

# El nuevo motor V8 para el BMW M3. Índice.



<b>El nuevo motor V8 para el BMW M3.</b>	
Datos resumidos. ....	2
<b>Más, en todos los sentidos:</b>	
<b>El nuevo motor V8 para el nuevo BMW M3.</b>	
(Versión resumida) .....	4
(Versión completa) .....	9
<b>Datos técnicos. ....</b>	<b>23</b>
<b>Diagrama de potencia y par motor. ....</b>	<b>24</b>

## El nuevo motor V8 para el BMW M3. Datos resumidos.



- Primer motor de ocho cilindros para el deportivo BMW M3.
- Impresionante potencia de 309 kW/420 CV de este motor de 4.000 cc.
- Par máximo de 400 Nm a 3.900 r.p.m. 85 por ciento del par máximo disponible en un margen de 6.500 r.p.m.
- Gran capacidad de aceleración gracias la aplicación consecuente del concepto de motor de altas revoluciones. Revoluciones máximas: 8.300 r.p.m.
- Utilización consecuente de materiales ligeros en el motor y en los grupos secundarios. El nuevo motor V8 es uno de los propulsores de ocho cilindros más livianos del mundo. Peso inferior al del motor de seis cilindros en línea del modelo anterior.
- Sistema de regulación variable de los árboles de levas, doble VANOS de baja presión para optimizar los cambios de carga, potencia máxima disponible con presión normal de aceite del motor.
- Ocho mariposas individuales para obtener una respuesta más rápida del motor.
- Alimentación fiable del aceite con aceleraciones longitudinales y laterales de hasta 1,4g, gracias a la utilización de dos bombas de aceite y lubricación de cárter húmedo para optimizar sus características dinámicas.
- Sistema de gases de escape concebido para optimizar los cambios de carga y, además, componentes de peso y funcionamiento optimizados mediante método de conformado por aplicación de alta presión interior. La emisión de gases cumple las normas UE 4 y LEV 2.
- Unidad mejorada de control del motor MSS60, para una coordinación óptima de todas las funciones del motor a través de varias unidades de control del coche.

- Tecnología de flujo iónico para detectar y diferenciar detonación, fallos de encendido y fallos de combustión mediante la medición del flujo de iones en las cámaras de combustión.
- Sistema de recuperación de energía de frenado (Brake Energy Regeneration) con regulación inteligente del alternador.

# Más, en todos los sentidos: El nuevo motor V8 para el BMW M3. (Versión resumida)



Su nombre es sinónimo del placer más intenso de conducir: BMW M3. La nueva versión del coche de altas prestaciones con más éxito de BMW M GmbH vuelve a ponerlo de manifiesto, aunque con mayor intensidad. Y, además, disipa la duda que posiblemente tenían los amantes de los coches deportivos en cuanto a la posibilidad de mejorar este modelo. El nuevo BMW M3 es más en todos los sentidos. No solo, pero sí especialmente por su nuevo motor. Tras 15 años y dos generaciones de modelos, ahora el brillante motor de seis cilindros ha encontrado un digno sucesor. El nuevo BMW M3 lleva un motor de ocho cilindros: más cilindros, más cilindrada, más potencia, revoluciones más altas. Y no cabe duda alguna de que será motivo de más entusiasmo.

El listón de referencia que ha tenido que superar el nuevo propulsor era muy alto. El motor de seis cilindros en línea y 3.200 cc había conseguido ser famoso mundialmente y también obtuvo numerosos premios. Varias veces consiguió la distinción «Engine of the Year». La última versión tiene 252 kW/343 CV, con la que el BMW M3 no solamente fue lo mejor de lo mejor en su segmento de coches deportivos de altas prestaciones, sino también consiguió ser un éxito de ventas. A pesar de ello, todo llega alguna vez a su fin. El propulsor de seis cilindros en línea abandona ahora el escenario. Y aparece el V8 que se montará en el nuevo BMW M3.

Los datos técnicos de este propulsor de altas prestaciones confirman el enorme progreso que implica este cambio. Su cilindrada es de 3.999 cc y su potencia es de 309 kW/420 CV. El par máximo de 400 Nm es tan impresionante como sus revoluciones máximas, 8.300 r.p.m. Desde el mismo momento de su lanzamiento al mercado, el nuevo BMW M3 ocupa el primer puesto gracias a sus impresionantes prestaciones.

## **Medidas ideales para un rendimiento óptimo.**

Con un volumen de 500 cc en cada cilindro, el nuevo propulsor V8 cumple los requisitos fundamentales de cualquier ingeniero exigente a cargo del diseño de motores de altas prestaciones. Y también los demás criterios se cumplen óptimamente, empezando por las dimensiones y volúmenes de llenado, pasando por la cantidad de piezas y llegando hasta el peso.

Además, el motor de ocho cilindros dispone de las cualidades específicas de M y que también distinguen a los motores destinados a los BMW fabricados en series más numerosas, como doble VANOS, mariposas individuales y un sistema de electrónica del motor de alto rendimiento. Además, la cantidad de cilindros, el alto nivel de revoluciones, típico en los motores M, y el bajo peso indican con toda claridad que los ingenieros a cargo del desarrollo del nuevo motor se inspiraron en el motor de ocho cilindros de los bólidos del BMW Sauber F1 Team. Las similitudes entre el motor actual de la marca, utilizado en la Fórmula 1, y el motor destinado al BMW M3 son numerosas. Concretamente, comparten diversos principios tecnológicos fundamentales, el método de fabricación y, también, el uso de los mismos materiales.

La potencia específica del nuevo V8 supera el límite de los 100 CV por cada 1.000 cc, considerado el listón de referencia que deben superar los motores de carácter francamente deportivo. Pero la potencia no lo es todo. La percepción de la conducción dinámica tiene que ver fundamentalmente de la capacidad de aceleración, un factor que depende del peso del coche y de la capacidad de impulsión del motor. La fuerza de impulsión puesta en las ruedas motrices es el resultado del par motor y de las relaciones de la caja de cambios. El sistema de altas revoluciones de los motores M permite la definición de relaciones óptimas de las marchas y del diferencial, obteniéndose así una impresionante capacidad de aceleración. Los ingenieros lograron alcanzar una nueva dimensión en relación con las revoluciones máximas del motor del nuevo BMW M3. El propulsor de ocho cilindros gira hasta 8.300 vueltas. El otro factor determinante para la fuerza de impulsión es el par motor del V8, que es de 400 Nm a 3.900 r.p.m. Aproximadamente un 85 por ciento del par máximo está disponible en un enorme margen de 6.500 r.p.m. Apenas a 2.000 vueltas ya se dispone de 340 Nm.

### **Altas revoluciones, bajo peso.**

La masa inhibe la aceleración. Por ello, el V8 pesa tan sólo 202 kilogramos: todo un peso ligero. Incluso en comparación con el motor de seis cilindros del modelo anterior, pesa 15 kilogramos menos. Ello significa que fue posible compensar con creces el peso adicional de los dos cilindros adicionales. A ello se suma la circunstancia de que el sistema de altas revoluciones permite instalar, en principio, un conjunto propulsor más liviano y relaciones muy cortas de las marchas.

A pesar de todo, al aumentar las revoluciones se acercan los límites que dicta la física. A 8.300 vueltas del cigüeñal por minuto, cada pistón tiene que recorrer por segundo una distancia de 20 metros. En estas condiciones, los esfuerzos que deben soportar los materiales son enormes. Ésta es una de las razones por las que los ingenieros le concedieron especial importancia a la minimización de las masas móviles del nuevo motor de ocho cilindros.

### **Bloque fabricado en la fundición de motores de Fórmula 1 de BMW.**

El bloque del nuevo motor de ocho cilindros proviene de la fundición de metal ligero que tiene BMW en su planta de Landshut, es decir, de la misma fundición que se utiliza para los motores de los bólidos de la Fórmula 1. El bloque de cilindros está compuesto de una aleación especial de aluminio y silicio. En vez de camisas convencionales se utilizan cristales de silicio, especialmente duros. Los pistones recubiertos de acero se mueven directamente sobre estas superficies bruñidas y no recubiertas.

Las altas revoluciones, las presiones originadas durante el proceso de combustión y las altas temperaturas significan un esfuerzo considerable para el bloque. Por ello, se ha diseñado un cárter superior sumamente compacto y rígido a la torsión, lo que garantiza un apoyo muy preciso del cigüeñal. También el cigüeñal forjado y relativamente corto es extremadamente resistente a la flexión y a los movimientos torsionales. Aún así, su peso es de apenas 20 kilogramos.

### **Doble VANOS de baja presión.**

El sistema doble VANOS de regulación variable extremadamente rápida de los árboles de levas optimiza los cambios de sollicitación. Este sistema reduce las pérdidas por cambios de carga y, por lo tanto, mejora la potencia, el par y la capacidad de respuesta del motor, además de reducir el consumo y la emisión de gases contaminantes. El sistema M de doble VANOS de baja presión funciona con la presión normal del aceite, lo que redundará en tiempos de regulación mínimos. El ángulo óptimo de las válvulas está sincronizado con el punto de encendido y la cantidad inyectada en función de la carga y de las revoluciones del motor.

### **Alimentación fiable del aceite, también en condiciones dinámicas extremas.**

Dos bombas rotativas de caudal variable alimentan el aceite lubricante al motor de ocho cilindros. En todo momento fluye exactamente la cantidad de aceite que necesita el motor. La lubricación con cárter húmedo de dinamismo optimizado garantiza una lubricación fiable en cualquier situación, también al frenar con fuerza. El sistema cuenta con dos cárteres de aceite: uno pequeño delante del soporte del eje delantero y otro grande detrás. Una bomba de reflujo aspira el aceite contenido en el cárter delantero y lo transporta hacia el cárter posterior.

### **Ocho mariposas individuales, reguladas electrónicamente.**

Las mariposas individuales para cada cilindro, un método utilizado en la competición automovilística, es un sistema insuperable si desea que el motor tenga una respuesta inmediata. El nuevo propulsor del BMW M3 dispone de ocho mariposas individuales. Dos motores de posicionamiento regulan la

posición de las cuatro mariposas correspondientes a cada bloque de cilindros. La regulación se hace electrónicamente, por lo que es muy rápida. De esta manera, el motor reacciona de modo muy preciso a bajas revoluciones y así la respuesta es inmediata al acelerar a fondo.

### **Flujo optimizado de la admisión de aire.**

Las mariposas de los conductos de admisión se encuentran muy cerca de las válvulas de admisión, para lograr un mejor comportamiento dinámico. También la longitud y el diámetro de las trompetas de admisión favorecen la carga de los tubos de resonancia. Para optimizar el peso, las trompetas y los colectores son de un material compuesto muy ligero, que contiene un 30 por ciento de fibra de vidrio.

### **Innovador sistema de escape.**

La configuración del sistema de escape del nuevo motor V8 logra optimizar los cambios de carga en favor de una máxima potencia y par motor. También en el escape se utilizan materiales ligeros de modo consecuente.

Los tubos de escape se fabrican aplicando el método de conformación interior por alta presión. Con este sistema, los tubos de acero inoxidable se conforman desde el interior aplicando una presión de hasta 800 bar. Así se obtienen tubos extremadamente delgados de paredes de apenas 0,65 hasta 1,0 milímetros. Por ello, la resistencia aerodinámica, el peso y la respuesta de los catalizadores son óptimos. Cuatro catalizadores se encargan de purificar los gases de escape. El motor cumple la norma europea UE 4 y, también, las especificaciones correspondientes a la clasificación estadounidense LEV 2.

### **Mayor rendimiento de la unidad de control del motor.**

La unidad de control del motor V8 también es nueva. Esta unidad coordina de modo óptimo todas las funciones del motor. Por ejemplo, recurriendo a más de 50 señales, regula para cada cilindro y para cada ciclo el punto de encendido ideal, el llenado perfecto, la cantidad inyectada más apropiada y, además, el momento de inyección más oportuno. Al mismo tiempo, calcula el ángulo óptimo del árbol de levas y la mejor posición de las ocho mariposas individuales. Además, la unidad de control regula las funciones específicas de M, entre ellas el embrague, la caja de cambios, la dirección y los frenos.

Finalmente, la unidad de control del motor también se ocupa de numerosas funciones de diagnóstico de a bordo, ejecutando varias rutinas de diagnóstico para el taller, además de hacerse cargo de otras funciones y del control de las unidades periféricas.

### **La guinda del sistema de control del motor: la tecnología de flujo iónico.**

Una de las tecnologías destacadas del sistema de control del motor es la tecnología de flujo de iones, utilizada para detectar la detonación, así como fallos de encendido y de combustión. A diferencia de los métodos convencionales, el control se lleva a cabo directamente en el lugar de los hechos, es decir, en las cámaras de combustión. Para ello, se detecta y regula cualquier tendencia a la detonación utilizando las bujías, que hacen las veces de sensores. Al mismo tiempo se controla la calidad del encendido y se detectan posibles fallos de encendido. Esto significa que las bujías son actuadores y sensores a la vez, en la medida en que generan la chispa y controlan el proceso de combustión. El sistema puede diferenciar entre fallos de combustión y fallos de encendido. La doble función de las bujías también simplifica los trabajos de mantenimiento y reparación.

### **Más eficiencia y dinamismo con el sistema de recuperación de la energía de frenado (Brake Energy Regeneration).**

Con el fin de aumentar aun más la eficiencia del nuevo motor V8, el sistema Brake Energy Regeneration implica el uso de un sistema de gestión inteligente de los flujos energéticos para que la generación de corriente eléctrica para la red de a bordo se produzca esencialmente durante las fases de deceleración y frenado. De esta manera se carga la batería sin derivar potencia del motor, por lo que no es necesario recurrir directamente a la energía contenida en el combustible. Durante las fases de aceleración, el alternador suele estar desacoplado del motor. Este sistema permite la obtención de energía eléctrica de modo especialmente eficiente y, además, consigue que se disponga de más potencia que puede traducirse directamente en una conducción más dinámica.

# Más, en todos los sentidos: El motor V8 para el nuevo BMW M3. (Versión completa)



Un motor excepcional para un deportivo excepcional: el propulsor V8 del nuevo BMW M3 consigue que el placer de la conducción que distingue a este deportivo de dos puertas de BMW M GmbH alcance dimensiones hasta ahora desconocidas. La combinación de este motor y el extraordinario concepto automovilístico del BMW M3 despierta sensaciones fascinantes.

Fascinación V8: cualquier amante de los automóviles se entusiasma con un V8. Especialmente si se trata del motor atmosférico de altas revoluciones, montado en un coche radicalmente deportivo. Fascinación Fórmula 1: la categoría reina del automovilismo de competición, también con motores de ocho cilindros. Y las similitudes entre el propulsor de los bólidos del BMW Sauber F1 Team y el motor del nuevo BMW M3 son evidentes. Fascinación M3: con el nuevo V8, el ya legendario deportivo BMW M3 vuelve a establecer un alto listón de referencia en su segmento. Incluso consigue aventajar más a sus competidores, con más cilindrada y más potencia que las que jamás tuvo un BMW M3 fabricado en serie.

Los datos técnicos confirman el enorme progreso obtenido con el cambio al nuevo motor de ocho cilindros, tras el predominio de 15 años del motor de seis cilindros en línea. Su cilindrada es de 3.999 cc y su potencia es de 309 kW/420 CV. El par máximo de 400 Nm es tan impresionante como sus revoluciones máximas de 8.300 r.p.m. 20 años después de la creación de un nuevo segmento de coches deportivos y potentes con el primer BMW M3, la cuarta generación alcanza un nuevo nivel del placer de conducir.

## **Después de 15 años: despedida del motor de seis cilindros, debut del V8.**

Lo mejor derrota a lo bueno. Lo mismo se aplica también en el caso del motor del «coche del siglo», calificativo que recibió el BMW M3 hace 15 años cuando la revista del motor «Auto Plus» se refirió eufóricamente al M3 de la segunda generación. Pero fue la tercera generación del BMW M3, más potente, la que por primera vez superó la marca de más de 100 CV por cada 1.000 de cilindrada, aprovechando óptimamente el potencial técnico del motor de seis cilindros en línea. Cualquier intento de aumentar aun más la potencia de este motor habría redundado en un coche menos dinámico, ya que las piezas sometidas a un esfuerzo mayor habrían tenido que reforzarse, por lo que habrían pesado más. Por ello ha sido lógico que la cuarta generación del BMW M3 lleve debajo del capó un motor nuevo. Así se explica el debut del nuevo motor V8.

Su potencia de 309kW/420 PS establece también una clara diferencia frente al motor más potente de los modelos de la serie 3 de BMW, es decir, el propulsor de seis cilindros en línea de 3.000 cc con tecnología Twin Turbo y 225 kW/306 CV. Así, el nuevo BMW M3 también mantiene inalterado el carácter único de todos los coches de altas prestaciones de BMW M GmbH.

### **La fórmula ideal para los ingenieros encargados de diseñar y fabricar motores: 8 x 500 = 4000.**

Ocho cilindros, cilindrada de 4.000 cc. Estas proporciones del nuevo motor hacen realidad el sueño de cualquier ingeniero de motores. El volumen de la cámara de combustión de 500 cc es considerado ideal. Un motor de seis cilindros de similar potencia necesariamente tendría otra geometría, diferente a la que es considerada óptima en el sector del deporte de la competición automovilística. El nuevo V8, por el contrario, puede ser considerado la solución óptima en términos teóricos y prácticos por sus dimensiones, sus volúmenes de llenado, la cantidad de piezas y su peso.

### **Una nueva dimensión del concepto de altas revoluciones.**

Los ingenieros mantuvieron inalterado el concepto de motor de altas revoluciones, usual en los propulsores M. Pero sí consiguieron darle una nueva dimensión. El nuevo V8 tiene unas revoluciones máximas de 8.300 r.p.m., un valor que hasta ahora era propio sólo de motores de coches de carreras y de algunos pocos ejemplares de carácter más bien exótico. Hasta hoy, hay muy pocos ingenieros de motores que se hayan atrevido a diseñar propulsores fabricados en serie que giren a tan altas revoluciones.

Pero en el caso de los motores de altas prestaciones de BMW M GmbH, ya es tradicional que los motores revolucionen tanto, porque las altas revoluciones redundan en una enorme fuerza de impulsión. Las soluciones alternativas mediante motores de mayor cilindrada o sobrealimentados no son necesarias y, además, con los motores de altas revoluciones se evita el aumento de peso y del consumo implicado en esas alternativas. El concepto de altas revoluciones garantiza la obtención de motores de reacciones rápidas, es decir, que reaccionan de inmediato a los deseos expresados por el conductor, un criterio que siempre debe cumplirse en un coche M. El nuevo motor V8 de altas revoluciones es un genuino motor M por su potencia, su forma de entregar esa potencia, sus dimensiones y su peso.

### **La Fórmula 1 como modelo, los ingenieros de BMW M a cargo del proyecto.**

Además, el nuevo motor de ocho cilindros también usa diversas soluciones específicas de M, como doble VANOS, mariposas individuales y una unidad de control del motor de muy alto rendimiento. Al mismo tiempo, la cantidad de cilindros, las altas revoluciones y el bajo peso son cualidades que indican que

los ingenieros que diseñaron el V8 se inspiraron en el propulsor actual de los coches del BMW Sauber F1 Team utilizados en la Fórmula 1, la categoría reina de la competición automovilística. Las similitudes no se limitan a los principios tecnológicos básicos aplicados en ambos motores, sino también se ponen de manifiesto en los procesos de fabricación y en los materiales utilizados. Así se confirma una vez más la transferencia tecnológica desde el deporte de competición hacia la fabricación en serie. Sin embargo, siempre seguirá existiendo una diferencia: el BMW M3 no solamente tendrá que someterse a duras pruebas los fines de semana en circuitos de carreras. Su propulsor de altas prestaciones debe funcionar fiablemente día a día, en cualquier tipo de carreteras y durante todo el año durante muchos años, sin importar las condiciones meteorológicas.

### **Potencia un 20 por ciento superior: una nueva dimensión de la conducción dinámica.**

Un nuevo BMW M3 tiene que ofrecer, sobre todo, más potencia. El aumento de potencia conseguido con la cuarta generación del BMW M3 asciende a un 20 por ciento, ya que el nuevo motor tiene 309 kW/420 PS. El motor de ocho cilindros supera la marca de los 100 CV por cada 1.000 cc, considerada el límite a partir del que un motor es considerado especialmente deportivo. Pero la potencia no lo es todo. La percepción de la conducción dinámica depende fundamentalmente de la capacidad de aceleración, un factor que depende del peso del coche y de la capacidad de impulsión del motor.

El peso del coche, determinado en buena parte también por el peso del motor, constituye la masa que debe acelerarse. A fin de cuentas, el motor es uno de los elementos individuales que más pesa en un coche. Pero el nuevo BMW M3 marca un nuevo hito también en este sentido. El motor apenas pesa 202 kilogramos, por lo que es el más liviano de todos los motores de ocho cilindros que se ofrecen en el mercado. Comparemos: el V8 de 294 kW/400 CV del modelo anterior del actual BMW M5 pesaba 240 kilogramos. A pesar de la mayor potencia del nuevo motor, fue posible reducir su peso en más de un 15 por ciento. Incluso en comparación con el motor de seis cilindros del BMW M3 anterior, el nuevo motor V8 pesa 15 kilogramos menos. Ello significa que fue posible compensar con creces el peso adicional de los dos cilindros adicionales.

### **Concepto de altas revoluciones para mayor potencia y más par motor.**

El segundo factor determinante para una conducción dinámica es la fuerza real de impulsión, puesta en las ruedas motrices. Y esta fuerza depende del par motor y de la relación de la caja de cambios. Con sus 400 Nm disponibles a 3.900 r.p.m., el par máximo del V8 es aproximadamente un 10 por ciento superior al par máximo del motor de seis cilindros en línea que llevaba el M3 anterior. Ya a partir de las 2.000 vueltas se dispone un par de 340 Nm.

Aproximadamente un 85 por ciento del par máximo está disponible en un margen de revoluciones de 6.500 r.p.m., extremadamente amplio para un motor montado en un coche deportivo. Así, el M3 no solamente admite una conducción extremadamente dinámica, sino también es ideal para una conducción relajada disfrutando de carreteras reviradas o para conducir en el tráfico urbano.

A fin de cuentas, el concepto de altas revoluciones, tal como se entiende en M, permite una relación óptima de la caja de cambios y del diferencial, un criterio decisivo para obtener un resultado final muy equilibrado. De este modo, se garantizan relaciones perfectas y una gran capacidad de aceleración. Recurriendo a un ejemplo resulta más sencillo explicar el efecto que así se obtiene: si un ciclista cambia a un piñón más grande al subir una cuesta, aunque tiene que pedalear más rápidamente, es capaz de subir cualquier cuesta, por empinada que sea. Si mantiene el piñón o si opta por cambiar a uno más pequeño, tiene que pisar más fuertemente los pedales o bajarse de la bicicleta para empujarla. Si compiten dos ciclistas de igual fuerza, siempre ganará aquél que es capaz de pedalear más rápidamente.

### **Altas revoluciones, bajo peso.**

Por lo tanto, la fuerza pura (es decir, un par motor más alto en el caso de un coche) no garantiza la victoria. El BMW M3 es superior a aquellos competidores que apuestan por motores de alto par. Estos motores de par muy alto tienen que estar emparejados con un sistema de transmisión notablemente reforzado y, por lo tanto, más pesado. Y esos pesos y esas masas también hay que acelerarlas. El concepto de altas revoluciones, por lo contrario, admite el montaje de un conjunto de transmisión mucho más liviano y, además, las relaciones de la caja pueden ser mucho más cortas.

Por otro lado, el concepto de altas revoluciones de M es muy sofisticado en términos técnicos. Mientras que las revoluciones del motor de seis cilindros en línea se limitaban electrónicamente a las 8.000 r.p.m., el nuevo V8 supera este límite con claridad, ya que puede girar a 8.300 vueltas. Este es el motor V8, ofrecido en cantidades que superan claramente el nivel de pequeñas series de fabricación, que alcanza las revoluciones más altas de todos los que se fabrican.

Ello significa que el nuevo BMW M3 amplía una vez más los límites hasta ahora válidos en relación con motores fabricados en serie. Porque cuanto mayores son las revoluciones, más cerca están los límites que dicta la física. A 8.300 vueltas del cigüeñal por minuto, cada pistón tiene que recorrer por segundo una distancia de 20 metros. Hasta hace poco, esta velocidad de los pistones era considerada sólo factible en el exclusivo mundo de la competición automovilística, ya que se creía que los esfuerzos implicados son demasiado grandes para motores fabricados en serie.

### **El pliego de condiciones: motor compacto, rígido y ligero.**

Al desarrollar el nuevo motor de ocho cilindros, sus constructores le concedieron especial importancia a una máxima reducción de las masas móviles. Especialmente los sistemas de accionamiento del cigüeñal y de las válvulas debían contener una cantidad mínima de masas con movimientos rotativos. Por ello optaron por dos bancadas de cuatro cilindros dispuestas en 90 grados con un desfase entre bancadas de 17 milímetros, creando así un propulsor muy compacto. El ángulo de 90 grados se eligió debido a la compensación de masas, lo que redundará en menos vibraciones y mayor confort. A fin de cuentas, esta geometría soluciona de modo óptimo el conflicto normalmente existente entre la ausencia de vibraciones y la rigidez de las piezas.

### **Bloque del motor proveniente de la fundición de motores de Fórmula 1 de BMW.**

El bloque del nuevo motor de ocho cilindros proviene de la fundición de metal ligero que tiene BMW en su planta de Landshut, es decir, de la misma fundición que se utiliza para los motores de los bólidos de la Fórmula 1. El bloque se obtiene mediante el método de fundición en coquilla a baja presión y es de una aleación hipereutéctica de aluminio y silicio. La proporción de silicio es, como mínimo, del 17 por ciento. La superficie de rozamiento de los cilindros se obtiene mediante bruñido, que deja expuesta la capa de duros cristales de silicio, por lo que los pistones, recubiertos de acero, se mueven directamente sobre estos cilindros. Ello significa que en los cilindros no se montan camisas adicionales. La carrera de los cilindros es de 75,2 milímetros y su diámetro es de 92 milímetros, de lo que resulta una cilindrada de 3.999 cc del motor.

Las altas revoluciones, las presiones originadas durante el proceso de combustión y las altas temperaturas constituyen un gran esfuerzo para el bloque. Por ello fue concebido como bloque abierto con cárter superior, extremadamente compacto y resistente a la torsión, una solución que ha demostrado su eficiencia en el deporte de la competición automovilística. El cárter superior, de fundición de aluminio en coquilla tiene inserciones de fundición gris, con lo que el apoyo del cigüeñal es extremadamente preciso. Esta solución limita considerablemente la holgura del cojinete principal de la bancada a lo largo de todo el rango de temperaturas de funcionamiento del motor, ya que las inserciones de fundición gris reducen la expansión térmica del cárter de aluminio. De esta manera, el flujo de aceite es prácticamente constante. Las inserciones de fundición gris se taladran previamente, para que formen una robusta pieza con el marco de aluminio.

Considerando que la distancia entre los cilindros es de apenas 9,8 milímetros, el cigüeñal de acero forjado altamente resistente puede ser muy corto, por lo que es especialmente resistente a la flexión y a la torsión. Además, sólo pesa 20 kilogramos. El cigüeñal tiene cinco apoyos y el cojinete principal tiene un diámetro de 60 milímetros y su anchura es de 28,2 milímetros. Dos bielas se unen a cada una de las cuatro muñequillas, que están desfasadas en 90 grados entre sí.

### **Construcción ligera, especialmente de las masas móviles.**

Los pistones, de altura y diámetro iguales y de peso optimizado, son de una aleación de aluminio muy resistente a las altas temperaturas. Apenas pesan 418,7 gramos, incluyendo los segmentos y el bulón. La altura de la cámara de combustión es de 27,4 milímetros y la compresión tiene una relación de 12,0 : 1. Los pistones se refrigeran mediante toberas de inyección de aceite, conectadas al canal principal de flujo de aceite. Las bielas trapezoidales, abiertas por fractura y de 140,7 milímetros de largo, son de una aleación de acero y magnesio, altamente resistente. Cada biela pesa tan sólo 623 gramos incluyendo los cojinetes, por lo que las masas en movimiento son mucho menores.

Las culatas de aluminio de una sola pieza tienen cuatro válvulas por cilindro, una solución usual en los motores de BMW. Los taqués esféricos, con compensación hidráulica de la holgura, actúan sobre válvulas que apenas pesan 42 gramos. El diámetro de los taqués es de tan sólo 28 milímetros. Las válvulas de admisión y escape tienen un diámetro de 35 y 30,5 milímetros respectivamente. Sus vástagos tienen sólo 5 milímetros de diámetro, por lo que apenas inhiben el flujo en el conducto de admisión. Gracias a la compensación hidráulica de la holgura de las válvulas, es imposible que se produzca un desajuste de las mismas. Ello redundará en una gran y durable fiabilidad y, además, contribuye a reducir los costes de mantenimiento.

### **La culata del motor no se recalienta.**

En comparación con los sistemas de tipo convencional, el sistema de flujo transversal de refrigeración del nuevo V8 minimiza perceptiblemente las pérdidas de presión en el sistema de refrigeración del motor. Este sistema distribuye la temperatura homogéneamente en toda la culata y, por lo tanto, evita picos de temperatura en sus zonas más críticas. Para conseguir que cada cilindro sea rodeado óptimamente por el líquido refrigerante, el flujo empieza desde el cárter, pasa por el lado del escape transversalmente a través de la culata y por el colector del lado de la admisión, y llega hasta el termostato y el radiador.

### **Doble VANOS, pero de baja presión en vez de alta presión.**

Al definir el diseño del motor, los ingenieros se centraron en el aumento de la potencia mediante optimización de los cambios de carga y, al mismo tiempo, aumentando las revoluciones del motor. Porque la disminución de las pérdidas ocasionadas por los cambios de sollicitación no solamente redundan en una potencia mayor, sino que también permite la obtención de una curva de par cuya cresta es más elevada y amplia, consigue que las repuestas sean más rápidas y, además, reduce el consumo y la emisión de gases contaminantes. Estos criterios favorecieron la utilización del sistema doble VANOS de regulación variable de los árboles de levas. Este sistema se estrenó mundialmente en el año 1995, en el BMW M3 de aquella época.

Gracias a sus mínimos tiempos de regulación, el sistema doble VANOS ahora también perfecciona el cambio de carga en el motor de ocho cilindros del nuevo BMW M3. A bajas revoluciones y poca carga, por ejemplo, permite el funcionamiento con un cruce mayor de las válvulas, por lo que la recuperación interna de gases de escape es más intensa. De esta manera se reducen las pérdidas ocasionadas por los cambios de carga y también se disminuye el consumo de combustible.

La potencia solicitada del motor depende de la posición del acelerador y de las revoluciones del motor. El sistema doble VANOS adapta el ángulo de los árboles de levas continuamente en función de una determinada programación, considerando estos dos criterios. A diferencia de lo que sucede en el motor de diez cilindros del BMW M5 y del BMW M6, el motor de ocho cilindros tiene una cadena doble, en vez de simple, para unir el cigüeñal y la rueda dentada. Esta rueda, por su parte, está unida al árbol de levas mediante un rotor oscilante y no por un engranaje de piñones con dientes oblicuos. La ventaja consiste en que mientras el motor V10 funciona con un sistema doble VANOS de alta presión, el V8 sólo necesita un doble VANOS M de baja presión, para el que es suficiente la presión del aceite para el accionamiento del rotor oscilante. A pesar de prescindir de un sistema aparte de conductos de alta presión, se produce un giro relativo preciso y muy rápido entre el árbol de levas y la rueda dentada. El ángulo del árbol de levas del lado de admisión puede variar en 58 grados, mientras que el del árbol de levas del lado de escape puede hacerlo en hasta 48 grados. Concretamente, la velocidad de regulación máxima es de 360 grados de ángulo del cigüeñal por segundo. Ello significa que el sistema de regulación de baja presión garantiza tiempos mínimos de regulación y, por lo tanto, permite el ajuste óptimo del ángulo con respecto al punto de encendido y a la cantidad inyectada, dependiendo de la carga y de las revoluciones del motor.

### **Alimentación fiable de aceite, también en condiciones dinámicas extremas.**

Las extraordinarias cualidades dinámicas del BMW M3 exigen un sofisticado sistema de alimentación de aceite para el motor. Este sistema ha sido concebido para soportar aceleraciones longitudinales y transversales de hasta 1,4g. Estas fuerzas superan a las que se aplican a los pasajeros de un avión a reacción al despegar o aterrizar.

Dos bombas rotativas de caudal variable alimentan el aceite lubricante que necesita el motor de ocho cilindros en cualquier situación. Y siempre alimentan la cantidad precisa que el motor necesita en todo momento. Ello es posible mediante la excentricidad variable del rotor interno de la bomba en relación con el cuerpo de la misma y en función de la presión de aceite existente en el canal principal de flujo de aceite.

Considerando que en situaciones de conducción extremadamente dinámica se producen considerables fuerzas físicas, sería factible que al frenar con mucha fuerza no llegue suficiente aceite al cárter de aceite que hace las veces de acumulador intermedio, más aún considerando que, por razones de espacio, se encuentra detrás del soporte del eje delantero. En el peor de los casos se interrumpiría el efecto de lubricación. El sistema de «lubricación dinámica de aceite por cárter húmedo» lo impide. El sistema tiene dos cárteres de aceite: uno pequeño, delante del soporte delantero, y otro más grande, detrás de él. Una bomba adicional de retroalimentación aspira el aceite en cualquier situación desde el cárter pequeño delantero y lo transporta hacia el posterior, de mayor tamaño. Este cárter está aislado debidamente para evitar pérdidas por espumado del aceite.

El nuevo motor de ocho cilindros está equipado con un sistema electrónico de control del nivel de aceite. Los valores correspondientes se miden con un sensor montado en el cárter de aceite. Los datos son transmitidos a la unidad de control del motor a través de un bus de datos conectado en serie. La unidad de control aplica diversos algoritmos para procesar los datos. El valor corregido en función de la aceleración transversal y longitudinal es el que aparece en el tablero de instrumentos, para informar al conductor sobre el nivel de aceite.

### **Ocho mariposas individuales, reguladas electrónicamente.**

Aunque la utilización de una mariposa por cilindro es una solución estándar en la competición automovilística, en los coches fabricados en serie es una excepción. Este sistema mecánico sumamente sofisticado es muy superior a cualquier otra solución si se desea que el motor responda de modo extremadamente rápido. Y precisamente esa es una cualidad que deben tener todos los modelos BMW M.

El motor del BMW M3, tan semejante a los que se utilizan en coches de carreras, tiene ocho mariposas individuales. Dos motores de posicionamiento controlan, cada uno, cuatro mariposas. Esta operación de control se efectúa electrónicamente. Para ello se tiene en cuenta la posición del acelerador, detectada mediante dos potenciómetros Hall sin contacto mecánico, que determinan la posición del pedal 200 veces por segundo. La unidad de control del motor procesa esas señales, registra cualquier cambio de la posición del pedal y modifica la posición de las mariposas activando correspondientemente los motores de posicionamiento. Toda esta operación es extremadamente veloz: las mariposas pueden abrirse completamente en apenas 120 milésimas de segundo, más o menos el tiempo que necesita un conductor experimentado para pisar a fondo el acelerador. De esta manera, el motor responde sensiblemente a cualquier cambio a bajas revoluciones y, si el conductor quiere acelerar rápidamente, el motor reacciona de inmediato.

### **Admisión de aire con flujo optimizado.**

Para que el motor se comporte con rapidez y dinamismo, el volumen de aire en el lado de admisión de la mariposa debe ser muy pequeño. Sin embargo, a esta condición se oponen las grandes secciones del colector de admisión y el gran volumen del colector, configuración que necesita un motor de altas prestaciones. Para conjugar estas dos condiciones opuestas, las mariposas que se encuentran en el colector de admisión están montadas muy cerca de las válvulas de admisión.

Todo el guiado del aire de admisión del nuevo propulsor de ocho cilindros funciona sin la necesidad de recurrir a un caudalímetro de película caliente, que podría hacer las veces de sensor. En vez de detectar la carga solicitada del motor con un sensor sofisticado de esta índole que, además, sería desventajoso en términos geométricos del sistema de guiado del aire, esta función la asume la unidad de control del motor V8. La unidad de control calcula la carga recurriendo a varios datos: las posiciones de las mariposas y del regulador de ralentí, la posición de VANOS, las revoluciones del motor, la temperatura del aire y la presión del aire. Con este sistema, los ingenieros dispusieron de mayor libertad al configurar y optimizar el sistema de admisión de aire. Adicionalmente, el funcionamiento de este tipo de control es completamente fiable.

El llenado de los tubos de resonancia también se beneficia de la longitud y del diámetro de las ocho trompetas de admisión. Al igual que el colector de aire de gran volumen de una sola pieza, estas trompetas son de un material compuesto muy ligero, con un 30 por ciento de contenido de fibra de vidrio. El cartucho del filtro de aire del colector aprovecha la mayor superficie posible. El colector de admisión es alimentado desde un silenciador de gran volumen que tiene tres entradas de admisión.

### **Innovador sistema de escape.**

La configuración del sistema de escape también contribuye a optimizar los cambios de carga. Para que el comportamiento del motor de ocho cilindros sea óptimo en relación con el aprovechamiento de la potencia y del par, los ingenieros le pusieron especial cuidado a la obtención de una contrapresión lo más baja posible. Por ello, los gases de escape son guiados por dos tubos hasta el silencioso secundario. Durante la fase de desarrollo del sistema también se optó por la utilización consecuente de materiales ligeros. Con el fin de alcanzar las metas definidas en el pliego de condiciones, se utilizaron sistemas CAD CATIA para diseñar el colector, los tubos de escape y, también, todos los elementos de sujeción y fijación. Los datos en 3D obtenidos de esta manera fueron utilizados durante la fase de desarrollo y siguen empleándose en las fases de producción y aseguramiento de calidad.

### **Innovadores tubos de paredes extremadamente delgadas.**

La capacidad innovadora de BMW M GmbH en materia de diseño y fabricación de motores también se pone de manifiesto en las técnicas de fabricación. El sistema de conformado por alta presión interior se utilizó mundialmente por primera vez en el BMW M3 de la época y, desde entonces, este método fue objeto de constantes mejoras. Con este método se da forma desde su interior a los tubos de acero inoxidable sin cordones de soldadura, aplicando una presión de hasta 800 bar. Como resultados se obtienen tubos de paredes extremadamente finas que tienen un grosor entre 0,65 y 1,0 milímetros. De esta manera fue posible reducir considerablemente el peso de todo el sistema de escape y, además, optimizar la respuesta de los catalizadores. Al mismo tiempo, con este método de conformado por presión interior es posible obtener formas antes imposibles y, además, lograr que las tolerancias geométricas sean mínimas. Considerando que todos los tubos primarios y secundarios son de una sola pieza a pesar de sus formas muy complejas, se prescinde de numerosos puntos de uniones por encaje y de puntos de soldadura. Por ello se aprovecha la totalidad de los diámetros interiores de los tubos, lo que minimiza las resistencias aerodinámicas.

### **Ejemplarmente limpio y deportivamente audible.**

Los colectores con tubos individuales suelen verse sólo en motores destinados a la competición automovilística. En el caso del V8, los dos colectores de 4 en 1 son de acero inoxidable y gracias a un sofisticado sistema de cálculo, todos los tubos del colector tienen exactamente la misma longitud y el diámetro optimizado. Los dos catalizadores (uno por cada línea de gases de escape) están montados muy cerca del motor. Estos catalizadores primarios alcanzan su temperatura de funcionamiento óptimo muy rápidamente porque las paredes delgadas de los tubos del colector limitan mucho la inercia térmica del material durante el proceso de calentamiento.

Por ello, los catalizadores empiezan a funcionar muy rápidamente, especialmente después de poner en marcha el motor frío. Los catalizadores se distinguen por mínimas pérdidas de presión y una gran resistencia mecánica. A la altura de los bajos del habitáculo se encuentran dos catalizadores adicionales de tres vías. Los cuatro catalizadores juntos logran purificar los gases de escape de modo muy efectivo. El nuevo motor V8 cumple los criterios definidos en la norma UE 4 y, también, lo establecido en la clasificación LEV 2 estadounidense.

El nivel de ruidos también es ejemplar. Además de los dos silenciosos intermedios, es especialmente el silencioso secundario transversal de una sola pieza y de 35 litros de capacidad el que reduce el nivel de ruidos de modo muy eficiente. A pesar de ello, el V8 sigue teniendo un sonido agradablemente característico. También el motor de ocho cilindros se distingue por la sonoridad típica de M, que deja intuir que podría tratarse de un coche de competición.

### **Más eficiencia y dinamismo con Brake Energy Regeneration.**

En el caso del nuevo motor V8 del BMW M3 aumenta la eficiencia mediante el sistema de recuperación de la energía de frenado (Brake Energy Regeneration). Con este sistema es posible que la generación de energía eléctrica para la red de a bordo se produzca especialmente en las fases de deceleración y frenado. Este sistema de gestión de la energía en función del estado dinámico del coche es posible gracias a una regulación inteligente del alternador. La utilización del sistema de recuperación de la energía de frenado ofrece dos ventajas prácticas. Por un lado, este control específico de la generación de energía eléctrica logra reducir el consumo de gasolina. Por otro lado, el conductor se beneficia directamente por el desacoplamiento de alternador durante las fases de aceleración. Dado que la generación de corriente eléctrica se interrumpe durante la fase de aceleración, el conductor dispone de más potencia al acelerar. Así, además de sacar provecho de un menor consumo, el conductor también puede disfrutar más al volante.

Considerando que el control específico de la generación de energía eléctrica implica un aumento de los ciclos de carga de la batería, el sistema Brake Energy Regeneration se combina con baterías del tipo AGM (Absorbent Glass Mat). Estas baterías son mucho más duraderas que las baterías convencionales de plomo y ácido. Las baterías AGM tienen alfombrillas de microfibras de vidrio entre las capas de plomo. Su capacidad de acumulación de energía se mantiene durante mucho tiempo aunque las operaciones de carga y descarga sean muy frecuentes.

### **Unidad de control del motor de mayor rendimiento.**

La unidad de control del motor MSS60 contribuye decisivamente a la gran potencia y a la ejemplar calidad de los gases de escape. Se trata de una versión desarrollada de aquella utilizada por BMW M GmbH en el motor V10. Mientras que la unidad de control del V10 tiene más de 1.000 componentes individuales, lo que equivale a un grado de integración muy alto, la nueva unidad MSS60 tiene una cantidad de componentes aún mayor.

La unidad MSS60 coordina óptimamente todas las unidades de control que regulan las funciones del motor. Sus tres procesadores de 32 bit son capaces de procesar más de 200 millones de operaciones individuales por segundo. Por ejemplo, recurre a más de 50 señales de entrada para determinar para cada cilindro y para cada ciclo el punto de encendido óptimo, el llenado óptimo, la cantidad a inyectar y el momento ideal para la operación de inyección. Al mismo tiempo calcula y regula el ángulo óptimo de los árboles de levas y, además, la posición de cada una de las ocho mariposas.

El control del sistema electrónico de regulación de las mariposas se basa en un esquema de momentos. La intención del conductor se mide mediante el potenciómetro instalado en el pedal del acelerador y los datos correspondientes se traducen a un momento nominal. La unidad de gestión de momentos corrige ese momento nominal considerando los momentos reales necesarios en los grupos secundarios, como el compresor de climatizador o el alternador. También se coordinan la regulación de ralentí, la purificación de los gases de escape y la regulación de la detonación, considerándose adicionalmente los momentos máximos o mínimos del sistema de control dinámico de la estabilidad (DSC) y del sistema de regulación del momento de arrastre del motor (MSR). Así se obtiene el momento necesario que se ajusta también con el ángulo de encendido en todo momento.

### **Numerosas tareas adicionales a cargo de la unidad de control del motor.**

Pero la unidad MSS60 es más que una unidad de control en el sentido estricto de la palabra. Dado que su hardware, software y funcionamiento son el resultado del trabajo de desarrollo llevado a cabo por BMW M GmbH, ejecuta una serie de funciones específicas de M relacionadas con el embrague, la caja de cambios, la dirección y el sistema de frenos.

Ello significa que el conductor de un BMW M3 tendrá la posibilidad de utilizar la tecla de «Power» que se encuentra en el recubrimiento de la base de la palanca de cambios para activar un programa de conducción más deportiva. Pulsando esta tecla se activa una programación más directa en la relación entre el recorrido del acelerador y el ángulo de apertura de las mariposas.

Además, las funciones de regulación de la unidad electrónica del motor conmutan a un funcionamiento con respuestas más rápidas. La modalidad más confortable de los dos programas de conducción se activa automáticamente cuando se pone en marcha el motor. El cambio de programas puede configurarse previamente con MDrive para llamar posteriormente la configuración deseada. MDrive también incluye un programa adicional, de carácter extremadamente deportivo.

Finalmente, la unidad de control del motor también se hace cargo de funciones de diagnóstico de a bordo ejecutando varias rutinas de diagnóstico para el taller. Asimismo, se ocupa de otras funciones adicionales y de la regulación de los grupos secundarios periféricos.

### **La guinda de la unidad de control del motor: la tecnología de flujo iónico.**

Una de las tecnologías destacadas de la unidad de control del motor es la tecnología de flujo iónico, utilizada para detectar la detonación y, también, fallos de encendido y de combustión. Esta innovación de BMW fue incluida de serie por primera vez en el motor V10 del BMW M5. En su última versión, se ha prescindido de la unidad adicional para el flujo iónico. Su función está incluida ahora en la bobina de encendido.

Se llama detonación a la combustión no deseada del combustible en el cilindro. Los motores sin detección de detonación tienen necesariamente una compresión menor y el punto de encendido es tardío, ya que la superación del umbral de detonación podría provocar daños en el motor. Esta «distancia de seguridad» implica un mayor consumo y reduce la potencia y el par. Un sistema de regulación activa de la detonación siempre consigue que el punto de encendido sea óptimo y, al mismo tiempo, evita daños en el motor. Esta configuración ofrece el mayor grado de rendimiento.

En el caso de las soluciones de tipo convencional, hay sensores de conducción de sonido a través de estructuras sólidas que se montan en la parte exterior del cilindro. Al aumentar las revoluciones y, también, al aumentar la cantidad de cilindros, disminuye la fiabilidad de estos sensores. En el caso de un motor de ocho cilindros de altas revoluciones, es indispensable disponer de un sistema plenamente fiable con el fin de optimizar la calidad de la combustión y, por lo tanto, la vida útil de los componentes correspondientes y, también, para conseguir valores de gases de escape óptimos. La tecnología de flujo iónico efectúa la medición en el lugar de los hechos, es decir, en las cámaras de combustión.

Con este método se aprovecha un fenómeno físico que se produce durante la combustión en las cámaras a temperaturas de hasta 2.500 grados centígrados. Estas altas temperaturas y las reacciones químicas que se producen durante la operación de combustión, provocan una ionización parcial de la mezcla de aire y combustible contenida en las cámaras de combustión. El gas se transforma en un elemento conductor de la electricidad, especialmente en el frente de la llama, a raíz de la generación de iones debido a la disociación o acumulación de electrones (ionización).

En estas circunstancias se mide el flujo iónico entre los electrodos mediante la unidad electrónica de evaluación, que está conectada a la unidad de control del motor, utilizando un electrodo de la bujía aislado eléctricamente de la culata e integrado en la bobina de encendido, al que se conecta tensión continua. La magnitud del flujo iónico depende del grado de ionización del gas entre los electrodos.

Gracias a la medición del flujo iónico se obtienen informaciones sobre el proceso de combustión directamente en el lugar de los hechos. La electrónica integrada en la bobina de encendido recibe la señal de la bujía de uno de los ocho cilindros. A continuación, dicha señal se amplifica y se transmite a la unidad de control del motor. Allí se procesan los datos y, si procede, desde allí se emiten las señales para la regulación en cada uno de los cilindros. Por ejemplo, la regulación de la detonación puede adaptar de modo ideal el punto de encendido al proceso de combustión.

Recurriendo a un novedoso circuito de conmutación de semiconductores, utilizado para la generación de la tensión necesaria para la medición, y a un sistema de amplificación y multiplicación variable de las señales, los ingenieros de BMW M desarrollaron la tecnología de flujo iónico agregando una importante función adicional. En el caso del nuevo BMW M3, este circuito y la unidad de etapa final de encendido están integrados directamente en la bobina de encendido. De esta manera, la señal del flujo iónico puede captarse más directamente para su posterior amplificación y resolución más precisa.

### **La bujía asume funciones de control adicionales.**

Esto significa que dicha tecnología permite detectar y regular la detonación en cada cilindro a través de la bujía. Al mismo tiempo se controla el encendido correcto y se detectan posibles fallos de encendido. Por lo tanto, la bujía se utiliza como actuador para la operación de encendido y, a la vez, como sensor para la observación del proceso de combustión. En esas condiciones, es capaz de diferenciar entre fallos de combustión y fallos de encendido. Esta doble función de la bujía simplifica también el diagnóstico al realizar trabajos de mantenimiento y reparación.

## Datos técnicos.

<b>Feature/entity</b>	<b>2<sup>nd</sup> engine of the M engine family</b>	
Fuel	Otto RON 98 (95)	
Max output	hp (kW)	420 (309)
at	min <sup>-1</sup>	8,300
Max torque	Nm	400
at	min <sup>-1</sup>	3,900
Max engine speed	min <sup>-1</sup>	8,400
Stroke	mm	75.2
Bore	mm	92.0
Displacement	cm <sup>3</sup>	3,999
Distance between cylinders	mm	98
Cylinder arrangement	8-cylinder V-engine	
Valve plate diameter, intake	mm	35.0
Valve plate diameter, outlet	mm	30.5
Compression ratio	12.0	
Fuel injection	Intake pipe fuel injection	
Fuel injection pressure	bar	3–6
Average combustion chamber pressure	bar	12.6
Maximum combustion chamber pressure	bar	100
Engine weight to BMW standard	kg	202
Output per litre	hp/L	105
Power-to-weight ratio	kg/kW	0.65
Crankcase	Aluminium	
Valvetrain	Infinite camshaft adjustment and hydraulic valve clearance adjustment for intake and outlet (double VANOS)	

# Diagrama de potencia y par motor.

