

# LA CULATA.

---



**La integración en el bloque y la disposición de las válvulas. - Rendimiento, contaminación y coste. - La culata de los motores Diesel. - Los principales defectos y el mantenimiento en las culatas modernas.**

Parte del motor que cierra los cilindros por su lado superior y en correspondencia con la cual suelen ir colocadas las válvulas de admisión y de escape.

La forma y las características de la culata siempre han ido estrechamente ligadas a la evolución de los motores y, en especial, han venido condicionadas por el tipo de distribución y por la forma de la cámara de combustión.

Aunque algunos de los primeros motores para automóviles presentaban la culata separada del bloque de cilindros, la mayoría de los constructores prefirió adoptar la solución de culata y cilindros en un bloque único. De esta forma se conseguía mayor solidez y se evitaba el mecanizado de las superficies de unión entre la culata y los cilindros, eliminando simultáneamente cualquier problema de estanquidad.

En lo relativo a la distribución, en los primeros motores de gas se adoptaron válvulas bilaterales en cabeza, es decir, situadas en 2 filas, con las de escape frente a las de admisión.

Sin embargo, las mayores velocidades y presiones alcanzadas pronto sugirieron, para evitar complicaciones de construcción, la adopción de válvulas de admisión automáticas accionadas por la depresión que se creaba en el cilindro durante la carrera de admisión. Posteriormente, cuando las velocidades de rotación aumentaron, este sistema se reveló poco eficiente. En efecto, para cerrar la válvula era preciso un muelle y, por tanto, una buena parte de la carrera de admisión se perdía para crear la depresión suficiente para determinar la apertura de la válvula. Por ello fue necesario adoptar sistemas de accionamiento también para las válvulas de admisión.

En los primeros automóviles, los mecanismos de accionamiento de las válvulas sobresalían de las culatas e iban expuestas al aire, tanto por necesidades de refrigeración como para evitar complicaciones de

construcción, así como para permitir un mantenimiento más fácil. Efectivamente, la acción de martilleo de la válvula sobre su asiento provocaba una disminución del juego del sistema de distribución, hasta tal punto que, en aquellos tiempos, en el curso de un viaje de una duración de un día, se hacía preciso regular, al menos una vez, el juego de taqués. Esto explica la razón por la cual los rendimientos, las presiones específicas y los regímenes de rotación eran tan bajos.

Las culatas se diseñaban principalmente con la finalidad de facilitar su mantenimiento y esto explica el éxito obtenido desde el principio por la culata con disposición en T, con las válvulas laterales accionadas por 2 árboles de levas distintos. Esta forma poseía el inconveniente de determinar una distribución no uniforme de la temperatura, con un lado frío y otro caliente, lo cual daba lugar a distorsiones. Por este motivo se pasó más tarde a una disposición en L, con las 2 válvulas del mismo lado y con la bujía situada en las proximidades de la válvula de admisión, de forma que estuviese refrigerada por la mezcla entrante.

Hasta el momento en que las culatas fueron separadas de los cilindros, el acceso a las válvulas se conseguía a través de unos tapones roscados de latón o de bronce fosforoso. Ello tenía como consecuencia unas zonas escasamente refrigeradas en correspondencia con el escape. Para obtener una refrigeración mayor, en los motores con sistema por aire, los tapones se construían de aleación ligera e iban dotados de aletas.

Sin embargo, la introducción de las culatas separadas de los cilindros permitió eliminar estos tapones y estudiar con mayor atención la forma de la cámara de combustión a fin de mejorar el rendimiento.

Entre las formas de elevado rendimiento, hizo escuela la ideada por Ricardo en torno a 1920, la cual, aunque conservaba las válvulas laterales, permitía mayor relación de compresión y un buen efecto de turbulencia debido: squish inducido en el pistón.



El paso siguiente fue el alejamiento de las 2 válvulas, con el fin de evitar la transferencia de calor de los gases de escape a la mezcla fresca.

El resultado fue una serie de motores con válvula de admisión en cabeza y válvula de escape lateral, sistema que se empleó hasta no hace mucho en los Rolls Royce, Bentley y Rover. La bujía se acercó a la válvula de escape siguiendo la teoría de que el frente de llama se propaga desde el punto más caliente al más frío. Con esta disposición, las válvulas de escape iban situadas en el bloque de cilindros.

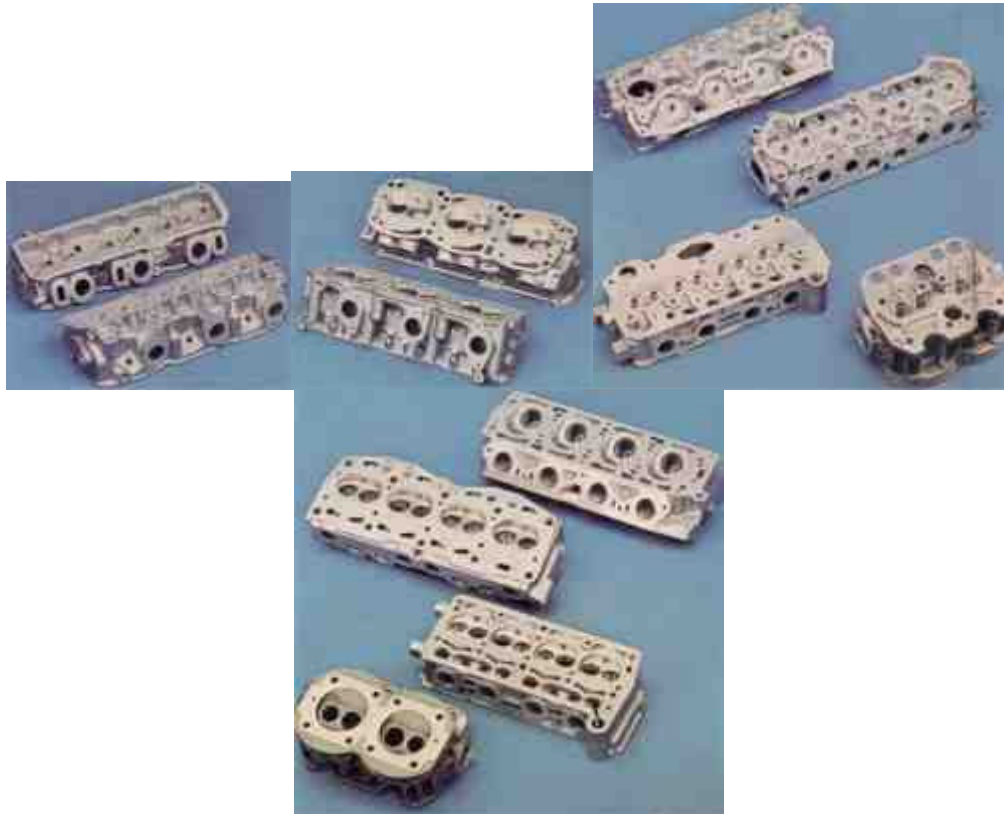
Las culatas de este tipo eran de construcción bastante sencilla y, a pesar de que ya se habían experimentado motores con todas las válvulas en cabeza, se prefirió dejar, durante cierto tiempo, esta solución para los motores deportivos y de prestaciones elevadas. Esta elección derivó también del hecho de que, en caso de roturas de las válvulas o de los muelles, el motor no resultaba dañado gravemente.

Este inconveniente y otros, tales como el desgaste y agarrotamiento de las guías, que, en aquellos tiempos y con los materiales empleados, eran bastante frecuentes, hicieron que las culatas con distribución por válvulas en forma de hongo no fueran las únicas empleadas. Entre los demás sistemas, baste recordar la distribución sin válvulas, mediante correderas, de Knight y Burt, que se adoptó especialmente para los automóviles de lujo.

Con el progreso de los materiales y de la técnica, la solución que se impuso gradualmente fue la de todas las válvulas en cabeza. En efecto, aunque las culatas con válvulas laterales en el bloque eran de construcción más sencilla, no permitían alcanzar regímenes de rotación superiores a 4.000 r.p.m., sobre todo debido a la forma de los colectores.

Para simplificar su construcción las válvulas en cabeza se colocaron inicialmente en posiciones contiguas y paralelas al eje del cilindro. Sin embargo, esta disposición no permitía emplear válvulas demasiado grandes, debido a que, por lo general, los motores poseían una carrera grande y un diámetro reducido. Para aumentar el diámetro de las válvulas, se ensanchó la cámara de combustión hasta superar las dimensiones del diámetro. También esta solución fue superada por la introducción de las válvulas inclinadas con cámara triangular y de las válvulas situadas en V.

En los años sesenta se fue imponiendo progresivamente, también en los automóviles de serie, la distribución mediante árboles de levas en cabeza con accionamiento directo de las válvulas o con balancines. Esta solución proporciona indudables ventajas desde el punto de vista del rendimiento global del motor, pero presenta mayores dificultades de construcción en la realización de la culata, que, la mayoría de las veces, se hace desmontable separando el soporte del árbol de levas de la culata propiamente dicha.



Durante los años setenta los problemas creados por la contaminación atmosférica y las respectivas normas a que deben atenerse los motores de los automóviles han impuesto a los fabricantes restricciones cada vez más rigurosas y, consecuentemente, complicaciones de construcción aún mayores.

Como ejemplo de lo dicho, baste citar el motor proyectado por la Honda, capaz de superar los estándares norteamericanos para 1976. Este motor, denominado CVCC (Compound Vortex Controlled Combustion) es, en realidad, un motor del tipo de carga estratificada con cámara de combustión desdoblada, con una válvula de admisión principal y otra secundaria para la introducción de la mezcla en la precámara.

### **La culata de los motores Diesel.**

En la panorámica desarrollada hasta aquí, o se ha hecho mención alguna acerca de la rama de las culatas de los motores Diesel. Ese tipo de motor fue aplicado en el terreno automovilístico a principios de los años treinta, por lo que, de entrada, se adoptaron las válvulas en cabeza. Por lo demás, la culata es de construcción

diferente de la de un motor de gasolina causa de la distinta forma de la cámara de combustión y debido a la presencia del sistema e inyección.

En el caso de motores de 2 tiempos, la culata suele ser más sencilla, faltando, salvo casos articulares, las válvulas de admisión y de escape.



### Construcción y materiales.

En el estudio de proyecto de una culata para un motor de combustión interna moderno existen 3 objetivos principales que el proyectista trata de alcanzar: buen rendimiento, poca contaminación y bajo costo de construcción. Estas 3 metas no siempre son compatibles y, frecuentemente, obligan a soluciones de compromiso. En especial, es probable que la introducción de normas anticontaminación cada vez más rigurosas, conduzca a sacrificar el rendimiento y el valor de la potencia máxima. En general, se estudian la forma y la inclinación de los conductos de admisión y de escape de forma que se cree la mayor turbulencia inducida en la cámara de combustión, sin disminuir la velocidad de la carga y, por tanto, el **rendimiento volumétrico**.

En particular, la sección transversal de los conductos debe conservarse constante durante toda su longitud o, como máximo, con pequeñas conicidad.

Las dimensiones de la cámara de combustión y su forma están estrechamente relacionadas con la elección de una relación carrera/diámetro adecuada. Precisamente el problema de la contaminación parece favorecer un retorno a los motores de carrera larga, es decir, con cámaras compactas, en las cuales la combustión se desarrolla mejor. Como consecuencia de ello, se reduce el espacio disponible para las válvulas y, por tanto, es preciso recurrir a una disposición que permita un mejor aprovechamiento del espacio. Por lo normal, se considera que la superficie de la válvula de escape debe ser aproximadamente igual al 60-80 % de la válvula de admisión. En el caso de motores de prestaciones elevadas se suele recurrir a la complicada solución de adoptar tres o cuatro válvulas por cilindro. En efecto, la sección efectiva de paso de dos válvulas pequeñas es considerablemente superior, para una misma elevación, que la de una sola válvula de superficie igual a la suma de las superficies de las dos válvulas de diámetro inferior.

Debido a que casi todo el espacio disponible en la cámara se emplea para colocar convenientemente las válvulas, quedan pocas opciones para la situación de la bujía que, por encima de todo, debe colocarse teniendo en cuenta al mismo tiempo la necesidad de desmontaje para su mantenimiento. Sin embargo, su proximidad a una de las válvulas depende también de las características de forma de la cámara.

Es preciso recordar que, con frecuencia, la forma de la cámara está condicionada por exigencias de mecanizado y, por tanto, de economía de realización. Por ejemplo, para simplificar la construcción en el Alfa Romeo Alfesud, la culata era plana y la cámara de combustión se hallaba practicada totalmente en el pistón.

Tras la determinación de los conductos y de la cámara de combustión, el proyectista efectúa la elección del tipo de mando de la distribución, por lo general relacionado con consideraciones económicas. La solución con árbol de levas en cabeza complica la fusión de manera considerable. En efecto, las almas interiores resultan más complicadas o de construcción más Costosa. Por ello, en este caso la culata se descompone frecuentemente en 2 partes: la inferior comprende las cámaras de combustión, los conductos de admisión y escape y las válvulas, mientras que la superior lleva los soportes del árbol de levas y las guías para los empujadores o los bulones de soporte de los balancines.

Se pone un cuidado especial en el estudio de las canalizaciones para el paso del agua de refrigeración, tanto para simplificar las realizaciones internas como para obtener un intercambio térmico eficiente y evitar la formación de puntos calientes en la culata, con las consiguientes deformaciones Y fenómenos de preencendido de la mezcla, que pueden determinar la perforación de los pistones.

Un razonamiento análogo vale para el estudio de los conductos que llevan el aceite de lubricación de las válvulas, balancines y árbol de levas en cabeza. El retorno de este aceite al cárter tiene lugar a través de los orificios de las varillas (árbol de levas lateral) o de canalizaciones adecuadas.

Las culatas se construyen tanto de fundición como de aleación de aluminio. En los motores más modernos se prefieren generalmente las aleaciones ligeras, debido a la notable ventaja en términos de reducción de peso y a las inmejorables características de fusibilidad y disipación del calor. Los soportes de la distribución se obtienen mediante fusión a presión, que permite realizar piezas con acabados óptimos y de paredes delgadas. La parte inferior de la culata se realiza mediante colada en coquilla o, algunas veces, en arena; experimentalmente se han realizado también por el método anterior.

Las guías de las válvulas se introducen a presión en la culata en el caso de que ésta sea de fundición. Dichas guías se construyen de fundición, cuya composición debe estudiarse de acuerdo con el material empleado para las **válvulas**, a fin de evitar el peligro de agarrotamiento. Para las culatas de aleación ligera se emplean guías de bronce, que se adaptan mejor a las dilataciones del material. También los asientos de las válvulas se introducen a presión en la culata y, al igual que las guías, se les da su medida definitiva mediante mecanizados sucesivos una vez introducidos. Dichos asientos se construyen de fundición o de acero, con un aporte eventual de material resistente a las temperaturas elevadas y a la corrosión (estelita) en el caso de los asientos de las válvulas de escape.

### **Inconvenientes y mantenimiento.**

Los inconvenientes que pueden derivar de un procedimiento de fabricación imperfecto son de varios tipos.

Por defecto de fusión, las culatas pueden presentar grietas o sopladuras. Las grietas pueden deberse a estados anormales de sollicitación interna del material, motivados por errores de proyecto de la pieza o por una refrigeración defectuosa del molde de fusión. Las sopladuras o porosidades son imperfecciones de la colada debidas corrientemente a malas características de la aleación. En ambos casos pueden producirse, durante el funcionamiento, pasos de agua al aceite (a los conductos de lubricación) o viceversa, o bien pasos de agua a la cámara de combustión.

Todos estos defectos son raros y normalmente requieren la sustitución de la culata. Otro defecto de fabricación, y también muy raro en los automóviles actuales, es el de un mecanizado defectuoso de los planos de unión entre la enlata y el bloque. También en este caso pueden existir filtraciones de agua y aceite, siendo además muy fácil quemar la junta de la culata.

En cambio, hay otros defectos que son consecuencia de un mantenimiento inadecuado o bien de averías producidas en otras partes del motor. En general, en todos los motores, después de los primeros 1.500-2.000 km., es preciso verificar el apriete de las tuercas de la culata. Esta operación es asimismo indispensable después de toda revisión, siempre que se haya substituido la junta de la culata. En efecto, la nueva junta, tras cierto número de horas de funcionamiento, sufre un asentamiento, comprimiéndose por efecto del golpeteo sobre la culata, debido a la fuerza de compresión desarrollada por los gases durante la combustión.

Esta operación debe efectuarse con el motor frío, con una llave dinamométrica y con una acción progresiva siguiendo el orden de apriete aconsejado por el fabricante.

En general, para los motores en línea, se comienza apretando las tuercas centrales y, sucesiva y alternativamente, las situadas a la derecha y a la izquierda de las centrales. Para evitar falsas lecturas provocadas por el rozamiento inicial, es preciso, una vez efectuado el primer apriete, aflojar las tuercas un cuarto de vuelta y luego apretarlas nuevamente con el par indicado. Cuando se efectúa esta operación, es preciso verificar y eventualmente reponer el juego del sistema de distribución.

La ausencia de un control del apriete de las tuercas de la culata puede dar lugar a deformaciones, que son más frecuentes en las culatas de fundición de hierro. El mismo inconveniente puede producirse por sobrecalentamiento debido a la ausencia de agua o a un funcionamiento defectuoso del termostato, o bien a la rotura de la bomba de agua, el ventilador, etc. Como se ha indicado, con la deformación suele llegar a quemarse la junta de la culata.

Para verificar el planeado de la culata, tras haber desmontado las válvulas, debe disponerse de un plano de contraste apropiado. En este plano, sobre el que se habrá esparcido negro de humo, se hace deslizar la culata. Si la superficie presenta estrías irregulares, es preciso recurrir al rectificado de la culata. El planeado se efectúa con máquinas especiales, las cuales arrancan poco material (0,2 mm como máximo).

Otro inconveniente típico que se produce durante el funcionamiento es el del desgaste progresivo de las válvulas y de sus asientos, en especial las de escape, que se resienten particularmente debido a la corrosión de los gases de escape.

También las guías pueden agarrotarse o desgastarse de forma excesiva con efectos incluso sobre la estanquidad de las propias válvulas.

Además, con el uso progresivo del motor, se tiene un continuo depósito de incrustaciones en la cámara de combustión, que a su vez, dejan sentir su efecto sobre el rendimiento o pueden impedir el perfecto cierre de las válvulas.

En todos estos casos, el rendimiento del motor es imperfecto; en particular, cuando la estanquidad de las válvulas, por varios motivos, deja de ser completa, se tienen dificultades de las válvulas para el arranque en frío, ciclos irregulares, retornos de llama, motor que no funciona bien al mínimo, etc. En cualquier caso se hace necesaria una operación de revisión de culata.

**CULATA CALIENTE (Motor de):** El motor de culata caliente o incandescente presenta un tipo particular de autoencendido que, por su sencillez y economía, encuentra aplicación en las instalaciones fijas y en el sector agrícola.

En su construcción, estos motores son muy similares a los Diesel, diferenciándose de ellos por su menor relación de compresión que, en sí misma, no es suficiente para provocar el autoencendido de la mezcla de aire y combustible. En efecto, éste se produce debido a la presencia de un punto caliente constituido por un casquete (en forma de cámara pequeña, técnicamente aislada y carente de refrigeración), en cuya dirección se

inyecta el combustible. En contacto con la superficie sobrecalentada, el combustible se vaporiza, aumentando la compresión, y se inflama. El ciclo termodinámico se acerca mucho al de Otto ya que, contrariamente al caso Diesel, la combustión se produce prácticamente a volumen constante.

Un tipo más moderno de motor de culata caliente es el denominado semidiesel. Funciona según el ciclo de Diesel normal, pero posee la culata sin refrigeración, con el fin de provocar un calentamiento previo del aire, antes de que comience la inyección de combustible. Para facilitar la puesta en marcha en frío, en la culata de estos motores va alojada una bujía, con el fin de permitir el funcionamiento con gasolina durante el calentamiento.

Los motores de culata caliente presentan, con relación a los demás, ventajas de economía considerables, debido a la posibilidad de emplear varios combustibles, incluso de tipo no refinado, y a su gran sencillez en la construcción.

En efecto, el encendido por culata caliente permite relaciones de compresión más pequeñas, es decir, menores sollicitaciones en los órganos en movimiento, permitiendo que funcionen con autoencendido los motores de 2 tiempos con cárter seco, a pesar de que este esquema no alcanza por si mismo las presiones necesarias para desarrollar el ciclo de Diesel.