530, 540-541
sistemas eléctricos, 437, 455, 531-532
sistemas mecánicos, 441, 529
Asiento, 100, 123-124
ATAC, 183, 185
Átomos, 312, 384, 433
Autoencendido, 67, 69, 314, 451-452, 671
Autoexcitado, 412
Autolimpieza, 454, 472
Autoventilado, 619
Avance, 558-559
longitud de, 558-559
Avance centrífugo, 476
Avance del eje, 558
Avance del encendido, 63, 441, 443
AVDS, 573
Averías
eléctricas, 471
Avisadores de desgaste, 637

B

Balancín, 92-95
Balancines, 39, 41-44
Ballesta, 562
Banda de rodadura, 604-607, 609-610
Barrido, 157-158, 201-202
Barrido de los gases, 158
Barrido de Schauer, 157
Barrido de Schnürle, 155, 157
Basculante, 578-581
anclaje del, 552-554
monobrazo, 580
Basculante trasero, 547, 549
Base, 393-394
Bastidor, 6, 22, 543-546,
abierto, 26
averías, 636
de doble cuna, 553
de espina central, 553
de simple cuna, 552
lubricación, 642, 711
multitubular, 554
tubular, 26
Batería, 58, 428, 430-431, 478, 658, 710-711
averías, 479
cargada, 434
de acumuladores, 414, 428, 430-431
descarga, 430, 434-435
estado de carga, 343, 434
nivel de carga, 513
polos de, 388, 395, 478
sellada, 507
sin mantenimiento, 140, 442
sistema de carga, 414, 422, 434, 478
sulfatación, 434, 478
sulfatación de la, 434
Batería de carburadores, 339-340
Beau de Rochas, Alphonse, 34
Bendix, 476, 533
Benelli, 54, 58
Benz, 143, 721
Bib Mousse, 611
Biela, 35, 73-75, 211, 217, 279, 284, 291
averías, 216
cabeza, 129
cuerpo, 129
cuerpo de la, 200
doble T, 200
fundida, 216
jaula del pie de la, 202
pie, 129
pie de, 202
fundida, 216
Bielas, 263
Bieleta, 593-594
sujeta al basculante, 593
Bisel, 323
Blackburne, 41, 43
Bloque, 38-39, 41
Bloqueo de las ruedas, 624-625
BMW, 40-41, 51, 53, 369, 522, 545, 562, 576, 603, 626-627, 650
Bobina, 407-408
de alta, 440
de baja tensión, 437-439
de campo, 427
de excitación, 406, 412, 427
inductora, 412
Bocina, 400
Bolsas de vapor, 251
Bomba, 41, 43-44
de aceleración, 85, 324, 328-329, 334, 347-348, 512, 522, 598, 607, 636, 699
lineal, 618
progresiva, 158, 188, 227
Bomba centrífuga, 55, 245
Bomba de aceite
de émbolo, 288, 671
rotativa de engranajes, 287
rotativa troncoidal, 287
Bomba de agua, 119, 251-252, 506, 669
Bomba de engrase separada, 342
Bomba de gasolina, 351
Bomba eléctrica, 172, 346, 350, 465
Bombas centrífugas, 251
Bombas de freno, 618
Bombilla, 386-387
de dos filamentos, 461
de posición, 460-461
duración, 456
Bornas, 431
Bornes, 390, 396, 429-430
negativo, 397
positivo, 397
Bosch, 52, 345, 349, 437, 451
Bote de expansión, 250, 259
Botella, 566-567, 570, 634
Boxer, 51, 55-56, 58, 82
Brazo basculante, 576, 578-579
Brough Superior, 57
BSA, 42, 48, 54
Buje, 597-600, 603, 616
Bujía, 35, 37, 447-454, 472-474
aislador, 451
Beru, 451
Bosch, 52, 345, 349, 437, 451
caliente, 451-453, 473
de cuello corto, 450
de cuello largo, 450
de doble electrodo, 454
dimensiones, 445, 450
especiales, 451, 453
fría, 451-453, 473
grado térmico, 450-453, 473
longitud de la, 450, 452-453
Marelli, 348, 437, 451
multigrado, 269-270, 304, 451
NGK, 452
Nippon Denso, 452-453
perla, 472
referencias, 451-452
rosca de la, 450, 474
Bulón, 43, 125-127, 129, 192, 201-202, 218, 220, 255, 284
By-pass, 55, 325, 347, 379
canal de, 347

C

Caballetes, 642, 711
Cable
de retorno, 337
de tiro, 331-337
Cable del mando del acelerador, 371
Cableado, 400
Cadena, 39-40, 97-99, 672
Autolubricada, 521
con retenes, 521, 585
de distribución, 136-137
de la transmisión, 538
de placas, 99, 428
de rodillos, 98, 489, 513, 595
de transmisión, 532
hiperreforzada, 518

holgura vertical, 539
lubricación, 519-521
reforzada, 552, 580, 624
secundaria, 141
tensor de la, 136
tensores, 520
Cadena cinemática, 485
Cadena de distribución
averías, 222
tensor de la, 672
Cagiva, 187
Caja de admisión, 362
Caja de cambios, 40, 496, 515, 558, 562
lubricación, 302-305
Caja de contactos, 346-348
Caja de mariposa, 346
Caja de velocidades, 500
Caja del filtro de aire, 357, 362
Caja negra, 474-475, 481
Caja y filtro de aire, 360
Calado, 132-134
Calor específico, 243
Cámara, 610-611
de combustión, 40-41, 91, 120, 196-197, 314-315, 320
de precompresión, 146, 149, 172
de remanso, 359
de resonancia, 96, 168, 185-186, 337
de tranquilización, 337-338, 359-360
de vacío, 331-333
giratoria, 75, 112, 321
hemisférica, 68-69, 117
Rover, 69
trapezoidal lateral, 69
triangular, 69, 203
Cambio, 486-487
de velocidades, 499-500, 515
engrase, 507-508
palanca de, 487
Cambio de velocidades, 541
Camisa
de fundición de hierro, 117, 194
húmeda, 619
seca, 539, 723
Campana, 340
aplanada, 340
cilíndrica, 340
cuadrangular, 340
Campo magnético, 395
Canalización del aire, 651
Candela, 457
Cantidad de carga, 389
Cantiléver, 591
Capa límite, 263, 644-646
laminar, 644-645
turbulenta, 359, 645
Captador, 260, 355, 442, 471
Captador de encendido, 468
Captadores magnéticos, 625
Carbonilla, 296
Carbono, 312-313
Carburación
rica, 318, 320, 325
Carburador, 36, 41, 298-299, 330-344, 375, 379
corto, 354
de depresión, 331
de funcionamiento horizontal, 339
de funcionamiento inclinado, 339
de funcionamiento vertical, 338-339
de tiro directo, 331-337
de vacío, 374
de vacío constante, 372
de tiro directo, 331
elemental, 6, 319
tipos, 331
Carburadores
independientes, 336
Carburante
depósitos, 226, 246, 296
Carburo, 122, 193-194
Carburo de silicio, 122, 193-194
Carcasa, 605-606
radial, 606
Cardan, 521-522
averías, 540
Carenado
de protección, 650-653
Carenados, 647-648, 650-655
de tipo Delfín, 648
deportivos, 19, 22, 629, 652, 690
frontal, 651
integral, 650
lateral, 646, 648
Carga, 389
Carga negativa, 384
Carga nula, 384
Carga positiva, 384, 432
Cargas eléctricas, 383, 431
Cargas sobre las ruedas, 643
Carnot, Nicolas, 34
Carrera, 145-148
de compresión, 60
de explosión, 60
Carrocería, 543
averías, 655
Cárter, 39-41, 52, 116-119, 212-214, 297-298
autoportante, 117-118
averías, 655
fugas de aceite, 213, 222
húmedo, 281-282
inferior, 35-39
seco, 284, 292, 305-306
superior, 38-40
Cascada de engranajes
averías, 132
Casquillo embutido, 213
Casquillos, 211-212
Catalizador, 52, 348, 356, 367-369, 371, 380-381
de oxidación, 348, 367
de reducción, 367, 405, 445
de tres vías, 367-368, 371
Catalizador de oxidación, 348, 367
Cátodo, 393, 423, 434
Caudal de aire, 252, 295, 334, 345
Caudalímetro, 346, 355, 379-380
Cavitación, 243, 252
CDI, 442

Centralita electrónica, 113, 190, 474
Centro de masas, 560
Chapa estampada, 545, 550
Chasis, 26, 37, 545-552, 554-557
de chapa de acero, 545
de cuna, 552-553
de doble cuna, 553
de doble viga, 548, 556
de estructura abierta, 550
de simple cuna, 552
de vigas, 554
multitubular, 547
rígido, 579-580
tipos, 543,555
Chavetas, 199
Chips, 445
Chispa, 37, 39, 447-449
Chivato
de presión de aceite, 228, 231, 290, 481-482
de reserva de gasolina, 482
Chivatos, 457, 466, 469, 482
Ciclo
de dos tiempos, 146-149
práctico, 59, 154
real, 146, 154, 156
teórico, 146
Ciclomotor, 33
Cierre de admisión, 160
Cierre de escape, 160
Cigüeñal, 35-40, 97-98, 129-130, 132-139, 197-203, 266
apoyos, 198-199, 212,
asimétrico, 161
averías, 218
cojinetes del, 283, 308, 673
longitudinal, 51
muñequilla del, 198
rodamientos, 215-216
simétrico 161, 174, 205, 239, 638
Cilindrada, 44-47, 53-54
total, 66-67
unitaria, 66
Cilindro, 35-38, 92-93, 125, 200-201
aleteado, 117
averías, 222
camisa, 121-122
camisa postiza, 122, 194, 221
con camisa, 121
inducido, 403-405, 411
paralelos, 53, 339-340623, 626
paredes, 117
refrigerado por agua, 121
refrigerado por aire, 120, 237, 239
sin camisa, 121-122
Cilindros
en V, 49-51, 55, 79, 152-154, 239, 339-340
superficies de los, 262, 476
Cinturas, 606
Circlip, 501, 519, 634
Circuito
abierto, 390
cerrado, 390
de alta, 321-325
de arranque, 324
de baja, 324-326
eléctrico, 386, 389-391, 400-402
en paralelo, 390-391
en serie, 390
hidráulico, 640
principal, 323, 325
Claxon, 409, 466-467, 479-480
Clerk, 143
Coaxial, 580
Cobas, 6, 547
Coeficiente, 85, 251, 615-617, 644-646
Coeficiente Cx, 644-646, 651, 653
Coeficiente de fricción, 292, 615
Coeficiente de irregularidad, 85
Coeficiente de pelicula, 241
Coeficiente de rozamiento, 491-492, 525, 616-617
Cojinete de fricción, 203
Cojinetes, 51, 77, 173, 281
lisos lubricados, 281
Cojinetes de bancada, 211-212
Cola del contacto, 441
Colector, 393-394
Colín, 651
Comburente, 312-313
Combustible, 312-313
características, 313-314
consumo de, 363
fuga de, 179, 226, 306, 672, 675
Combustión, 36-37, 154-155, 226-227, 311-315, 328
cámara de, 317, 320
de la mezcla, 36-37
Comparador, 641
Componentes cerámicos, 235
Compresión, 36-37, 162, 220-222, 451
ciclo de, 143
fugas de, 294
geométrica, 120, 157, 159
real, 154
relación de, 159-160
Condensador, 440-446, 476
Conducción, 237
Conductores, 384-386
Conductores de magnetismo, 412
Conductos de escape, 90
Conductos de transferencia, 144
Conductos hidráulicos, 624
Conexiones, 398, 424, 464, 478
Congelación, 243, 270, 274
Conmutador, 463, 465
Constante de deformación lineal, 564
Consumo, 149, 322
específico, 70-71
Contactos, 478
Contaminación, 35, 207, 315, 363-364
atmosférica, 362-364
Lluvia ácida, 366
sonora, 106, 364
Contaminantes, 363-365, 381
emisión de, 363-365
Contrapesos, 74-75
Contratuercas, 661
Convección, 237

Convertidores hidráulicos de par, 490
Corona, 40, 522, 530, 532-533
antibarro, 520
Correa, 515-516, 524-526
dentada, 39, 137-138, 526-527
trapezoidal, 497, 509-510
Correa de distribución, 231
Corredera de guillotina, 340
Corriente
alterna, 386-387, 396, 401-402
continua, 386-387, 396
eléctrica, 401-402
inducida, 412, 416, 645, 647
trifásica, 410, 427
Corriente eléctrica, 384-390, 401-402, 427-428
Corrosión, 121, 272-273
inhibidores, 273, 297
Cortocircuito, 390, 430
Cotas geométricas, 633
Cromo duro, 193
Cruceta de cardan, 516
Cruceta tipo cardan, 521
CTS, 187
Cuadro de mandos, 340, 464, 481
Cuadro eléctrico, 397
Cuentakilómetros 469, 481
Cuentavueltas, 481
mecánico, 481
Culata 35, 38-41, 116-117, 120, 196-197
alabeo, 222
averías, 222
de bulbo en el pistón, 68
doble árbol, 98, 124, 136, 140, 232, 282
en L, 40, 128, 201
hemisférica, 68-69
junta, 39
monoárbol en cabeza, 140
multiválvula, 89
multiválvulas, 47, 90-91, 94
plana, 68
plana tipo herón, 91
tapa, 197
Culatín 197
Cuna 544, 546-548, 552-553
Cúpula 22-23, 648, 653
Curva
a tijera, 635, 693
Customs 47

D
D-Jetronic, 347
Deceleración, 347, 626, 692
Deflectores, 157, 242
Deflagación, 311
Deflectores de aire, 242
Deformaciones, 261
Depresión, 330-335
Descompresor, 125, 533, 535
automático, 513
manual, 513
Desembragado, 493, 496, 498
Desequilibrio, 74, 83, 639
Desfasar el embielaje, 81
Desgaste, 261-262
Desmultiplicación, 488, 499, 533
Desplazamiento, 66
Detergentes, 272-274, 290, 655
Detonación, 314-315, 350
Devanado del inducido, 405
Diagrama de distribución, 62-64
asimétrico, 161, 750
real, 68
Diagrama simétrico, 161
Diagramas de distribución, 160
ejemplos, 63
variables, 162
Diámetro, 65-66
Dientes helicoidales, 489
Diesel, 236
Dinamo, 401-406, 414, 428
Dinamotores, 403
Diodo, 392-393
controlable, 392
puente de, 425-426, 480
Zener, 392, 421, 423-424
Dióxido de plomo, 432-433
Dirección 30, 544, 635-638
apriete de la, 635
suelta, 635
Dirección de la moto 650
Disco, 616-623
conducidos, 494-496
conductores, 493-496
de anclaje flotante, 620
de arrastre, 493
portazapatas, 613, 615
prensaembrague, 493
Disociación, 432-433
Disolventes, 655
Distancia entre ejes, 559
Distribución, 86, 97-98, 131-132
biárbol, 137-138
calado de la, 132, 170
elementos, 130-132
mando de la, 132
monoárbol, 93-94
por cadena, 136-137
sistemas hidráulicos, 102
Disyuntor, 404
DKW, 146, 152, 157, 203
Doble amortiguador, 589-590
Doble árbol en culata, 136
DOHC 91, 98
Dosificación, 318-320
Dual CBS, 626
Ducati, 348, 592
E
Edison, 428
Efecto Hall, 348
Efectos resonantes, 170
Eje
de balance, 82
de la rueda, 485
de rotación, 75
del basculante, 547
intermedios, 488
primario, 486
principal de inercia, 75

remachado, 519
rey, 135
secundario, 51, 486
Electricidad
generación de, 402-404
Electrodos
distancia entre, 472
Electroimán, 396-397
armadura del, 397
núcleo, 396-397
Electrolito, 430-431
densidad del, 434
Electrones, 384-386
Electroventilador, 44, 245, 248, 252
Elementos desconectadores, 469
Emanaciones de gases, 294
Embolo, 33, 34, 125
Embragado, 493, 496-497
Embrague, 486-489, 536-538
automático, 489
centrífugo, 496, 510, 538
centrífugo de zapatas, 496
centrífugo multidisco, 498
de arranque, 531-534
de fricción, 490-491
de zapatas, 490
en baño de aceite, 490
en seco, 490
jaula de, 492
lubricación, 302-305
manual, 490
monodisco, 489-490
monodisco en seco, 492, 507
multidisco, 486, 492-493
multidisco en aceite, 508
multidisco en baño de aceite, 486, 493
patinado, 277, 536-537
quemado de los discos, 537
quemado del, 537
Emisor, 393-394
Emisor-hall, 348
Empujador, 40, 94
Empujadores, 41
Emulsión de la gasolina, 341
Encendido, 397, 437-439
avance de, 438
averías, 479
corte del, 51, 117, 119
curva en dos dimensiones, 445
digital, 345
eléctrico, 437
electrónico, 441
por ruptor, 475
ruptor del, 43
sistemas, 437-439
sistemas, CDI 442
varilla incandescente, 437
Enduro, 29
Energía
alterna, 406-408
calorífica, 235, 612
eléctrica, 401-402
mecánica 235, 401-402
química, 235
Engranajes, 97-98, 488-489
cascada de, 138
cónicos, 98, 134-135, 521-522, 528
patas de araña, 508
Engrase
a presión, 281
bomba de, 254
por barboteo, 279, 305, 507-508
por cárter húmedo, 118
por cárter seco, 118, 292
separado, 299
sistema de, 257-259
Epicicloide, 203
Equilibrado, 72-75, 207-209, 629
dinámico, 75, 77
Equilibrio
falta de, 73
Escape, 35-37, 106-110, 112-115, 166, 208, 265
3 en 1, 111
3 en 2, 111
4 en 1, 110
4 en 2, 111
4 en 2 en 1, 111
6 en 2, 111
cono, 176, 178-179
contracono, 178-179
fase de, 160-162
gases, 106-108
panza, 176, 178
retraso en el cierre de, 62
Escobillas, 403, 405
Eslabón, 517
Eslabones, 517
desmontables 519
Espárragos, 38
Espira, 402-403, 407
Espumas, 273
Esquema eléctrico, 400
Estator, 407, 412
Excelsior, 42
Expansión, 154
Explosión, 36-38, 120
Extensión, 567-568
Exup, 112-113
F
Fadding, 616
Falda, 43-44
Faro
cristal del, 458, 460
trasero, 461
Faros, 455, 460, 483
elipsoidales, 460
medidas de los, 460, 608
Fiador, 499, 504
Fibra de vidrio, 115, 165
Fibra sintética, 358-359
Filamento de tungsteno, 456
Filamento halógeno, 457
Filtro, 41, 357-360
caja de los, 381
centrífugo, 252
cilíndrico, 205-206, 597
de aceite, 48, 263-268, 287-296
de aire, 266, 356-360, 362-365,

367, 369
de fibra sintética, 358
de gasolina, 349-352
de papel fibroso, 358
de malla metálica, 359
plano, 512-513
de aire, 266
de gasolina, 352
Filtros que no utilizan caja, 362
Flanco, 604-605
Flotador, 322, 326
Fluctuaciones de presión, 369
Fluido hidráulico, 567, 582-583
Fluido intermedio, 237
Fluido laminar, 644
Flujo magnético, 395-397, 402, 416
Flujo turbulento, 168
Foco, 457-458
caliente, 451-453
de la parábola, 457-458, 460
frío, 441
Forest, 437
Forro, 613-614, 616
Frecuencia, 387, 407-408
Frecuencia de la onda, 407
Frecuencia de resonancia, 96
Frenos, 543, 611-613, 615-616
accionamiento, 613-616
cónicos, 616
de cuatro levas, 615
de disco, 597, 616, 619, 639
de doble leva, 615
de expansión interna, 612
de patín, 50, 612
de tambor, 612
desgaste, 639-640
hidráulico, 582-583
líquido, 658
mantenimiento, 632
pastillas, 639-641
pinzas de, 621-622, 627
sistema hidráulico, 566
Frente de llama, 154, 235, 315, 320
Fuerzas centrífugas, 74-75, 77-78, 81, 129
Fuerza de inercia, 75, 77-78
de primer orden, 77-79, 81-82
de segundo orden, 77-79, 81-83
horizontales, 47, 78, 339
Fuga de agua, 259
Función portante, 544, 546
Fusibles, 464, 479, 483, 684
caja de, 486

G
Galga, 212, 222
Galga plástica, 212
Galvani, 428
Galvanómetro, 395-396
Garelli, 147
Gasolina, 312-313, 315-323, 710-711
depósito, 21
depósitos, 658
Normal, 314
sin plomo, 316-317
Super, 317
Generador, 390, 401
eléctrico, 400-402
Geometría de dirección, 557, 571, 578, 697
Geometría de la moto, 557, 632
Gilera, 186
Gilnisil, 194
Gomas y barnices, 272
Grado de uniformidad, 85
Grasa
sólida, 268, 292
Grasa de bisulfuro de molibdeno, 137
Grasas, 264, 268
Grifos a depresión, 374
Gripaje, 121, 215, 219, 221, 239, 259-261, 265, 290, 292, 298, 306
Grumos, 265, 272
Grupillas, 661
Grupo cónico, 135, 233, 268, 481
averías, 242
Guardabarros, 360, 652
Guía, 95
Guillotinas, 187-189
giratorias, 188
Guitarras, 75

H
Harley Davidson, 51
Helicoil, 213
Hércules, 203
Hidrocarburo, 268, 318
Hidrocarburos, 295
nafténicos, 297
parafínicos, 297
Hidrógeno, 268, 312-313, 434, 658, 723
Hilo caliente, 347
Holgura, 100-104
Holgura del sistema, 100
Honda, 50-51, 54-58, 81, 88, 104-105, 113, 183, 189, 357, 547, 574, 593, 602-603, 626, 632
Goldwing, 56
Honda CBR 900 RR, 54
Honda CBX 1000, 57
Honda GL 1200, 56
Honda GL 1500, 58
Honda VFR 750 R, 55
Hoquilla
de tipo invertido, 568, 570
Horquilla telescópica, 545
Horquilla
ajustable, 568
averías, 636
delantera, 566
Earles, 562, 578
HPP, 189
invertida, 424
regulable, 22, 585
telescópica, 549, 562-563, 566, 576
Husqvarna, 189, 280

I
Iluminación, 455, 462
averías, 481-483
Imán, 402-404, 407

Incandescencia del filamento, 455
Inclinación de las ruedas, 632
Indian, 529
Indicador de bajo nivel, 471
Indicador de nivel de aceite, 305
Índice de carga, 610
Inducción 395-396, 402, 440, 443
Inducción electromagnética, 395, 402
Inductor, 404-405, 411-412
Inductor polar, 412
Inercia de las masas, 73, 75, 565
Inestabilidad, 650
Inflamabilidad, 313
Imput
Instalación eléctrica, 397, 404, 665-666
Instrumentación averías, 481
Instrumentos, 466, 470
Intensidad, 386-391
nominal, 414
Intermitencia
botes de, 463
rele de, 397, 462
sistemas de, 397
Intensidad de corriente, 386, 440, 627
Intercambiador, 255-257, 282
aceite-agua, 256
Intermitentes, 409, 461-463, 468, 677
instalación, 397-398
Interruptor de presión del aceite, 673
Inyección, 313, 319, 344-345, 348-350
corte de, 348
de aceite, 254-256
de aire, 367
de gasolina, 344-346
electrónica, 52-53, 319, 344-346
mecánica, 319
multipunto, 52, 350, 355
reglajes y comprobaciones, 379
secuencial, 350
secuencial programada, 350
semi-secuencial, 350
Inyector, 346
a presión, 255
Inyectores, 345
Iones, 432-433
plomo, 428-436

J
Junta
homocinética, 516
Junta caránica, 268
Junta de culata, 39, 197, 214, 222, 259-260, 666
Junta tórica, 197, 667, 673

K
Kaaden, 147
Kawasaki, 48, 50-51, 56, 58, 185, 356, 556, 573
KIPS, 183, 185
KTM, 189

L
L-Jetronic, 345, 347
Láminas
caja de, 168
Lámparas
halógenas, 456, 483
Langen, 34
Latiguillo, 572
Latiguillos, 624, 640
Laverda, 54
LED, 469
Leva, 92-95
de admisión, 132
de escape, 133
Levas, 39-41
Lewis, 146
Ley de Ohm, 389
LH-Jetronic, 347
Líquido de frenos
cambio, 634
Líquido hidráulico, 536
cambio 634
Líquido refrigerante, 256-258
Llama caliente, 234-235
Llama fría, 234-235
Llanta
arco de la, 604, 608
Llantas, 596-597, 599-603, 638, 711
Comstar, 600
de aleación ligera, 599-600
de competición, 599-600
de madera, 311, 597
de radios metálicos, 597
especiales, 603
lenticulares, 603
Lubricación, 39, 42, 261-266
circuito de, 270
de por vida, 264
elementos del sistema, 302
hidrodinámica, 263, 291
por aceite perdido, 298
sistema, 279-287, 295-303
sistema de, 268
Lubricante, 39, 267-269
capa de, 262
líquido, 268
Motor Medium, 273
nivel del, 537
semisólido, 268
sólido, 268
Lubricantes
clasificación, 273-274
especificación, CC, MM, 273
especificación SA y SB, 273, 274
especificación SC, SD, SE, SF Y SG, 273, 274
HD, 273, 275
Motor Light, 273
Motor Severe, 273
otras especificaciones, 275
Premium, 273
Regular, 273
SB, 273-274
Luces, 409-410
Lumbrera, 154, 156-160
circular, 22
de admisión, 143-147
de escape, 144-146

elíptica, 460, 607
relación área/tiempo, 158, 170
Lumen, 202
Luz de cruce, 417, 460
Luz de frenado, 461
Luz divergente, 460

M

Magnetismo, 395, 397, 404, 412
Magnetismo residual, 404, 412
Magnetita, 395
Magnetos, 437, 439
Magnetos de baja tensión, 437
Maletas laterales, 652
Mando
por cadena, 133-134
por correa, 133
Mando del acelerador, 332, 371-372
Mando del gas, 343
Maneta, 536
Manillar, 27
Manocontacto, 48, 283, 290, 308, 482
Marelli, 348, 437
Mariposa, 346-348
Mariposa del acelerador, 344, 356, 379
Mariposa sonda, 347
Markus, 437
Mars, 545
Masa, 390
Masa de aire aspirado, 319
Masa de gasolina, 334
Masas
no suspendidas, 561, 565, 588, 620, 624
Masas de aire, 334, 341
Masas giratorias, 75, 85
Masas rotativas, 80-81
Matchless, 48
Material antifricción, 124, 130, 214, 216
Material conductor, 385
Materiales compuestos, 35, 606
Materiales sinterizados, 519
Maza, 486, 494-496, 508, 537
Mazda, 207
McCandless, 546
Medidas de la geometría, 632
Medidor del caudal de aire, 345
Megáfono, 109
Metanol, 67, 377
Mezcla
de aire-gasolina, 313, 317-318
estequiométrica, 318, 320
pobre, 239, 318, 342, 365
rica, 318, 320, 325, 365
Micrómetro, 139, 641
Moduladores de presión, 625, 627
Molécula, 432-433
Moléculas, 384, 394, 432-433, 554
Momento de inercia, 85, 557
Monoamortiguador, 591
Monoárbol en culata, 134
Monocilíndrico, 77
Monóxido de carbono, 364-365
Morini, 51
Moto Cross, 28
Moto Guzzi, 50, 626
Motocicleta, 5-6
Motor
bicilíndrico, 48-50, 150
bicilíndrico en V, 49
BMW K 75, 53
BMW R 1100, 51
boxer, 55-56, 58
BSA, 42, 48, 54
cuadrado, 65-66
cuatro en cuadro, 153
cuatro tiempos, 33-37, 39-42, 44-45, 305, 312-313
de carrera larga, 65
de cilindros opuestos, 79
de cuatro cilindros, 81-82
de cuatro tiempos, 44-45, 86
de dos cilindros, 79
de dos tiempos, 33, 142-144, 154-157, 295, 304
de seis cilindros, 57, 82
de tres cilindros, 54, 58, 81, 111, 152
de varios cilindros, 45, 109-110, 147, 149-150, 280
Diesel, 37
dos tiempos, 33, 142-144, 159, 292, 295, 297
en V longitudinal a la marcha, 47, 49
en V transversal a la marcha, 49, 51
Guzzi, 49-50, 626
Kawasaki, 48, 50-51, 56, 58, 185, 356, 556, 573
longitudinal, 49
monocilíndrico, 77, 237, 337
Multicilíndrico, 239
refrigerado por aire, 239
rotativo, 202-203, 206
sobreenfriado, 258
supercuadrado, 65
tetracilíndrico, 55-56, 130, 136, 232
tranquilo, 64-65, 72, 696
transversal, 47
tricilíndrico, 152, 209, 241
Yamaha, 43-44, 50-51, 56, 77, 112-113, 148, 153, 168, 183, 186, 203, 242, 336-338, 356, 400, 547-548, 555, 576, 586, 590-591, 603, 626
Yamaha XTZ, 44, 400
Yamaha XZ 550, 50
Motor alternativo de cuatro tiempos, 209
Motor alternativo de dos tiempos, 208
Motor de arranque, 417
Motor de cuatro tiempos, elementos, 116
Motor de dos tiempos, elementos, 190
Motor rotativo o Wankel, 209
Motores
comparación, 209-210
Motronic, 349
Muelle, 563-564
helicoidal, 401, 489, 533, 566, 582, 588
precomprimido, 95, 528, 568
Muelle de diafragma, 493
Muelles
dobles, 39
sencillos, 39
MV Augusta, 55

N

NEAS, 573
Neumático
adherencia, 607
Neumáticos, 596, 604-611
diagonales, 605, 608-609
dibujo, 605
mantenimiento, 632
medidas, 608-609
presión, 637
radiales, 607-608
sustitución, 636-638
Neutrones, 384
Niebla de aceite, 193
Nikasil, 122, 194
Nivel de aceite, 228, 305, 308, 668, 670, 710
Nivomar, 589
Norton, 207, 546-547
NSU, 146
Núcleo magnético, 354
Número de octano, 66, 313, 315-316
n-heptano, 315

O

Octanaje, 220, 224, 317, 367
Octano
iso-octano, 315
número de, 315-316
Octanos
índice de, 366
OHC, 91
Ohmio, 389
ohmetro, 479
OHV, 91
Ojo de buey, 305
Onda de depresión, 107-108, 110, 156, 175-177, 179
Onda de presión, 107-108, 110, 156, 164, 175-177
Onda expansiva, 60, 205, 227, 311-312, 314, 438-439
Oscilación, 562, 565, 692
Oscilación del resorte, 565
Ossa, 547
Otto, 33-34, 143, 202, 208
ciclo, 34
Óxido de aluminio, 449
Óxido de plomo, 430

P

P.M.I., 35, 61-62, 68, 79, 145, 156, 161, 174, 176
P.M.S., 35, 37, 60, 145, 156, 161, 439, 441
Palanca de arranque, 40
Palos, 599
Panel de instrumentos, 470
Pantalla de cuarzo, 468
Pantallas, 24, 483, 651, 655
Pantallas de altura variable, 655
Pantallas de proyección, 483
Papel fibroso, 358
Par, 500-502
máximo, 60, 63
motor, 62-75, 77-82
propulsor, 500-501
resistente, 85
Parábola, 457-458, 460
Parque de vehículos, 364
PAS, 369-371
Paso, 517-519
Paso de aire, 325, 358, 370
Pastilla, 139-140
Pastillas calibradas, 43, 54, 101
Pata de cabra, 482
piloto de, 258, 482, 493
Patín, 141-142
Pedal, 531
Penetración, 648
Pérdidas mecánicas, 174, 410, 488
Periodo
de compresión, 569-570
de depresión, 156
de presión, 155-156
Pernos, 217, 623, 640
Piaggio, 171
Picado, 216, 315, 317, 350
Piedra imán, 395
Pila
galvánica, 428
voltaica, 428
Pilas primarias, 428
Daniell, 428
de mercurio, 378, 428
Lechanclé, 428
Pilas secundarias, 428
Piloto de luz larga, 482
Piñón, 519-520
cónico, 528
de accionamiento, 529-530
de ataque, 501
del cambio, 279-280
dentado, 527-528
deslizante, 502, 579, 588
eje del, 252
intermedio, 506
Pinzas
de cuatro pistones, 621-622
de pistones múltiples, 621
de seis pistones, 622
de tres pistones paralelos, 626
Pipa de dirección, 549-552, 554, 562, 566, 571
Pistas de fricción, 538
Pistón, 35-37, 116-117, 122, 125-130, 132, 265-266
averías, 213-216
bombeado, 69
cabeza, 48
cabeza del, 117
de alta compresión, 49, 125, 451
de sección no circular, 88
empujador, 495
falda, 125-126
falda de, 163-164
troncocónico, 69
Pistones, 616-617
centrales, 642

extremos 640
Placas, 517-519
Planté G., 428
Plastoferrita, 411
Platillos 41, 124
Platinos 43, 439-442, 475-476
apertura de, 474-475
Plato magnético, 202, 474
Plomo, 366-367
Poder calorífico, 313
Polea conducida, 496, 511
Polea conductora, 510-513
Polímero, 297
Polímetro, 260, 478-479
Polo negativo, 385-386, 434, 663
Polo positivo, 385-386, 434
Polos, 386, 388, 395, 397, 408, 478
Potencia, 45-48, 51, 58-59, 78-79, 125
banco de, 70, 363
eléctrica, 70
específica, 143
gráficas de la, 70
máxima, 70-72, 486
Potencial, 356, 388-389
Potenciómetro, 347
Power Jet, 324, 330-331, 378
Precompresión, 146, 149, 172, 198, 295
Preencendido, 451
Presión atmosférica, 250-251, 319, 333, 362, 554
Presión de alimentación, 353
Presión media efectiva, 71
Procesador central, 350
Proceso de descarga, 434
Progresividad del sistema, 180, 589
Protección, 650
Protección de los ocupantes, 643
Protones, 384-385
Puch, 146-148
Puerta, 393, 418, 421, 423-424
Pulido de espejo, 262
Punto de congelación, 243, 270, 274
Punto de ebullición, 243
Punto muerto
inferior, 35-39
superior, 35-36, 38-40

Q

Quads, 29, 531

R

Racord, 624
Racores, 41
Radiación, 237
Radiador, 44, 245-252, 258-260
de aceite 254-256
tapón del, 249, 259-260, 306, 669
Radios, 491, 597-603, 636, 711
disposición, 597-598
tensar, 476, 539, 598
Ram-air System, 242
Rampa de distribución, 351
Rampa de inyectores, 353
RARE, 188
RC, 189
RCA, 63, 160
RCE, 62-63, 71
Reacciones catalíticas, 367
Reacciones de transmisión, 522
Rebufo, 647
Rectificación, 416-417
de diodo simple, 419
de semionda, 417, 419-420, 425-426
Rectificado, 215, 221-222
Rectificador, 387, 416-418, 479-480
de onda entera, 417
de semionda, 417
Rectificador monofásico
de onda entera, 425-427
de puente de diodos, 425
de semionda, 419-420
Rectificador trifásico
de onda entera, 425-427
Reflector parabólico, 457
Refrigeración, 38, 119-122, 146, 264, 362, 651
circuito principal, 245
circuito secundario, 245
circuitos compuestos, 244
circuitos simples, 244
forzada por turbina, 240
líquida, 44, 47
por aceite, 254, 266
por agua, 236, 243, 251
por aire, 40, 236-237
sistema de, 236
Subcircuitos, 244
Refrigeración líquida
elementos, 245-246
tipos 244
Refrigeración por aire
mantenimiento, 257
Refrigerante, 248-252
depósito, 250
líquido, 256-260
nivel, 257
Régimen, 68-74
de funcionamiento, 45-46
de ralentí, 341, 377-379
estacionario, 72
máximo, 45
mínimo, 326
Regímenes transitorios, 347
Regulación, 583-585
contratuerca, 139
de hidráulico, 587
de la compresión, 588-589
de la distribución, 131-132
de presión, 355
del hidráulico, 588
del resorte, 584
del sistema hidráulico, 568
electrónica, 439
por batería, 422
por tiristor, 423
por tornillo, 48, 56
por voltaje interno, 417, 420
sistema de tornillo-tuerca, 101, 102
Regulador, 414
averías, 481-483

monofásico, 418
por voltaje de la batería, 417
por voltaje interno, 417
simple de corriente alterna, 424
trifásico, 414
Relación de compresión, 159-160
geométrica, 159
real, 159-160
teórica, 159
Relación de compresión real, 159
Relé 393-394, 397
averías, 479
Reloj, 134, 258, 481-482
de nivel de gasolina, 470
de temperatura del refrigerante, 348
Rendimiento relativo, 68
Rendimiento volumétrico, 90, 163
Renovación de la carga, 62, 155, 230
Reostato, 343, 347-348, 355, 379, 482
Reparto de pesos, 557, 559, 575, 691, 697
Residuos, 35, 88, 208, 272, 296-298, 376, 381, 472, 711
gomosos, 376, 710
Resistencia, 394
aerodinámica, 643, 645-647
al avance, 643-647, 650
al giro, 408
inducida, 645
inducida al avance, 647
Resonadores, 178-180, 183, 185
Resonancia, 168, 337
caja de, 193
en el escape, 110
Resto de tipo gomoso, 354
Retén, 193, 213
REV, 104
Revoluciones, 45
Rodaje, 262, 265
Rodamiento, 203, 212-213, 302
de rodillos, 517
Rodamientos, 661
Rodete, 252, 669
Rodillos, 517-519
Rotax, 188
Rotor, 408-413
excitación exterior 406
de imán, 406, 408
Rozamiento, 645
Rueda
desequilibrada, 639
Ruedas, 595-596
locas, 99
mantenimiento, 632, 634
Ruido, 114

S

S.A.C.S., 254
SAE 268, 270, 278, 297, 304, 507, 539
SAEC, 183, 185, 188
Scanimet, 194
Scooter, 240
Scott, 146, 529, 544
Sección
aleta, 237
SEES, 188
Segmento, 46, 128, 218, 557, 673
de compresión, 127
de estanqueidad, 128
de rascado de aceite, 127-128
SEM-MIC, 189
Semicárter, 211
Semiconductores, 392, 417
Semiembragado, 493
Semipolea, 511, 513
Sensores, 348-349, 414, 445, 469, 625-626
de embrague accionado, 369-370
de marcha insertada, 369-370
de presión, 469
de punto muerto, 469
de temperatura, 348
de temperatura del aceite, 369-370
del encendido, 468
Sentido positivo, 393
Servomotor, 182-183, 186-187, 189-190, 379
Seta, 181, 183, 227
Silenciador, 115, 677
cámaras de expansión, 115
de absorción, 115
resonador, 183, 187
tabicado, 619
Silent-blocks, 73
Sillín, 29, 550, 646-647
Símbolos eléctricos, 397
Sinterización, 617
Sistema anti-patinaje, 348
Sistema de arranque, 327-328, 340, 343, 529, 664
Sistema de distribución, 86, 88, 94, 98, 104-105, 124, 137
Sistema de recirculación de gases, 366
Sistema de vacío constante, 331
Sistema desmodrómico, 139
Sistema eléctrico
averías, 479
Sistemas antibloqueo, 398
Sistemas de accionamiento, 91
Sistemas de accionamiento mecánico, 181
Sistemas de rueda tirada, 578
Sistemas elásticos, 98, 592
Sistemas multiválvulas, 91
Sistemas progresivos, 592, 594
Sistemas rígidos, 97
Slicks, 605
Sobrecalentamiento, 221, 224, 239, 258-259, 616
Sobrecarga térmica, 255
Sobretensión, 408, 414, 479
Solenoide, 573
Sonda lambda, 348, 356, 368
Starter, 326, 328, 372, 682
Superficie de disipación, 237
Superficie de fricción, 491, 612, 615-616, 619, 621
Superficie de impacto, 651
Superficie de intercambio, 237, 246, 248
Superficie reflectante, 457
Supertourers, 56
Supresor, 475

Surtidor
de arranque, 326-328
Surtidor de alta, 339
Suspensión, 544-551, 554-555, 561-563
delantera, 561, 574
trasera 578-580
Suspensión trasera, 579
mantenimiento 632, 634, 636
por émbolo, 579
Suspensiones especiales, 594
Suzuki, 113, 149, 185, 190, 203, 254, 356, 486, 513
Swing Arm, 576
T
Tacómetro, 468, 481, 676
electrónico, 468
mecánico, 481
Talón, 600, 604-606, 687
Tambor, 503-505
de leva, 506
diámetro, 615
monoleva, 614
Tambor central, 493-494
Tapón de vaciado, 265
Taqués
hidráulico, 103-104
reglaje, 42-43
Telelever, 576
Tensión, 391-393
Tensión nominal, 414
Tensor, 125, 136-137, 309
automático, 141
hidráulico, 99
mecánico, 99
por precarga de un muelle, 142
por presión de aceite, 142
Termistor, 252, 394, 471
Termocontacto, 248-249, 252, 260
Termodisipación, 237
Termosifón, 244
Termostato, 44, 244-245, 249-251, 255-256, 258-259
Tetraétilo, 315, 366, 449
Tetraétilo-plomo, 67, 449
Tiempos, 31
Tija, 559, 571, 574, 576-578
Tiristor, 392-393, 418, 420-423, 445-446
Todo terreno, 29
Tomas frontales, 362
Tornillería
reapriete, 642, 711
Tornillo
de ralentí, 331, 336, 341
de régimen de ralentí, 341
de reglaje, 347
de regulación, 325-326
de regulación de baja, 325-326
de regulación de mezcla, 342
de riqueza en baja, 342
UBS, 661
TRAC, 574
Trail, 18, 26-27, 43, 46, 462
Transferencia de masa, 560
Transfers, 144-146
de trasvase, 193-195
Transformador, 387, 444
Transistor
NPN, 393
PNP, 393
Transmisión, 98, 119, 485-489
árbol de, 516
averías, 540
cadena de, 98
cardan, 49
directa, 515
elementos de, 596-597
por árbol, 521
por cadena, 519
por cadena de rodillos, 517
por cardan, 521-522
por correa, 524
por engranajes, 501
primaria, 486-489
primaria por cadena, 136
secundaria, 515-516, 526
secundaria por cadena, 51, 519
Transmisión primaria
lubricación, 302-305
Transmisión secundaria, 486
Tren alternativo, 144, 151, 217
Trial, 17, 607, 610, 701
Trikes, 531
Triumph, 54, 356
Trompeta de admisión de aire, 41
Tubarro, 149, 155, 172
Tubaléss, 610
Tubo de escape, 37, 108-109, 173-179, 672
final abierto, 108, 112
final cerrado, 107-109, 175
Tuercas
almenadas, 661
con autoretención, 661
Turbulencia, 168, 359-360, 438, 645
Turbulencia de aire, 359
U
Unidad electrónica de control, 345
V
Vacuómetro, 377-378
columnas del, 377
Valve Control, 189
Válvula, 86, 123-124, 369-370
accionamiento, 100
caña de la, 95
de admisión, 35-37, 39-41, 92, 335-339
de aspiración, 589
de cortinilla, 112
de escape, 35-37, 40-41, 92, 154-156
de láminas, 165-168
de paso de la cuba, 372
de plato, 130
de retorno, 352
de ventilación, 249-250
espiga, 130
mariposa, 321
parcializadora, 179

parcializadora del escape, 179
PAS, 369-371
rotativa, 161-163, 168
rotativa lateral, 150-151
Válvulas, 35-36, 39-44, 116-117, 130-132
averías, 242
colas de las, 62
cruce de, 62-63, 144
cuatro en un cilindro, 43
de admisión, 39-41, 43-44
de escape, 40-41, 172-181
dobles, 43
en cabeza, 41, 124, 140, 232
en las lumbreras, 178-179
holgura, 132, 138-141
número de, 87-88
paralelas, 91, 93
radiales, 91
reglaje de, 138
V, 86
Van Veen, 203-204
Vapor blanco, 260
Variación de la geometría, 571, 575
Variador, 26, 489, 512-513, 538
centrífugo, 512-513
Variador continuo de velocidad, 509
Varilla de accionamiento, 536
Varilla empujadora, 92, 493, 508
Varillas, 30, 41, 43, 52, 116, 131, 133, 640
Vasos invertidos, 39, 43, 54
Velocette, 53
Velocímetro, 676
Ventanas de transferencia, 201
Ventilador, 237, 252, 260, 482
Venturi, 321, 333, 341, 356
fijo, 321
principio de, 141, 324
variable, 345, 347-348
Vértices del rotor, 205-206
Vespa, 171, 505, 526, 550
Vibraciones, 231, 641-642
Viento lateral, 603, 643, 646, 648
Villers, 157
Vincent, 546
Viscosidad, 268-270, 305-306
alta, 268-269
baja, 269
índice de, 269-270
Volante, 406
Volante magnético, 199, 213, 406, 439, 442
Volantes de inercia, 202, 302
Volatilidad, 270, 313, 364
Volta, 387, 428
Voltaje, 387-389, 391, 393
de disparo, 393
de puerta, 393, 418, 424
de retorno, 392
regulado, 419
sin regular, 419
Voltímetro, 258, 479
Voltio, 388
Volumen de la cámara de combustión, 67, 159
Volumen del cilindro, 62, 159
Volumen residual, 67
VVC, 104
W
Wankel, 203-204, 206-207
Watios, 389
Webb, 562
Weber-Marelli, 348
Werner, 544
Y
Yamaha, 43-44, 50-51, 56, 77, 112-113, 148, 153, 168, 183, 186, 203, 242, 336-338, 356, 400, 547-548, 555, 576, 586, 590-591, 603, 626
Yamaha XTz 750, 400
YEIS, 168, 338
YICS, 338
YPVS, 186
Z
Zapatas, 496-497, 505, 612-615, 622, 639-640
Zona de vacío, 645
Zundapp, 53, 146-148, 157, 545