

## Media Information

**Los motores de gasolina  
del proyecto de cooperación entre  
BMW Group y PSA Peugeot Citroën.**

# Los motores de gasolina del proyecto de cooperación entre BMW Group y PSA Peugeot Citroën. Índice.

<b>1. Una cooperación exitosa. (Versión resumida)</b> .....	3
<b>2. Una cooperación exitosa. (Versión completa)</b> .....	6
2.1 Se abre el telón para la nueva gama de motores. ....	7
2.2 Un nuevo listón de referencia gracias a la implementación de soluciones innovadoras. ....	9
2.3 El motor básico: punto de partida para dos variantes tecnológicas muy diferentes. ....	11
2.4 Motor atmosférico con accionamiento plenamente variable de las válvulas: el mejor de su segmento en todas las disciplinas. ....	16
2.5 El propulsor de prestaciones excepcionales: Motor turbo con inyección directa. ....	19
<b>3. Hoja de datos.</b> .....	21
<b>4. Diagramas de par motor y potencia.</b> .....	23

## 1. Una cooperación exitosa. (Versión resumida)

El BMW Group y PSA Peugeot Citroën cooperan en un proyecto común y han desarrollado una nueva gama de motores de gasolina pequeños. Los motores de avanzada tecnología se montarán en modelos Peugeot, Citroën y en futuras variantes de modelos MINI.

La nueva gama de motores constituye un paso importante para ambas partes en relación con el cumplimiento del compromiso adquirido voluntariamente por los fabricantes de automóviles europeos (ACEA) de reducir el consumo de sus flotas hasta el año 2008 y, en consecuencia, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 140 g/km. Además, con este proyecto se logró, por primera vez, solucionar de modo elegante el conflicto existente entre la fabricación de motores de sofisticada tecnología y la reducción de los costos en el segmento de los coches pequeños y compactos. El proyecto ha demostrado que es factible fabricar motores de bajo consumo y de avanzada tecnología para los segmentos automovilísticos inferiores.

### **Estreno mundial del mejor de su segmento.**

Al concebir la nueva gama de motores, el equipo a cargo del proyecto se decidió en favor de dos variantes tecnológicas. Sin reducir la potencia, el par motor y la sedosidad de su funcionamiento, los motores establecen un listón de referencia muy alto en materia de la curva del par, baja fricción y en el conjunto de su rendimiento.

Los propulsores desarrollados en este proyecto de cooperación incluyen numerosas soluciones en detalles que provienen de los sofisticados motores de BMW, entre ellos, por ejemplo, la nueva generación de motores de gasolina de seis cilindros en línea. Entre las innovadoras tecnologías aplicadas cabe mencionar, por ejemplo, el accionamiento plenamente variable de las válvulas, la bomba de aceite controlada en función del caudal, el accionamiento de los grupos secundarios con una sola correa, las bobinas de encendido individuales y los anillos de levas montados por contracción.

Además se aplican diversas soluciones ingeniosas más, que constituyen una novedad en este segmento. Entre otras, la inyección directa de gasolina para aumentar la potencia, turbocompresor tipo «twin-scroll», bomba de agua mecánica desconectable y el nuevo sistema para tensar la correa Poly-V.

### **Una base sólida para las dos variantes tecnológicas.**

El motor básico cumplió todas las exigencias planteadas por las dos empresas que cooperan en el proyecto. El cárter del cigüeñal de aluminio con «bedplate» es único en su segmento por su rigidez y sus propiedades acústicas. Gracias a la configuración optimizada de los apoyos y debido a la remodelación de todos los elementos de accionamiento de las válvulas, ahora de fricción de rodadura, fue posible conseguir que las pérdidas debidas a la fricción sean las menores del segmento.

Gracias a la integración de numerosas funciones y componentes en la culata y en el cárter del cigüeñal, fue posible prescindir del montaje adicional de componentes, mejoraron las propiedades acústicas y se redujo el peso y el espacio necesario para el montaje. También la utilización de una sola correa contribuyó al diseño compacto del motor.

### **Reducción del consumo mediante regulación del caudal volumétrico.**

El sistema de alimentación de aceite en función de las necesidades consigue que fluya sólo la cantidad de aceite realmente necesaria. La bomba de aceite regulada en función del caudal logra reducir el consumo de combustible en hasta 1 por ciento. Además del intercambiador térmico aceite/agua, también la bomba de agua desconectable contribuye a reducir el consumo. Con ella se ahorra energía para su funcionamiento y, además, acelera el calentamiento del motor, ya que sólo fluye líquido refrigerante cuando el motor alcanzó su temperatura de funcionamiento.

### **Motor atmosférico con accionamiento plenamente variable de las válvulas: un nuevo listón de referencia en materia de consumo y de calidad del conjunto.**

El motor atmosférico con el innovador sistema de accionamiento de las válvulas tiene una cilindrada de 1.600 cc y su potencia es de 85 kW/115 CV a 5.700 r.p.m. El motor tetracilíndrico tiene un par motor de 140 Nm a partir de apenas 2.000 r.p.m. y su par máximo es de 160 Nm a 4.250 r.p.m.

El sistema de regulación plenamente variable de las válvulas prescinde de una mariposa y regula la potencia del motor mediante la regulación de la carrera de las válvulas y la duración de la abertura de las válvulas de admisión.

Este sistema de regulación de la carga del motor funciona casi sin pérdidas y, además, reduce el consumo, disminuye las emisiones de gases contaminantes y consigue que el motor tenga una respuesta más espontánea. Gracias al sistema de regulación de las válvulas y al conjunto de medidas que incluyen la bomba de aceite de funcionamiento regulado, la bomba de agua desconectable y la minimización de las pérdidas ocasionadas por fricción, este motor atmosférico es el propulsor más eficiente de su segmento.

### **Potente motor turbo con inyección directa de gasolina.**

El motor de gasolina de alto rendimiento, con inyección directa, turbocompresor de gases de escape e intercooler tiene 1.600 cc, su potencia es de 105 kW a 5.500 r.p.m. y su par motor máximo es de 240 Nm, disponible entre 1.400 r.p.m. y 4.000 r.p.m. de modo casi constante.

La culata del tetracilíndrico con turbo tiene un sistema convencional de accionamiento de las válvulas con dos árboles de levas en cabeza, balancines sobre rodillo y elementos hidráulicos de compensación de holguras de las válvulas. La variación del ángulo del árbol de levas de admisión permite obtener una potencia y un par motor óptimos y, al mismo tiempo, mínimos valores de consumo y de emisiones.

El propulsor es el primero de su segmento con turbocompresor tipo «twin-scroll». En el colector de escape y en la unidad turbo hay dos canales separados entre sí, cada uno correspondiente a una pareja de cilindros. Esta configuración consigue que el efecto turbo actúe a partir de apenas unas 1.400 r.p.m. Además, el par motor aumenta casi tan rápidamente como en un motor con compresor mecánico.

El sistema de inyección de gasolina con tecnología common-rail es, junto con el turbocompresor, la causa de la gran potencia específica, del bajo consumo y del bajo nivel de emisión de gases de escape nocivos del motor turbo. Las válvulas de alta presión inyectan lateralmente la gasolina directamente a las cámaras de combustión a una presión máxima de 120 bar. Dentro de la cámara de combustión, la mezcla es homogénea ( $\lambda = 1,0$ ).

## 2. Una cooperación exitosa. (Versión completa)

El BMW Group y PSA Peugeot Citroën cooperan en un proyecto común y han desarrollado una nueva gama de motores de gasolina pequeños. Los motores de avanzada tecnología se montarán en modelos Peugeot, Citroën y en futuras variantes de modelos MINI.

La nueva gama de motores constituye un paso importante para ambas partes en relación con el cumplimiento del compromiso adquirido voluntariamente por los fabricantes de automóviles europeos (ACEA) de reducir el consumo de sus flotas hasta el año 2008 y, en consecuencia, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 140 g/km. Además, con este proyecto se logró, por primera vez, solucionar de modo elegante el conflicto existente entre la fabricación de motores de sofisticada tecnología y la reducción de los costos en el segmento de los coches pequeños y compactos.

### **Ambas partes se benefician.**

Las dos partes que cooperan en este proyecto han aportado los conocimientos técnicos y la experiencia que adquirieron con la fabricación de automóviles en grandes series y se benefician por igual de la cooperación. Ello significa que se trata de una cooperación en la que ambas partes aportaron sus más profundos conocimientos técnicos. El proyecto ha demostrado que es factible fabricar motores de bajo consumo y de avanzada tecnología para los segmentos automovilísticos inferiores.

Los dos fabricantes son competentes tanto en el sector del desarrollo de motores, como también en materia de procesos de fabricación en todo el mundo, circunstancia que fue provechosa para el proyecto.

PSA Peugeot Citroën fabricará los nuevos motores en su planta de Douvrin (Francia). La cantidad planificada es de 2.500 unidades diarias.

## 2.1 Se abre el telón para la nueva gama de motores.

Al concebir la nueva gama de motores, el equipo a cargo del proyecto se decidió en favor de dos variantes tecnológicas. Los motores derivados de estas variantes que son muy diferentes entre sí, lograrán definir un nuevo listón de referencia en sus segmentos por su tecnología y, también, por su dinamismo, economía y duración.

Los motores se distinguen por ser producto de una transferencia de conocimientos técnicos de ambos fabricantes, ya que se recurrió de modo consecuente al principio de BMW del dinamismo eficiente y, también, al principio de PSA Peugeot Citroën del bajo consumo. Los nuevos motores brillarán por su excepcional potencia, su elevado par motor aprovechable en un amplio margen de revoluciones y, al mismo tiempo, por su ejemplar bajo consumo y peso.

Los propulsores desarrollados en este proyecto de cooperación incluyen numerosas soluciones en detalles que provienen de los sofisticados motores de BMW, entre ellos, por ejemplo, la nueva generación de motores de gasolina de seis cilindros en línea.

Ejemplos de tecnologías aplicadas:

- Accionamiento plenamente variable de las válvulas
- Bomba de aceite controlada en función del caudal
- Accionamiento de los grupos secundarios con una sola correa
- Bobinas de encendido individuales
- Anillos de levas montados por contracción
- Balancines sobre rodillo, de peso optimizado
- Fabricación de la culata según método de fundición «lost foam»

Además, se aplican los siguientes nuevos conceptos y soluciones:

- Inyección directa de gasolina para aumentar la potencia
- Turbocompresor de gases de escape tipo Twin-Scroll
- Bomba de agua desconectable
- Sistema para tensar la correa Poly-V
- Utilización de materiales ligeros (entre otros, cárter del cigüeñal de aluminio, sistema de aspiración y tapa de la culata de material plástico)

### **Optimización del consumo y, a la vez, sorprendente potencia.**

Los primeros dos productos de este proyecto de cooperación serán un motor de gasolina de 1.600 cc con sistema de accionamiento plenamente variable de las válvulas y con una potencia de 85 kW y un par motor de 160 Nm. Una de las metas principales al desarrollar este motor atmosférico fue la consecución de una curva de par elevada y de amplia cresta y, al mismo tiempo, la obtención del motor más económico, limpio y ligero de su segmento.

### **Motor turbo de gran potencia y con inyección directa de gasolina.**

El segundo motor es un motor de gasolina de altas prestaciones, con inyección de gasolina directa, turbocompresor de gases de escape, 1.600 cc, 105 kW y un considerable par motor de 240 Nm. En este motor, la inyección directa de gasolina tiene principalmente la finalidad de combinar un rendimiento específico alto con bajo consumo. Además, con este tipo de inyección, el motor funciona más sedosamente y las emisiones de gases de escape son ejemplares. El compacto propulsor de cuatro cilindros se montará tanto en coches de carácter deportivo, pero también en modelos de PSA Peugeot Citroën correspondientes a los segmentos automovilísticos inferiores, sustituyendo a los motores atmosféricos de mayor cilindrada. Los motores de pequeña cilindrada con turbocompresor y mayor potencia consumen bastante menos que los motores atmosféricos de gran cilindrada.

Estos motores son los primeros de toda una gama que cubrirá un margen de potencia desde 55 kW/75 CV hasta 125 kW/170 CV.



## 2.2 Un nuevo listón de referencia gracias a la implementación de soluciones innovadoras.

El pliego de condiciones de este proyecto definió muy claramente las características que debe cumplir la nueva gama de motores. Sin reducir la potencia, el par motor y la sedosidad de su funcionamiento, los motores establecen un listón de referencia muy alto en materia de la curva del par, baja fricción y en el conjunto de su rendimiento.

El resultado es magnífico y ello se debe, entre otros, a las numerosas innovaciones y soluciones en detalles que, en su suma, consiguen que la nueva gama de modelos sea una nueva referencia en su segmento.

- **Accionamiento plenamente variable de las válvulas.**

Este sistema sin mariposa de estrangulación controla la potencia mediante una regulación continua de la carrera de las válvulas y el tiempo de abertura de las válvulas de admisión. Este control de la carga del motor no ocasiona pérdidas y disminuye el consumo, así como también reduce las emisiones de gases nocivos y consigue que el motor funcione más sedosamente y tenga una respuesta más espontánea.

- **Turbocompresor tipo Twin-Scroll.**

Los conductos de cada pareja de cilindros están separados en los colectores de escape y en el turbocompresor. Esta disposición tiene como consecuencia que el efecto de sobrecarga se produzca a tan sólo 1.400 r.p.m. y que el par motor esté disponible también a bajas revoluciones, igual que en un motor con compresor mecánico.

- **Inyección directa de gasolina.**

El sistema de inyección de gasolina de alta presión (120 bar) es, junto con el turbocompresor, la razón de la gran potencia específica, del bajo consumo y del bajo nivel de emisión de gases de escape nocivos del motor turbo.

- **Bomba de aceite regulada.**

El sistema de alimentación de aceite en función de las necesidades consigue que fluya sólo la cantidad de aceite realmente necesaria. La bomba de aceite regulada en función del caudal consume hasta 1,25 kW menos, dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor, y, además, reduce en hasta 1 por ciento el consumo de combustible.

- **Bomba de agua desconectable.**

La bomba de agua, accionada por un disco de fricción, sólo se conecta cuando el motor está caliente, lo que acelera el proceso de calentamiento del propulsor. Así se reduce el consumo y también mejora la calidad de los gases de escape.

- **Cárter del cigüeñal de aluminio con construcción tipo bedplate.**

El cárter es excepcional debido a su extraordinaria rigidez, a sus excelentes propiedades acústicas y gracias a la integración de numerosas funciones y diversos componentes.

- **Optimización de la fricción en los sistemas de accionamiento de las válvulas y del cigüeñal.**

Gracias a la configuración optimizada de los apoyos y debido a la remodelación de todos los elementos de accionamiento de las válvulas, ahora de fricción de rodadura, fue posible conseguir que las pérdidas debidas a la fricción sean las menores del segmento.

- **Conjunto óptimo.**

La integración de numerosas funciones y componentes en la culata y en el cárter del cigüeñal, permitió prescindir de componentes adosados, mejorar las condiciones acústicas, disminuir el peso y reducir las dimensiones. El sistema de accionamiento de los grupos secundarios mediante una sola correa contribuye esencialmente al diseño compacto del conjunto.

## 2.3 El motor básico: punto de partida para dos variantes tecnológicas muy diferentes.

Para desarrollar un motor exitoso es imprescindible disponer de una buena base que sirva de punto de partida. El motor básico utilizado en este caso, cumplió todos los requisitos necesarios para el desarrollo de ambas variantes tecnológicas.

La geometría de la nueva gama de motores es igual en muchos aspectos para facilitar su fabricación. Concretamente, la distancia entre los cilindros es, en todos los casos, de 84 mm, el diámetro de los cilindros es de 77 mm y la altura del cárter del cigüeñal es también el mismo, además de otras dimensiones. Además, los cilindros de los dos motores de 1.600 cc tienen una carrera de 85,5 mm y la cilindrada es de exactamente 1.568 cc.

### **Innovador cárter del cigüeñal, de propiedades ejemplares.**

La construcción de dos partes tipo «bedplate» del cárter del cigüeñal de aluminio, compuesta del bloque y del cuerpo de cojinetes, es de sofisticada tecnología que proviene del deporte de competición automovilística. Esta construcción, sumada a los nervios de refuerzo para obtener una rigidez mayor, marca un hito en la fabricación de motores de este segmento.

Adicionalmente, esta construcción explica también las excelentes cualidades acústicas del motor, más bien propias de una solución de fundición gris mucho más pesada, siendo las mejores entre los motores de aluminio. El cuerpo de cojinetes («bedplate» de aluminio), que acoge el cigüeñal, se une al bloque de cilindros mediante pernos. En la variante turbo del «bedplate» se incorporan mediante fundición inserciones de acero sinterizado para los cojinetes del cigüeñal, para soportar los mayores esfuerzos que supone el turbo. Además, las camisas de los cilindros de fundición gris terminan a ras con la junta de la culata («open liner»).

El cárter del cigüeñal cuenta con secciones abiertas para reducir las pérdidas de presión de la bomba, ocasionadas por el movimiento del cigüeñal.

### **Mejor calidad mediante la integración de funciones.**

La caja de la cadena, integrada en el cárter, tiene la ventaja que se puede prescindir de juntas planas adicionales y que todo el sistema de accionamiento por cadena puede incluirse durante la operación de montaje de modo sencillo en un módulo prefabricado.

También los alojamientos fundidos de los grupos secundarios, como el generador y el compresor del aire acondicionado, reducen la cantidad de componentes necesarios, por lo que se ahorra peso y tiempo al efectuar el montaje. Al mismo tiempo, esta integración mejora las cualidades acústicas y aumenta la rigidez de los elementos de montaje de los grupos secundarios.

### **Funcionamiento de baja fricción del cigüeñal para un consumo menor.**

Dado que la combinación de motor de cuatro cilindros y tracción delantera no ofrece problemas acústicos, suponiendo una configuración apropiada, el equipo encargado de este proyecto optó por un sistema sin árboles de compensación, ya que éstos habrían aumentado innecesariamente el peso.

Durante el trabajo de desarrollo se le concedió especial importancia a la reducción de las fricciones con el fin de reducir el consumo, y el resultado obtenido alcanza niveles hasta ahora desconocidos en este segmento.

Dado que el cigüeñal aporta buena parte de la fricción, se optó por la utilización de muñones relativamente pequeños, con diámetro de 45 milímetros. Para reducir el consumo de aceite y, por lo tanto, para reducir la pérdida de rendimiento por fricción, los semicojinetes se clasificaron en cinco categorías con el fin de limitar las holguras en el cojinete de bancada.

Una de las medidas adoptadas para reducir el peso de los motores consistió en la optimización del cigüeñal. Su rigidez se reduce de detrás hacia delante, lo que también redundará en un menor nivel de vibraciones.

El cigüeñal forjado del motor turbo cuenta con cuatro contrapesos y, adicionalmente, cuatro pesos de compensación más pequeños.

### **Mayor sedosidad mediante bielas trapezoidales de peso optimizado.**

Los ojos superiores de las bielas trapezoidales tienen una forma trapezoidal, vistas desde un costado. De esta manera, se estrechan hacia arriba, por lo que se ahorra peso en esta zona. Considerando velocidades medias de 18,5 m/s del movimiento de las bielas, cada gramo que se ahorra en estas masas contribuye a reducir el nivel de vibraciones.

El ojo de la biela trapezoidal está quebrado, es decir que durante su mecanizado se quiebra intencionadamente el ojo inferior a lo largo de una línea definida.

Los pistones del motor turbo con inyección directa de gasolina están provistos de cuatro rebajes para las válvulas y tienen un rebaje central en la cámara de combustión para la estratificación de la sobrecarga. Además, los pistones

están refrigerados por aceite inyectado con el fin de reducir los esfuerzos térmicos. Los pistones de los motores atmosféricos únicamente tienen los cuatro rebajes para las válvulas.

### **Alimentación de aceite según las necesidades, sin pérdidas de rendimiento.**

Estando equipados con bombas de aceite reguladas por el caudal, los nuevos motores son únicos en este segmento. La bomba de rueda dentada exterior, accionada por cadena, alimenta siempre la cantidad de aceite precisa en función de la presión de aceite. Por lo tanto, no es necesario un bypass para desviar el excedente de aceite. Gracias a esta alimentación de aceite optimizada según las necesidades en cada momento y, además, debido a que la bomba no funciona innecesariamente, consume hasta 160 vatios menos que las bombas convencionales, con lo que contribuye a reducir en 1 por ciento el consumo de gasolina según ciclo europeo. En el uso diario del coche, la disminución del consumo es incluso mayor, ya que a 6.000 r.p.m. se ahorran 1,25 kW.

Al elegir el filtro de aceite, los integrantes del equipo del proyecto optaron por una versión respetuosa del medio ambiente. Por ello, el filtro de aceite no es un cartucho de chapa difícil de reciclar por ser residuo tóxico, sino que es un cartucho insertable de papel, fácil de desabastecer, incluido en un cuerpo de aluminio con tapa de material plástico.

Considerando que los motores turbo se someten a un considerable esfuerzo térmico, se utiliza un intercambiador térmico aceite/agua, integrado en el cuerpo del filtro de aceite, para mantener la temperatura del aceite a niveles apropiados, incluso si el motor funciona a altas revoluciones. Además, el intercambiador también consigue que el líquido refrigerante del motor se caliente más rápidamente al arrancar el motor en frío, con lo que disminuyen el consumo y las emisiones de gases nocivos.

El llenado de aceite de baja viscosidad en fábrica es de 4,2 litros; al cambiar de aceite, se necesitan 3,7 litros.

### **La culata, el principal criterio de diferenciación.**

Las dos variantes tecnológicas del motor se diferencian, fundamentalmente, por la configuración de la culata y, también, por la preparación de la mezcla. Por ello, en este apartado, las similitudes entre los dos propulsores son pocas y se limitan a los dos árboles de levas, a las cuatro válvulas por cilindro con vástagos de diámetro de 5 milímetros, un muelle por válvula y una bujía por cilindro, dispuesta en posición vertical.

Gracias al gran ángulo de las válvulas fue posible diseñar una cámara de combustión óptima, de baja altura. Cambiando todos los elementos de transmisión mediante la utilización de balancines sobre rodillo, fue posible, además, reducir considerablemente la fricción.

La integración de numerosas otras funciones y componentes, entre ellos la varilla de medición de aceite, la bomba de vacío, la bomba de alta presión, el cuerpo del termostato y el silenciador de ruidos de admisión, permitió, adicionalmente, cumplir los estrictos requisitos que fueron definidos para todo el conjunto.

### **Métodos de fundición diferentes para las variantes de los motores.**

Las culatas se fabrican recurriendo a métodos de fundición diferentes. Mientras que la culata del motor de inyección directa se obtiene mediante el método de fundición de coquilla a baja presión, en el caso del motor atmosférico se utiliza el innovador método de fundición «lost-foam», empleado por primera vez en un motor de seis cilindros en la sección de fundición de metales ligeros de la planta de BMW en Landshut y que, entretanto, ha alcanzado la madurez necesaria para la fabricación de motores en serie. Dado que las culatas se fabrican en una planta de PSA Peugeot Citroën, BMW apoyó a la empresa francesa, aportando sus conocimientos técnicos en la materia con el fin de utilizarlos en la fabricación de grandes series de motores. Ambos métodos son muy apropiados para formar de modo óptimo los sofisticados espacios interiores, incluyendo los espacios huecos de los conductos de los circuitos de aire, agua y aceite.

A diferencia de los métodos de fundición convencionales, la fundición tipo «lost-foam» es un método de molde positivo que, además, permite reducir el peso de la pieza. Al aplicar este método se utiliza un modelo de la culata de poliestireno que se recubre de una capa de cerámica. El conjunto se introduce en un lecho de arena mediante vibración hasta que queda completamente sumergido, exceptuando únicamente un conducto para la fundición. En este conducto se introduce el aluminio líquido durante el proceso de fundición. Este aluminio fundido rellena todos los espacios ocupados por el poliestireno y, por lo tanto, adquiere la forma de la culata. Gracias a la gran precisión de este método de fundición, es posible integrar en la culata los conductos más finos, incluyendo los taladros para el paso del aceite, los conductos de retorno y los canales tipo «blow-by». De esta manera puede prescindirse de numerosos ciclos de fabricación de mecanizado posterior.

### **Un conjunto ideal mediante accionamiento por una sola correa.**

Considerando todo el conjunto, una de las metas del trabajo de desarrollo consistió en conseguir que el motor sea lo más corto y compacto posible. Por ello, se utiliza una sola correa Poly-V para el accionamiento del alternador y del compresor del sistema de aire acondicionado. La correa se tensa recurriendo a un brazo tensor con muelle torsional. Fue posible renunciar a una segunda correa porque el accionamiento de la bomba del líquido refrigerante está a cargo de un disco de fricción, con lo que el motor es el tetracilíndrico más corto de su segmento.

### **Ingeniosa gestión térmica mediante bomba de agua desconectable.**

La regulación del bombeo de la cantidad de líquido refrigerante necesaria en todo momento es una de las muchas medidas adoptadas con la finalidad de reducir el consumo. Entre la rueda de la bomba de agua y la polea de la correa del cigüeñal se encuentra un disco de fricción sujeto a un brazo de soporte. Mediante un engranaje excéntrico accionado eléctricamente, es posible modificar la posición del disco de fricción, con lo que puede desconectarse la bomba de agua cuando el motor está frío, con lo que éste alcanza su temperatura de funcionamiento más rápidamente.

Para reducir la energía necesaria para el accionamiento de la bomba y, además, con el fin de acelerar el proceso de calentamiento del motor, únicamente se bombea líquido refrigerante cuando el motor ya está caliente. Cuando el motor tiene la temperatura de funcionamiento apropiada, el termostato, controlado por la electrónica del motor, se ocupa de regular la temperatura del líquido refrigerante, consiguiendo que el consumo sea óptimo en función de las condiciones de funcionamiento del motor.

### **Gama de motores de mantenimiento sencillo.**

En el pliego de condiciones también previó la reparación y el mantenimiento sencillos de los motores. Por ello, los intervalos de cambio de aceite son de aproximadamente 30.000 kilómetros, según la utilización del vehículo. Las bujías y el filtro de aire tienen que sustituirse tras unos 60.000 kilómetros. El sistema de accionamiento de los árboles de levas mediante cadena de distribución no solamente es preciso y fiable, sino que también está exento de mantenimiento durante toda la vida útil del motor. Gracias al sistema hidráulico de compensación automática de la holgura de las válvulas, tampoco hay que efectuar trabajos de mantenimiento en el sistema de accionamiento de las válvulas.

## **2.4 Motor atmosférico con accionamiento plenamente variable de las válvulas: el mejor de su segmento en todas las disciplinas.**

El motor atmosférico tiene una compresión de 11:1, su potencia es de 85 kW/115 CV a 5.700 r.p.m. y su régimen nominal máximo es de 6.500 r.p.m. El motor de cuatro cilindros tiene una cilindrada de 1.600 cc y a partir de 2.000 r.p.m. y hasta 4.250 r.p.m. tiene un par motor de 140 Nm, siendo el par motor máximo de 160 Nm. Gracias al amplio margen de revoluciones con elevado par, el compacto propulsor es capaz de combinar el placer de conducir con un bajo nivel de consumo.

El sistema de accionamiento plenamente variable de las válvulas y, además, las numerosas medidas adoptadas, empezando por las bombas de aceite y de agua reguladas y llegando hasta la minimización de las pérdidas ocasionadas por fricción, logran que el motor atmosférico sea uno de los propulsores más eficientes en comparación con los motores de la competencia, incluyendo los de inyección directa de gasolina.

### **Menos consumo y más dinamismo gracias al sistema de accionamiento plenamente variable de las válvulas.**

El sistema de accionamiento plenamente variable de las válvulas funciona según el principio del control de la carga sin estrangulación, y regula la potencia del motor regulando de modo continuo la carrera de las válvulas y el tiempo de abertura de las válvulas de admisión. Esta tecnología, producto de la VALVETRONIC del BMW Group, permite reducir ejemplarmente el consumo y alcanzar valores máximos en materia de dinamismo.

En los motores de gasolina convencionales, la potencia se regula mediante una mariposa. Especialmente funcionando a media carga, el motor tiene que aspirar aire fresco superando la resistencia que ofrece la mariposa cerrada parcial o completamente, lo que redundará en pérdidas de potencia y, además, en un mayor consumo de combustible.

Con el innovador sistema de regulación de las válvulas, se prescinde de la mariposa y se regulan la carrera de las válvulas y la duración de la abertura de las válvulas de admisión en función de la posición del pedal del acelerador. Este sistema de regulación de la carga del motor funciona casi sin pérdidas y, además, reduce el consumo, disminuye las emisiones de gases contaminantes y consigue que el motor funcione más sedosamente y que tenga una respuesta más espontánea.



### **¿Cómo funciona el innovador sistema de regulación de las válvulas?**

Esta revolucionaria tecnología del motor se basa en la variación del ángulo de los árboles de levas. Girando los árboles de levas, es posible regular de modo continuo el momento de abertura y de cierre de las válvulas. Pero de este modo sólo se puede regular la potencia del motor hasta cierto punto. Esa regulación está principalmente a cargo del control variable de la carrera de las válvulas, pudiéndose así, al mismo tiempo, regular de modo continuo la sección y duración de la abertura de las válvulas de admisión.

En estas condiciones, el árbol de levas ya no actúa directamente sobre la palanca de arrastre que actúa sobre la válvula; más bien actúa sobre una palanca intermedia. Esta palanca lleva en el centro un rodillo sobre el que avanza la leva. El extremo inferior de esta palanca se apoya sobre el rodillo de la palanca de arrastre, mientras que su centro se apoya sobre un segundo rodillo montado en un árbol excéntrico.

Cuando gira el árbol de levas, la palanca intermedia ejecuta un movimiento basculante. El punto de giro de la palanca desviadora determina cuándo y dónde actúa la palanca intermedia. El árbol excéntrico, accionado por un motor eléctrico, modifica ese punto de giro y, por lo tanto, regula de modo continuo la carrera de las levas y, por tanto, modifica la carrera de las válvulas dentro de un margen de 0,2 hasta 9,5 milímetros.

El motor eléctrico que está montado directamente en la culata y que regula el árbol excéntrico mediante un engranaje helicoidal, mueve la palanca desde carrera mínima hasta carrera máxima en tan sólo 300 milésimas de segundo. En ese mismo tiempo también se gira el árbol de levas de admisión en hasta 70 grados y el de escape en hasta 60 grados. Para conseguir estas altísimas velocidades de regulación, el sistema es controlado mediante un procesador de alto rendimiento de 32 bit que está incluido en la red de control del motor.

### **Reducción factible del consumo de hasta 20 por ciento.**

Con el sistema de accionamiento variable de las válvulas, es posible reducir el consumo de gasolina en hasta un 20 por ciento, dependiendo del ciclo de conducción elegido. Aplicando el ciclo UE, el ahorro es de aproximadamente nueve por ciento. Esta innovadora tecnología, que con este motor atmosférico también debuta en el segmento de los coches pequeños y compactos, funciona independientemente de la calidad del combustible y del aceite y tampoco depende de la utilización de combustible sin azufre. Por ello, puede utilizarse en todos los mercados del mundo. No obstante, tanto el BMW Group como también PSA Peugeot Citroën abogan por una constante mejora de la calidad de los combustibles, especialmente la utilización de combustible sin azufre.

### **Técnicas de fabricación mecánicas de máxima precisión.**

El sistema de regulación de las válvulas exige la utilización de una tecnología de fabricación muy sofisticada. Por ejemplo, el perfil de la palanca intermedia, que determina la carrera, tiene que lijarse con una precisión de ocho milésimas de milímetro.

Los anillos de levas de acero inoxidable altamente resistente de ambos motores se fijan por contracción sobre un árbol fundido y, a continuación, se procede a su mecanizado. En el último repaso de lijado fino es necesaria una precisión de  $1\mu$  ( $1/1.000$  mm). El árbol excéntrico también se produce por primera vez aplicando este mismo método con el fin de reducir peso y, también en este caso, la tolerancia es de milésimas de milímetro.

### **Combustión óptima y ejemplar nivel de emisiones de gases de escape.**

Una bomba eléctrica impulsa el combustible hacia el distribuidor de material plástico en el que se encuentran las cuatro válvulas de inyección. La cantidad de inyección óptima se regula considerando numerosos parámetros que procesa la unidad de control del motor; el combustible se inyecta con una presión de aproximadamente cinco bar al canal de admisión.

Las bobinas de encendido de cada una de las bujías, también controladas de modo individual por la electrónica del motor, se ocupan de una tensión de encendido óptima. El sensor de autodetonación vigila el proceso de combustión dentro de las cámaras de combustión y, si procede, retrocede la chispa. Esta regulación permite el uso de combustibles de diversa calidad, es decir, entre 91 y 98 octanos.

Inmediatamente detrás del colector se encuentra el catalizador de cerámica con dos sondas lambda.

### **Grupos secundarios.**

Si bien el motor con sistema de regulación plenamente variable de las válvulas sigue disponiendo de una mariposa, únicamente se ocupa del funcionamiento de emergencia y se utiliza para funciones de diagnóstico. Mientras el motor funciona normalmente, la mariposa siempre está completamente abierta. Una bomba de vacío adicional, montada en la parte posterior del árbol de levas de escape, genera la depresión necesaria para el servofreno.

Para aumentar el nivel de seguridad, los componentes periféricos montados en zonas de relevancia en caso de accidente, han sido concebidos de tal manera que absorben energía o se destruyen en caso de un impacto antes que invadan el habitáculo.

## 2.5 El propulsor de prestaciones excepcionales: Motor turbo con inyección directa.

El motor de inyección directa de gasolina con turbocompresor combina el par de un motor diesel con las ventajas de un moderno motor de gasolina. A apenas 1.400 r.p.m. ya se dispone del par motor máximo de 240 Nm, que se mantiene casi constante hasta las 4.000 r.p.m. De esta manera, el coche tiene una gran capacidad de recuperación desde revoluciones muy bajas y, además, su respuesta es inmediata, con lo que es un placer conducirlo. A ello se suma la considerable potencia nominal de 105 kW a 5.500 r.p.m., con lo que brilla por sus prestaciones deportivas.

### **La culata con sistema convencional de accionamiento de las válvulas.**

A diferencia del motor atmosférico, la culata del tetracilíndrico con turbo tiene un sistema convencional de accionamiento de las válvulas con dos árboles de levas en cabeza, balancines sobre rodillo de mínima fricción y elementos hidráulicos de compensación de holguras de las válvulas. Además, cuenta con un mecanismo de las válvulas adaptado a las altas revoluciones del motor. Concretamente, los vástagos de las válvulas sólo tienen un diámetro de 5 milímetros; los vástagos huecos de las válvulas de escape están rellenos de sodio. La función de cierre está a cargo de un muelle.

La variación del ángulo del árbol de levas de admisión permite obtener una potencia y un par motor óptimos y, al mismo tiempo, mínimos valores de consumo y de emisiones.

### **Inyección directa de gasolina para un rendimiento máximo.**

La bomba de alta presión de dos émbolos, accionada mecánicamente, se encuentra en el extremo posterior del árbol de levas de admisión. Esta bomba alimenta la gasolina a las válvulas de inyección a través de un distribuidor de acero inoxidable. Las válvulas de alta presión inyectan lateralmente la gasolina directamente a las cámaras de combustión a una presión máxima de 120 bar. Dentro de la cámara de combustión, la mezcla es homogénea ( $\lambda = 1,0$ ).

El motor turbo tiene una compresión de 10,5:1, un valor relativamente alto tratándose de un motor turbo de gasolina. Por ello, un sensor de autodetonación controla el proceso de combustión y, en caso necesario, corrige la chispa y la sobrepresión.

### **Ausencia del «hueco del turbo» gracias a la sofisticada tecnología «twin-scroll» del turbo.**

El propulsor de inyección directa de la nueva gama de motores es el primero de su segmento con turbocompresor tipo «twin-scroll». En el colector de escape y en la unidad turbo hay dos canales separados entre sí, cada uno correspondiente a una pareja de cilindros. Esta tecnología redundante en una disminución de la contrapresión de gases de escape a bajas revoluciones, con lo que se puede aprovechar mejor el dinamismo de las columnas de gas pulsantes en el colector. El consumo es inferior y la turbina recibe un impulso adicional, por lo que el turbocompresor gira más pronto. Este efecto se percibe con claridad, ya que el efecto turbo actúa a partir de apenas unas 1.400 r.p.m.. El «hueco del turbo» tan común en otros motores, se evita casi completamente y, además, el par motor aumenta casi tan rápidamente como en un motor con compresor mecánico.

El flujo de los gases de escape acelera la turbina hasta que gira a 220.000 r.p.m. Al mismo tiempo, el compresor que está montado sobre el mismo eje, comprime el aire fresco. Una válvula de escape («wastegate») con función antirretorno vela por que la presión no supere, como máximo, 0,8 bar. Adicionalmente, una válvula de descarga regula la presión en el sistema cuando el coche se encuentra en fase de deceleración. Para aumentar el grado de llenado, el aire fresco comprimido se enfría en un intercooler, antes de entrar en la cámara de combustión. El intercooler se monta en lugares diferentes, según el modelo del coche.

La temperatura máxima de los gases de escape se controla a través de la electrónica del motor y no supera los 950 °C. Para impedir una acumulación de calor tras apagar el motor y evitar los correspondientes daños del turbocompresor enfriado por aceite y agua, se conecta una bomba de agua eléctrica adicional. De esta manera se evacua el excedente de calor.

### 3. Hoja de datos.

#### El motor de gasolina de cuatro cilindros con sistema de accionamiento plenamente variable de las válvulas (85 kW).

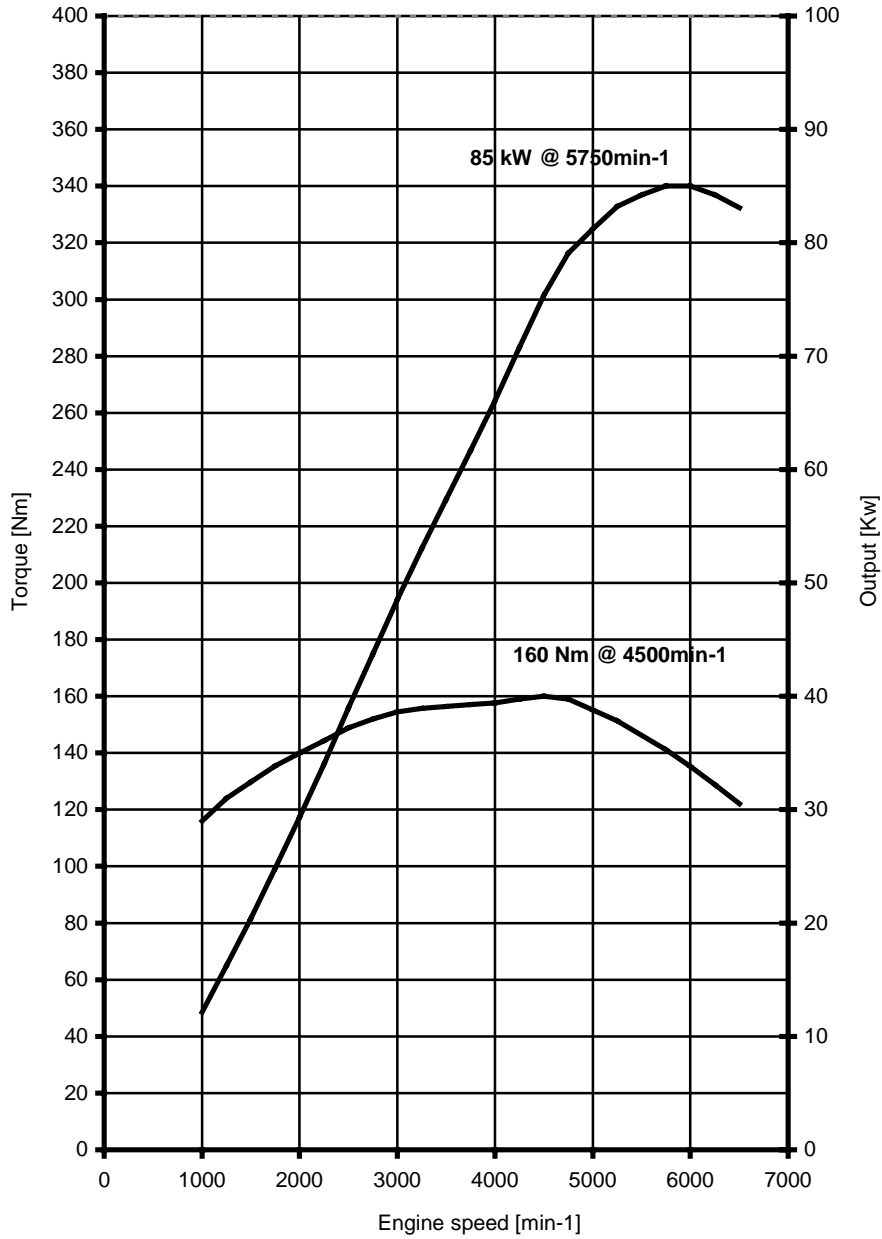
Tipo	-	Cuatro cilindros en línea
Potencia máxima	kW/CV	85/115 a 5.700 r.p.m.
Par máximo	Nm	160 a 4.250 r.p.m.
Sistema de combustión	-	Motor atmosférico/ $\lambda = 1,0$ /Control de la carga mediante accionamiento plenamente variable de las válvulas
Cilindrada real	cc	1 598
Relación de compresión	-	11,0:1
Diámetro/Carrera	mm	77/85,8
Material del cárter del cigüeñal	-	Aluminio; camisas de los cilindros de fundición gris
Distancia entre cilindros	mm	84
Largo del cárter del cigüeñal		420
Altura del cárter del cigüeñal		210
Bielas	mm	Ojos de bielas quebrados; bielas trapezoidales
Árboles de levas	-	2 árboles de levas montados por contracción, accionados por cadena
Regulación de los árboles de levas	-	Regulación hidráulica variable continua del árbol de levas de admisión y del árbol de levas de escape
Accionamiento de las válvulas		Balancines sobre rodillo; compensación hidráulica de la holgura de las válvulas
Carrera de las válvulas de admisión/escape	mm	0,2-9,5/8,5
Válvulas por cilindro		4
Peso del motor según norma del BMW Group	kg	114
Unidad de control del motor/Preparación de la mezcla/Encendido	-	Unidad de control digital del motor con control integrado de las válvulas/Inyección secuencial multipunto en el tubo de admisión/Bobinas de encendido individuales/Sensor de autodetonación
Combustible	ROZ	91-98 (potencia máxima con gasolina de 98 octanos)
Nivel certificado de emisiones	-	UE4/ULEV II
Sistema de escape	-	Colector en abanico con catalizador principal de 3 vías montado cerca del motor
Refrigeración		Bomba mecánica de líquido refrigerante desconectable; temperatura del líquido refrigerante regulada por mapa característico

## El motor de gasolina de cuatro cilindros con turbocompresor e inyección directa (105 kW).

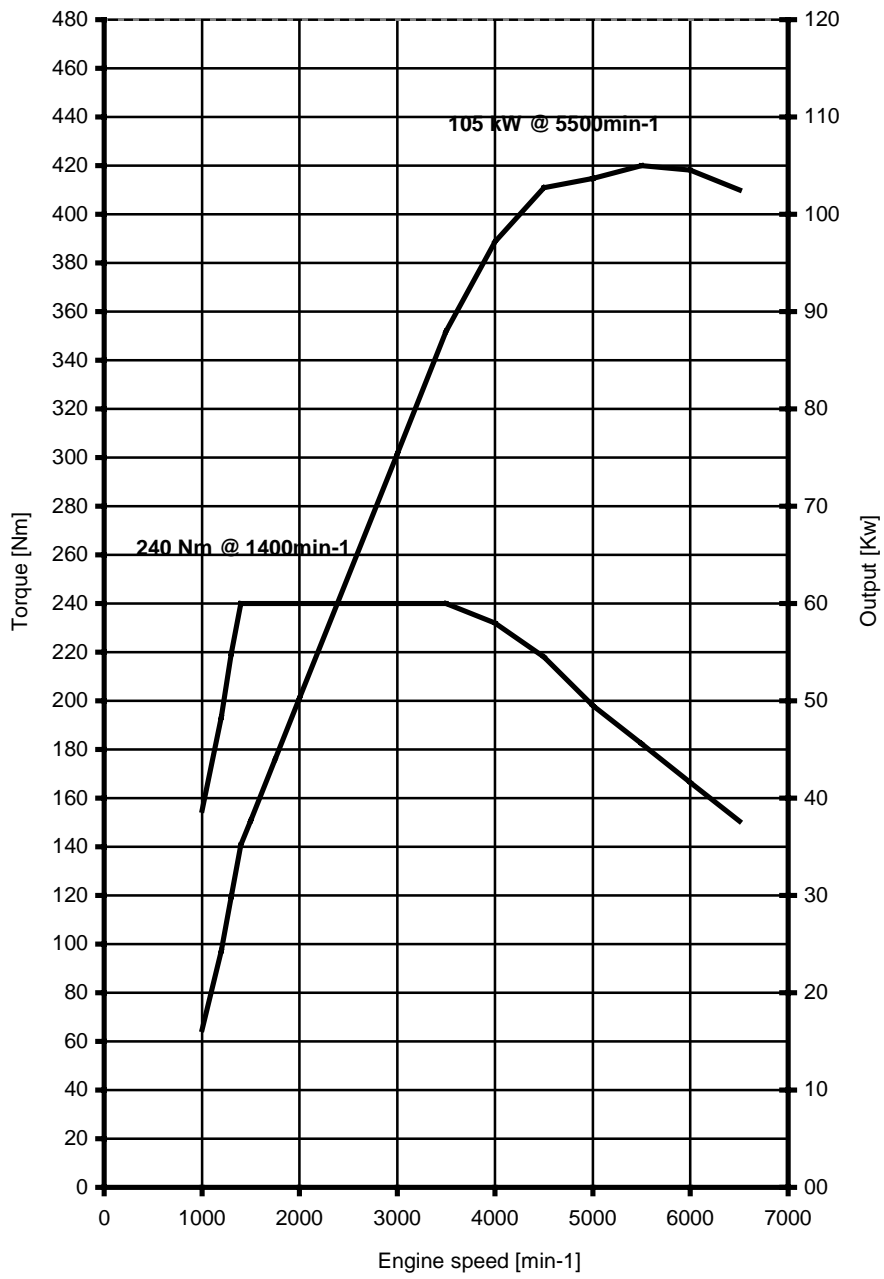
Tipo	-	Cuatro cilindros en línea
Potencia máxima	kW/CV	105/143 a 5.500 r.p.m.
Par máximo	Nm	240 a 1.400-4.000 r.p.m.
Sistema de combustión	-	Motor turbo de gasolina con inyección directa/ $\lambda = 1,0$ /Turbocompresor tipo twin-scroll
Sobrepresión máxima del turbo	bar	0,8
Cilindrada real	cc	1.598
Relación de compresión	-	10,5:1
Diámetro/Carrera	mm	77/85,8
Material del cárter del cigüeñal	-	Aluminio con insertos de acero sinterizado; camisas de los cilindros de fundición gris
Distancia entre cilindros	mm	84
Largo del cárter del cigüeñal		420
Altura del cárter del cigüeñal		210
Bielas	mm	Ojos de bielas quebrados; bielas trapezoidales
Árboles de levas	-	2 árboles de levas montados por contracción, accionados por cadena
Regulación de los árboles de levas	-	Regulación hidráulica variable continua del árbol de levas de admisión
Accionamiento de las válvulas		Balancines sobre rodillo; compensación hidráulica de la holgura de las válvulas
Carrera de las válvulas de admisión/escape	mm	9,0/9,0
Válvulas por cilindro		4
Peso del motor según norma del BMW Group	kg	130
Unidad de control del motor/Preparación de la mezcla/Encendido	-	Unidad de control digital del motor/Inyección directa secuencial de alta presión / Bobinas de encendido individuales/Sensor de autodetonación
Presión de inyección	bar	120
Combustible	ROZ	91-98 (potencia máxima con gasolina de 98 octanos)
Nivel certificado de emisiones	-	UE4/ULEV II
Sistema de escape	-	Colector de fundición gris con catalizador principal de 3 vías montado cerca del motor
Refrigeración		Bomba mecánica de líquido refrigerante desconectable; temperatura del líquido refrigerante regulada por mapa característico

## 4. Diagramas de par motor y potencia.

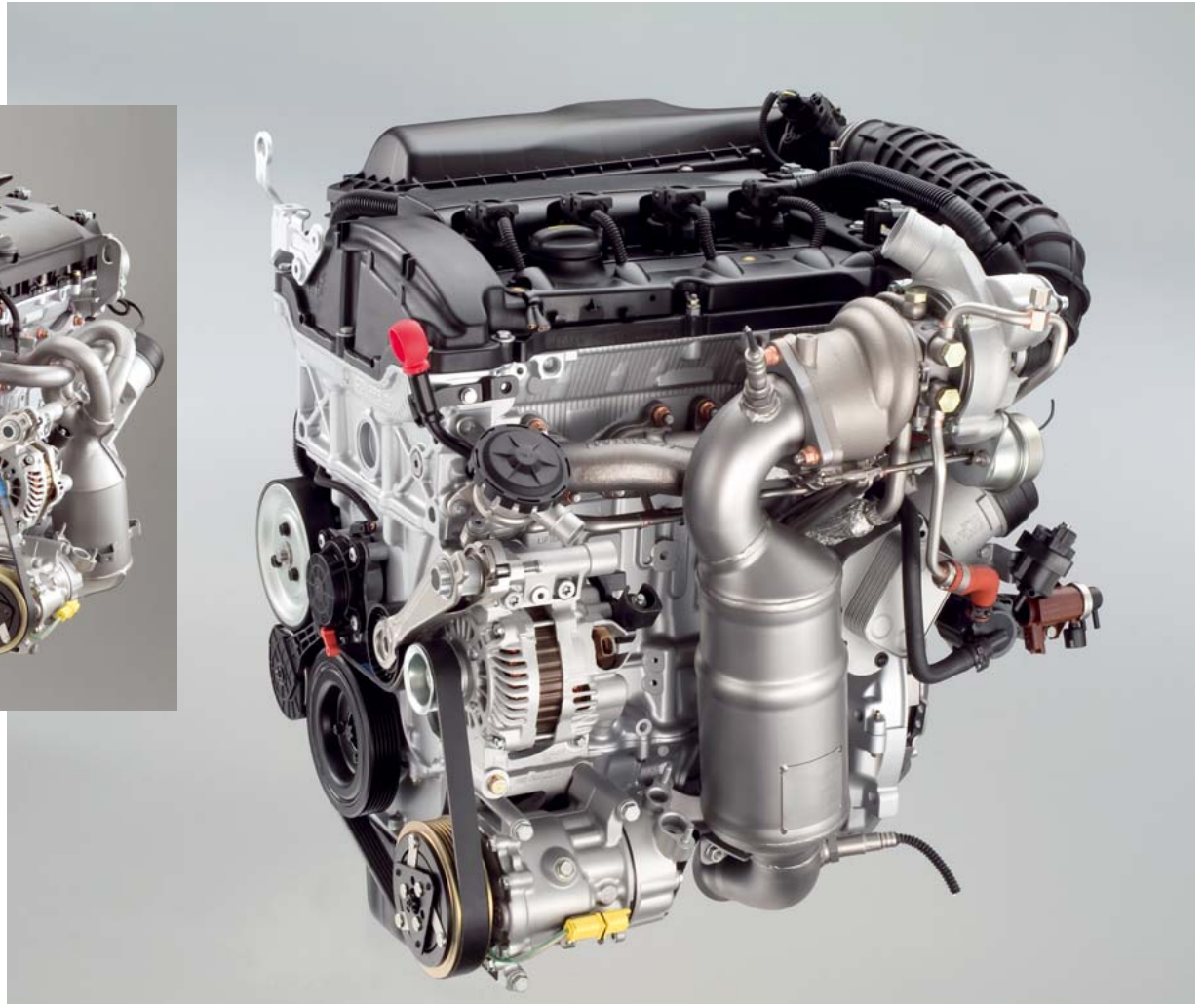
**El motor de gasolina de cuatro cilindros con accionamiento plenamente variable de las válvulas (85 kW).**



### El motor de gasolina de cuatro cilindros con turbocompresor e inyección directa (105 kW).







## Media Information

**Los motores de gasolina  
del proyecto de cooperación entre  
BMW Group y PSA Peugeot Citroën.**