

## INTRODUCCIÓN AL DIAGNÓSTICO DE LA PRESIÓN EN EL CILINDRO

Many thanks to Juan Manuel Gomez for the Spanish translation of this article!

### Introducción

El análisis de la forma de onda de la presión del cilindro en motores a gasolina hace posible determinar la sincronización apropiada entre el cigüeñal y el eje de levas. La medida y comparación de los valores de presión en el cilindro en ciertos puntos proveen datos en tiempo real que pueden ser muy útiles para determinar el estado de salud del motor. La presión en PMS en un motor funcionando fluctúa entre 65 y 90 psi. Lecturas inferiores a estos típicos indican serios problemas mecánicos en el cilindro evaluado, lecturas más altas, generalmente significan aire adicional entrando al cilindro o que se encuentra bajo alta carga.

Durante la carrera de admisión, la presión del cilindro se reduce al punto más bajo que la presión en el múltiple de admisión. Durante la carrera de escape, la presión en el cilindro no debe exceder la presión atmosférica. Si es así, revise por taponamientos en los puertos de escape, apertura de válvulas reducida o escape con restricciones.

### 1. Características distintivas cuando se observa la medición de la forma de onda

La forma de onda del cilindro le permite almacenar importante información:

- Conectar un probador inductivo en el cilindro a revisar y situarlo en un canal del osciloscopio y un sensor de presión en el segundo canal brindará un indicador más exacto del evento de chispa con relación al PMS, el cual es posible usando un escáner en flujo de datos. Si hay una discrepancia muy grande entre ambos valores, es bueno revisar el CKP con respecto al evento de encendido, esto es debido a que el sensor de cigüeñal es el que envía la señal de disparo de las bobinas.
- La condición mecánica puede deducirse observando detenidamente el patrón de onda y la diferencia de presión antes y después de la carrera de compresión.

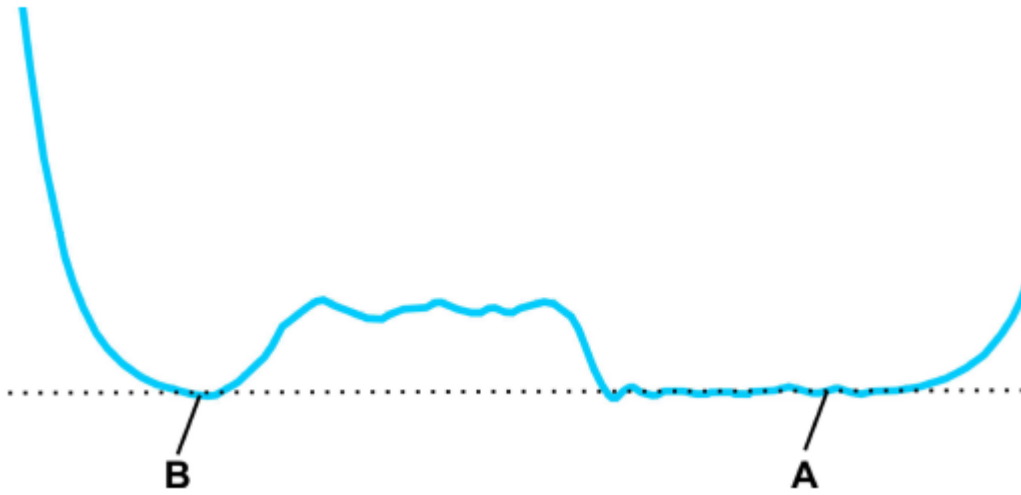


Figura 1. Operación normal del motor

Cuando el cilindro funciona apropiadamente, la presión en el punto A debe ser aproximadamente igual a la presión en el punto B. Si el cilindro tiene problemas mecánicos (válvulas quemadas, anillos rotos, eje de levas gastado o mal posicionado), la presión en el punto A será notablemente más alta que en el punto B debido a las fugas por compresión. Un ejemplo se muestra abajo

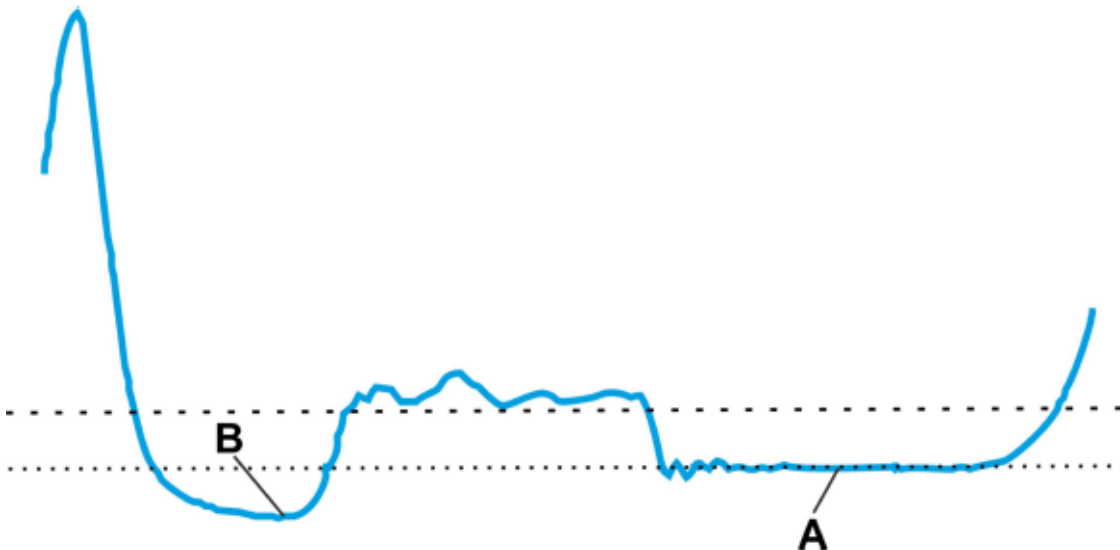


Figura 2. Cilindro con problema mecánico

- La posición del eje de levas de escape puede ser deducida de esta manera observando el tiempo de la apertura de la válvula de escape. Es necesario el realizar las líneas divisorias de  $720^\circ$  en el osciloscopio para poder medir la prueba. Tome la medida desde el pico del PMS hasta cuando la válvula de escape es abierta. Es importante tener en cuenta que en muchos motores el cigüeñal gira entre  $140^\circ$  y  $145^\circ$  desde PMS para que la válvula de escape se abra. En algunos motores Opel, este ángulo es de  $160^\circ$ .
- La correcta posición del eje de levas de admisión puede determinarse observando la posición del traslapo valvular y la apertura de la válvula de admisión. Por ejemplo, la válvula de admisión puede cerrar  $580^\circ$  después de PMS en la forma de onda de presión de ese cilindro. El tiempo del eje de levas puede ser determinado por la posición de traslapo y por la cerrada de la válvula de admisión en  $580^\circ$ .
- La condición de las guías de válvulas de escape puede ser advertida por medio del análisis de la forma de onda. En un cilindro con guías de válvulas en buenas condiciones, la forma de onda correspondiente debe aparecer tan suave como sea posible durante la apertura de la válvula de escape y su máximo recorrido. Pulsaciones como las mostradas abajo, indican guías de válvulas de escape gastadas.



Figura 3. Guías de válvulas de escape gastadas indicadas aquí por los pulsos

- Un tubo de escape obstruido puede ser identificado por una presión inusualmente alta durante la carrera de escape, la cual ocurre entre los  $180^\circ$  y los  $360^\circ$  después de PMS en la onda de compresión. La presión en el cilindro y la presión en el escape son iguales cuando la válvula de escape se abre, y la presión del cilindro puede fluctuar ligeramente encima de la presión atmosférica cuando la válvula de escape está abierta. Esta presión se asume

como perfectamente normal si esta debajo de 2 psi (relativo). Al ser más alta por encima de 2 psi, más tendrá que ver con un escape obstruido. Una presión de 5 psi o mayor, será comentada por los clientes como perdida de potencia.

- El vacío en el múltiple de admisión podrá ser detectado usando esta forma de onda. El valor promedio en el múltiple de admisión en un motor bueno debe ser alrededor de 8 a 9 psi.
- Problemas de correa de tiempo o cadena de tiempo pueden ser detectados comparando la acción entre marco y marco (frame to frame). En la ventana del traslape valvular a 360° de escape y admisión observe los cambios entre marco y marco con el motor en ralentí. Si los puede identificar, sospeche que existe una correa de tiempo floja o problemas de tensor o cadena estirada.

## 2. Puntos específicos y secciones en la forma de onda de presión en el cilindro

Para un mejor entendimiento de toda la figura, la forma de onda en la pantalla puede ser numerada de acuerdo con el orden de encendido en un ciclo de funcionamiento de 720° aunque solo se compruebe la presión en un solo cilindro.

Para realizar un diagnóstico de la condición mecánica del motor por medio de una gráfica de presión es necesario que:

- Instale el sensor de presión en el lugar de la bujía del cilindro que Usted necesita diagnosticar.
- Instale un probador de bujías o algún otro método para desconectar el cable de bujía de alto voltaje para evitar daños en el sistema de encendido.
- Energice el sensor de presión con voltaje de alimentación a 5 voltios.
- Conecte el cable de señal del sensor a la entrada del osciloscopio
- El tiempo de medición no debe exceder 2 a 3 minutos, esto para mantener la temperatura del sensor debajo de 70°C.

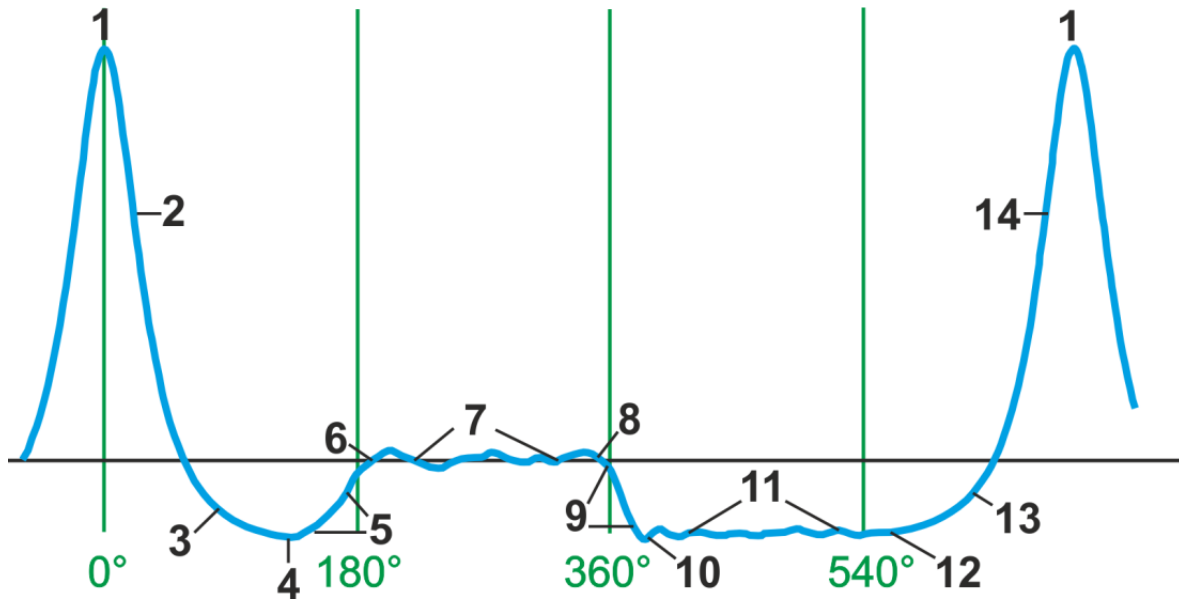


Figura 4. Forma de onda de presión del cilindro

#### Punto 1 (PMS 0°)

En el punto 1, la presión en el cilindro alcanza su punto máximo. En este punto, el pistón está cerca a la culata. Esto es llamado PMS. En PMS compresión, las válvulas de admisión y escape están cerradas. La presión en el cilindro en el punto 1 puede variar considerablemente dependiendo de la relación de compresión, fugas en el cilindro, velocidad del cigüeñal, y la cantidad de aire y combustible ingresando en el cilindro. Una mezcla rica en el cilindro producirá un valor alto en el punto 1

#### Punto 2 (30°)

Después de PMS 0°, el pistón cambia de dirección y la distancia entre el pistón y la culata comienza a aumentar, lo que naturalmente hace que el volumen del cilindro se incremente, y con él, una disminución de la presión del cilindro, porque ambas válvulas siguen cerradas. Cuando el cigüeñal ha girado 30° después de PMS 0°, la presión del cilindro será a medio camino entre lo que era en el **punto 1** y la presión más baja en la onda (**punto 4**). Este punto intermedio es indicado en la forma de onda como **punto 2**.

#### Punto 3 (90°)

Cuando el pistón pasa el **punto 3**, continúa acelerando hacia abajo hasta que el cigüeñal ha pasado 90° después de PMS 0°. El pistón está, en este punto a la mitad de su carrera de potencia y ha alcanzado su máxima velocidad en este único ciclo. En este punto, la velocidad de carrera del pistón comienza a disminuir. Este punto es indicado como **punto 3**. En este punto la presión en el cilindro estar muy cerca de la presión atmosférica (14.7 psi).

A medida que continúa el movimiento del pistón, el volumen entre el pistón y la culata sigue aumentando y se crea un vacío en el cilindro justo después del **punto 3**.

#### Punto 4

Justo antes que el pistón alcance PMI, la válvula de escape abre, lo que se puede ver en el **punto 4**. El pistón todavía se está alejando de la culata y el volumen entre el pistón y el bloque de cilindros continúa incrementándose, pero pasando el **punto 4**, la presión del cilindro comienza a aumentar debido a la presión de escape entrante cuando esa válvula se abre.

#### Sección 5 (PMI 180°)

El gas de escape entra en el cilindro porque la presión de escape es mayor que la presión en el cilindro en este punto (gases de los otros cilindros). En la forma de onda de la presión del cilindro, la afluencia del escape en el cilindro está marcada como **sección 5**. Es importante anotar que el centro de la **sección 5** debe estar en el punto muerto inferior (PMI 180°)

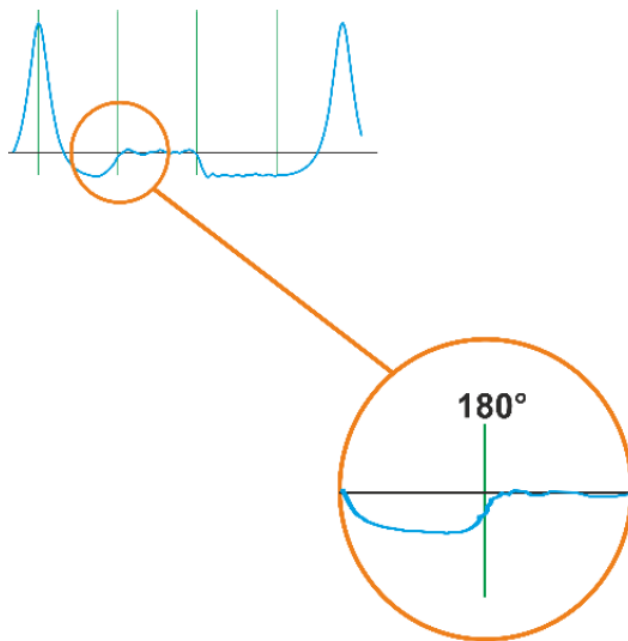


Figura 5. Sección 5

Si el centro de la **sección 5** se encuentra entre 170° - 195° después de PMS 0°, entonces se puede suponer que la sincronización de la válvula de escape es correcta.

### Punto 6

En este punto, la presión en el cilindro se aumenta hasta que se iguala con la presión en el colector de escape. El punto de la forma de onda, donde la presión del cilindro es igual a la presión en el colector de escape, se marca con el **punto 6**.

### Sección 7

Una vez el pistón ha alcanzado Punto muerto inferior (PMI 180°), este comienza a moverse hacia la culata, reduciendo nuevamente el volumen del cilindro, pero como la válvula de escape ahora está abierta, la carga de gas se escapa hacia el escape. El pistón continúa acelerando hasta que el cigüeñal ha girado 270° (90° después de PMI 180°). Después de pasar 270°, la velocidad del pistón vuelve a disminuir. **Sección 7** representa el tiempo durante el cual el pistón expulsa los gases de escape y durante este tiempo la presión en el cilindro debe ser casi igual a la presión atmosférica. Si la **Sección 7** indica un aumento de presión en lugar de permanecer en una meseta, busque una apertura adecuada de válvula de escape o un escape obstruido.

### Punto 8 (330° - 360°)

Aproximadamente entre 30° antes de PMS (360°), la meseta de la **sección 7** finaliza con la apertura de la válvula de admisión. El momento de la apertura de válvula se indica como **punto 8**. Cuando la válvula de admisión se abre, pero la válvula de escape aun no se ha cerrado (traslapo), permite purgar lo ultimo de gases inertes. En este punto, la presión en el cilindro continúa igualándose con la presión del múltiple de escape debido a que todavía la válvula de escape permanece abierta. Debido a este periodo de traslapo valvular, es muy difícil ubicar con precisión el **punto 8** en la forma de onda de presión del cilindro.

### Sección 9

Cuando el pistón alcanza PMS 360°, la válvula de escape se cierra y la válvula de admisión continúa abriéndose, entonces la presión en el cilindro comienza a igualarse con la presión en el múltiple de admisión. Esto es una caída de lo que era la presión atmosférica mucho mas baja en el múltiple, lo que hace que los gases del cilindro comiencen a precipitarse hacia el colector de admisión. Esta área de la gráfica se indica **como sección 9**, donde la meseta de **sección 7** termina. El centro de la **sección 9** debe estar 380° después de PMS 0° (20° después de PMS 360°).

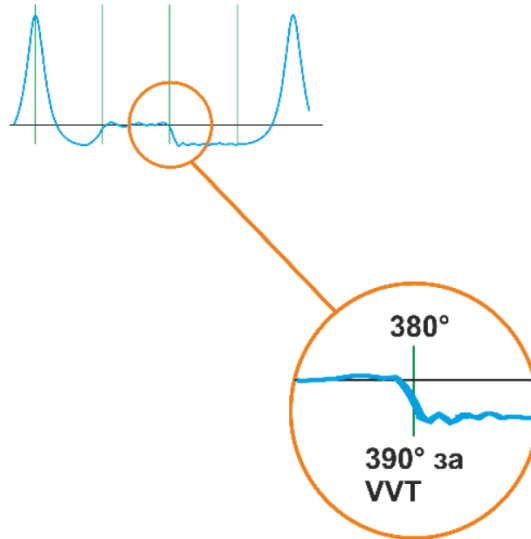


Figura 6. Sección 9

Se puede verificar la sincronización correcta de la válvula de admisión si el centro de la sección 9 se encuentra dentro del rango de  $370^\circ$  a  $390^\circ$  después del PMS  $0^\circ$ . Para motores VVTi, el centro de la sección 9 debe estar dentro del rango de  $380^\circ$  a  $400^\circ$  después de TDC  $0^\circ$ .

#### Punto 10

Al **punto 10**, la presión en el cilindro es igual a la presión del múltiple de admisión mientras la válvula de admisión continúa abierta.

#### Sección 11 para el segundo PMI ( $540^\circ$ )

Aunque el pistón se mueve hacia abajo y el volumen del cilindro se está aumentando, la caída de presión en el cilindro no se refleja en la forma de onda debido al aire entrante que pasa por la válvula de admisión abierta.

#### Sección del segundo PMI ( $540^\circ$ ) al punto 12

Después de PMI  $540^\circ$ , el pistón está a punto de comenzar la carrera de compresión mientras que la válvula de admisión aún se está cerrando, pero el aire conducido por inercia continúa entrando del cilindro, que naturalmente mejora el llenado del cilindro con una mezcla de aire y combustible para los motores de inyección por puertos. Tenga en cuenta las pequeñas ondulaciones presentes en esta sección siempre que la válvula de admisión permanezca abierta.



**Punto 12 (580°)**

En el **punto 12**, la válvula de admisión se ha cerrado. A partir de este momento en adelante, la presión en el cilindro se incrementa repentinamente. Si la válvula de admisión está completamente cerrada de 560° a 600° después del PMS anterior (0°), se puede verificar la sincronización correcta de la válvula de admisión.

**Punto 13 (630°)**

En este punto, la presión del cilindro estará en o cerca de la presión atmosférica (14.7 psi), pero debido al movimiento hacia arriba del pistón con las válvulas de admisión y escape ahora cerradas, la compresión continúa aumentando.

**Punto 14 (690°)**

En este punto 30° antes de PMS 720°, la presión en el cilindro es aproximadamente la mitad de la presión mínima (**punto 12**) y la presión máxima del cilindro (**punto 1**). Una vez que el pistón ha pasado esta posición, la compresión continúa aumentando hasta que alcanza el PMS 720°.

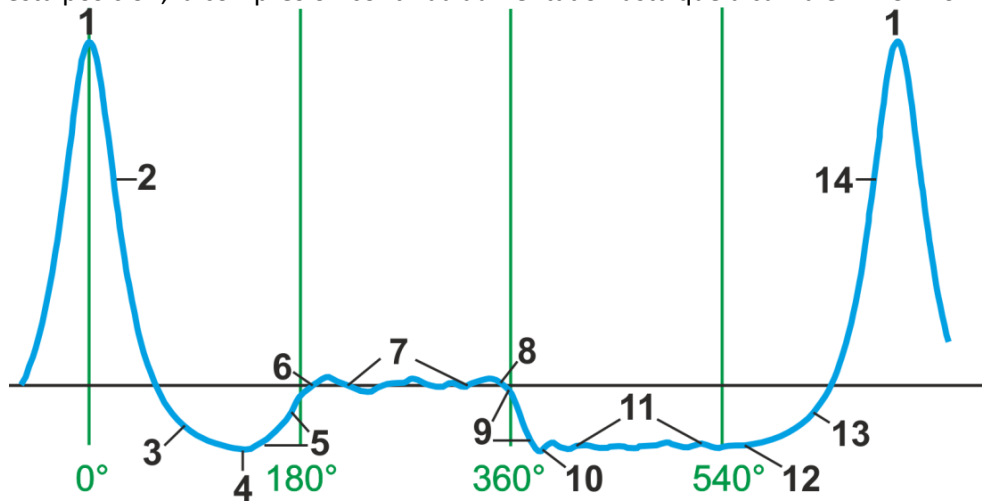


Figura 7. Punto 14



[Automotive Advanced Pressure Diagnostic Kit](#)

[Introduction Video of the Advanced In-Cylinder Pressure Transducer Kit PDS500x](#)