

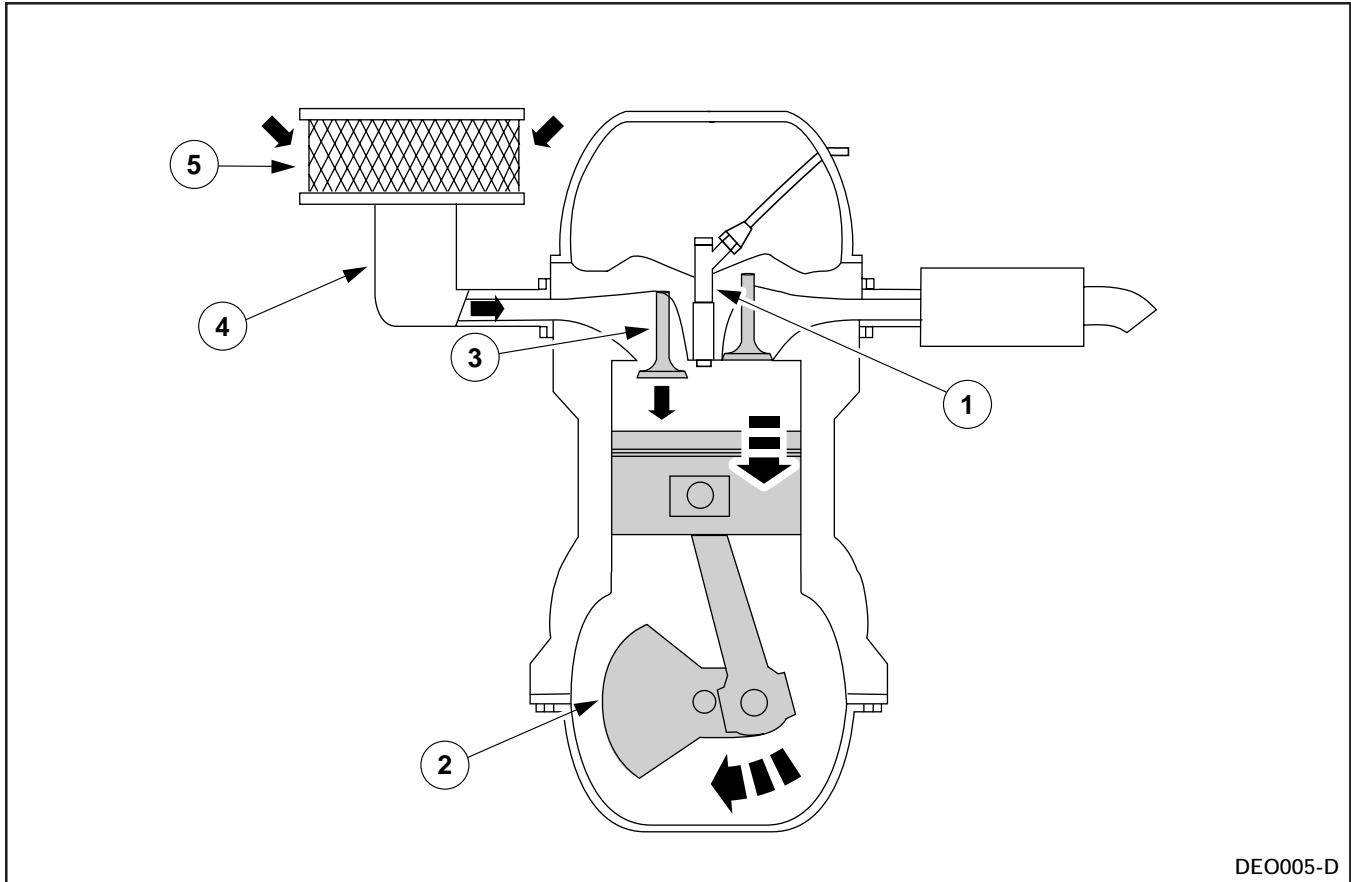
LECCION 2: OPERACION DEL MOTOR DIESEL

GENERALIDADES DE LA OPERACION DEL MOTOR DIESEL

En la lección anterior, usted aprendió que los motores Diesel y de gasolina son diferentes. Los motores Diesel tienen relaciones de compresión más altas, sistemas de inducción de aire diferentes y usan diferentes combustibles a los de sus contrapartes de gasolina. A pesar de las diferencias, los componentes básicos del motor son similares. El motor Diesel usa el mismo sistema de operación de cuatro tiempos, que consiste en un tiempo de admisión, tiempo de compresión, tiempo de potencia y tiempo de escape. En esta lección, verá más detenidamente cada una de estos cuatro tiempos.

LECCION 2: OPERACION DEL MOTOR DIESEL

TIEMPO DE ADMISION



DEO005-D

Tiempo de admisión del motor diesel

Ref.	Descripción
1	Inyector de combustible
2	Cigüeñal
3	Válvula de admisión (Abierta)

Ref.	Descripción
4	Múltiple de admisión
5	Filtro de aire

El tiempo de admisión de diesel empieza con la válvula de admisión abierta. El pistón se mueve hacia abajo del barreno debido a la rotación del cigüeñal. (La energía requerida para mover el pistón del punto muerto superior al punto muerto inferior viene ya sea del volante o de tiempos de potencia traslapadas en un motor de cilindros múltiples). Durante su movimiento hacia abajo, el pistón crea una región de baja presión en el área arriba del pistón (cuando el volumen en el cilindro aumenta, la presión disminuye). Debido a que la presión atmosférica es mayor que la presión en el cilindro, el aire se precipita en el cilindro para llenar el espacio dejado por el movimiento hacia abajo del pistón. Dicho de manera simple, el pistón intenta jañar un volumen de aire igual a su propio desplazamiento.

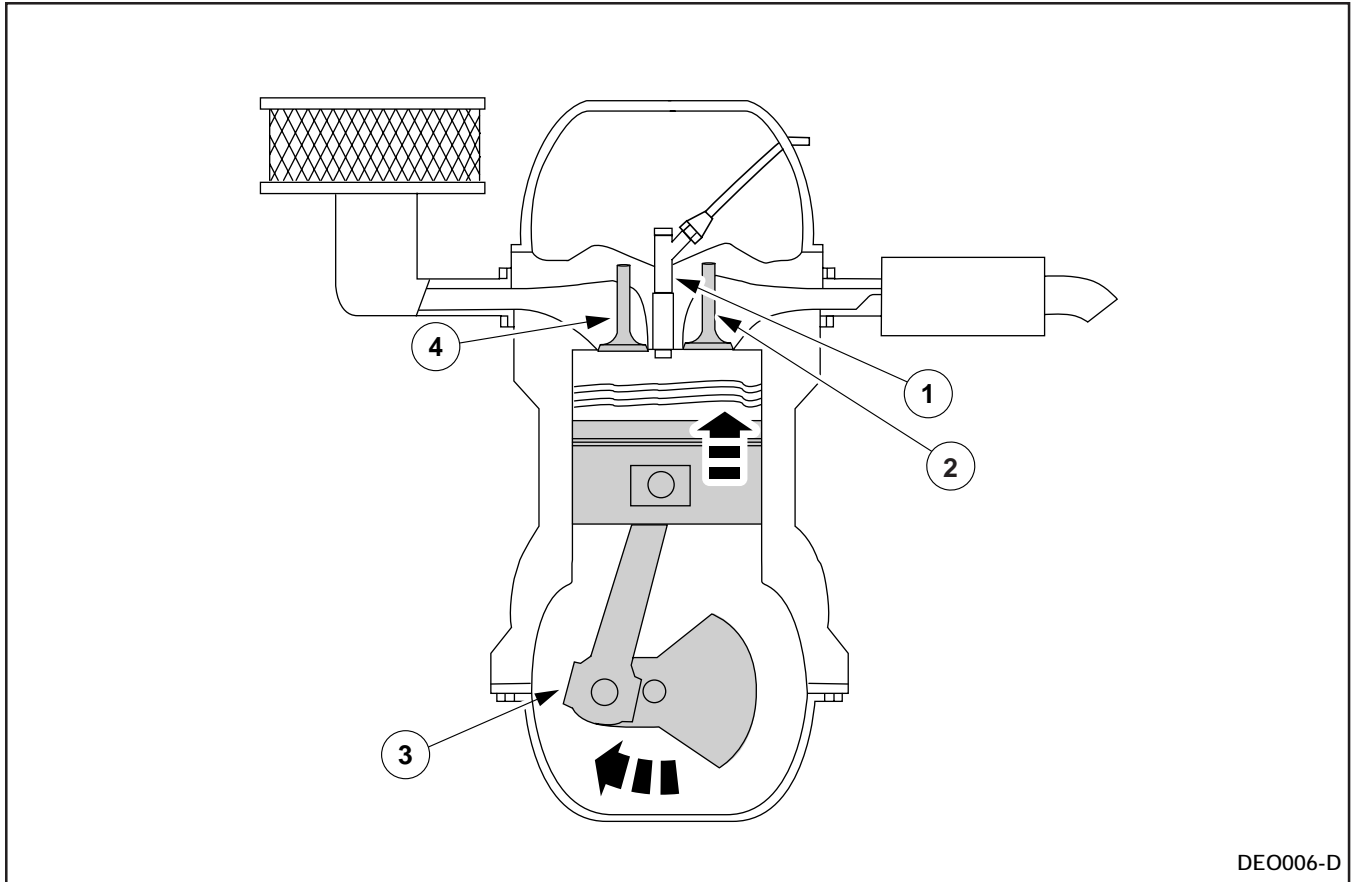
LECCION 2: OPERACION DEL MOTOR DIESEL

Durante el tiempo de admisión del motor Diesel, el único material que se jala dentro del cilindro es aire. No existe placa de mariposas, así que el cilindro se llena completamente con aire a la presión del múltiple de admisión. En algunos motores Diesel, la presión es alta debido al uso de un turbocargador para la inducción de aire forzado. Si permanecen gases de la combustión en el cilindro del ciclo anterior, el aire se mezcla con ellos.

Es muy importante el flujo de aire sin restricción para el desempeño del motor Diesel. Para mantener la alta compresión necesaria para producir temperaturas de combustión aceptables, el motor Diesel requiere una cantidad enorme de aire. Cualquier restricción del flujo de aire puede ser perjudicial para el desempeño del motor.

Cuando el pistón alcanza el punto muerto interior, invierte su dirección. Entonces se cierra la válvula de admisión, sellando el cilindro lleno de aire y empieza el tiempo de compresión.

TIEMPO DE COMPRESION



DEO006-D

Tiempo de compresión del motor diesel

Ref.	Descripción
1	Inyector de combustible
2	Válvula de escape (Cerrada)

Ref.	Descripción
3	Cigüeñal
4	Válvula de admisión (Cerrada)

El segundo tiempo en el ciclo de cuatro tiempos es el tiempo de compresión. Cuando el pistón pasa el punto muerto inferior (su punto más bajo de movimiento) y empieza a subir nuevamente, empieza el tiempo de compresión, la válvula de admisión se cierra y la válvula de escape permanece cerrada. El aire en el motor se comprime ahora a un volumen muy pequeño en la parte superior del cilindro. La compresión del aire es muy importante para desarrollar temperaturas lo suficientemente altas para encender la mezcla de aire/combustible y finalmente desarrollar potencia.

Justo antes de que el pistón alcance el punto muerto superior de el tiempo de compresión, el inyector de combustible libera un rocío fino de combustible en la cámara de combustión. La temperatura en el cilindro enciende el aire/combustible de manera que estará ya en progreso el quemado cuando empiece el tiempo de potencia. La idea es hacer que el punto de presión máxima en el cilindro se produzca en un punto ligeramente después de que el pistón alcance el punto muerto superior, de manera que el pistón pueda empujarse hacia abajo con la mayor fuerza.

Rango de temperatura de compresión

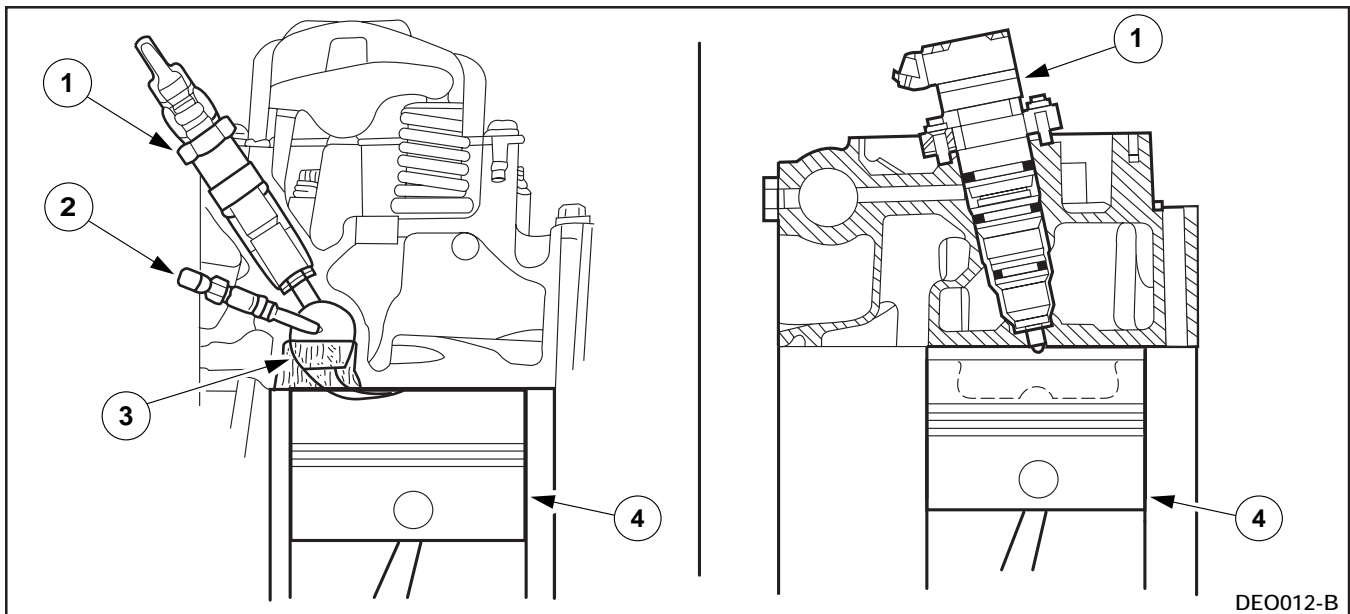
En los cilindros de un motor Diesel las temperaturas de compresión son muy altas. Esto es necesario para producir temperaturas de alta compresión para el encendido del combustible. Las temperaturas de compresión del cilindro en un motor Diesel pueden alcanzar más de 556°C (1000°F).

Diseño de la cámara de combustión

Una de las áreas principales de diferencia entre los motores Diesel y de gasolina es el diseño de la cámara de combustión. La función de la cámara de combustión no es sólo el área donde se quema combustible y aire. Juega un papel importante en:

- completar la combustión
- nivel de emisiones
- nivel de ruido
- economía de combustible
- operación suave del motor

La combustión en un motor Diesel se ve afectada de gran manera por la turbulencia de aire creada por la forma de la cámara de combustión. El rocío de combustible hacia la cámara de combustión desde el inyector de combustible está diseñado para aprovechar la turbulencia de aire dentro de la cámara de combustión, de manera que ocurra un quemado completo dentro del lapso de tiempo adecuado. Cada forma de cámara de combustión tiene su propio patrón único de turbulencia de aire que es el correcto para el diseño particular en el que funciona. Puede no ser el correcto para otro motor u aplicación – es por ello que hay tanto trabajo de diseño en la cámara de combustión antes de que se produzca y comercialice un motor.



DEO012-B

Inyección indirecta y directa

Ref.	Descripción
1	Inyector de combustible
2	Bujía incandescente

Ref.	Descripción
3	Cámara de precombustión
4	Pistón

Existen dos tipos básicos de diseños de cámaras de combustión, aunque cada uno de estos diseños puede variar ligeramente dependiendo de la aplicación.

● Inyección indirecta

- El diseño de inyección indirecta tiene una cámara de precombustión conectada mediante un conducto estrecho a la cámara de combustión principal en la cabeza de cilindros. El inyector de combustible y la bujía incandescente se localizan en la cámara de precombustión. Cuando se requiere, el combustible se rocía dentro de la cámara de precombustión mediante el inyector de combustible. Entonces es encendido mediante las temperaturas de la cámara de combustión y se quema. Cuando el combustible que se está quemando se mueve hacia la cámara de combustión, inicia un movimiento en remolino (turbulencia). El efecto de remolino ocasionado por la transferencia de la cámara de precombustión a la cámara de combustión ayuda a mezclar el combustible y el aire en un cilindro. Esto ayuda a quemar completamente el combustible, lo que crea potencia en el pistón. Este diseño se usó en la mayoría de las aplicaciones Diesel de trabajo ligero antes de 1994.

● Inyección directa

- Un diseño de inyección directa es uno en el que el inyector de combustible está colocado de manera que rocía una carga de combustible directamente en la cámara de combustión. La cámara de combustión de inyección directa también puede llamarse cámara abierta porque no existen restricciones u obstáculos para que el combustible pase dentro de la cámara de combustión.

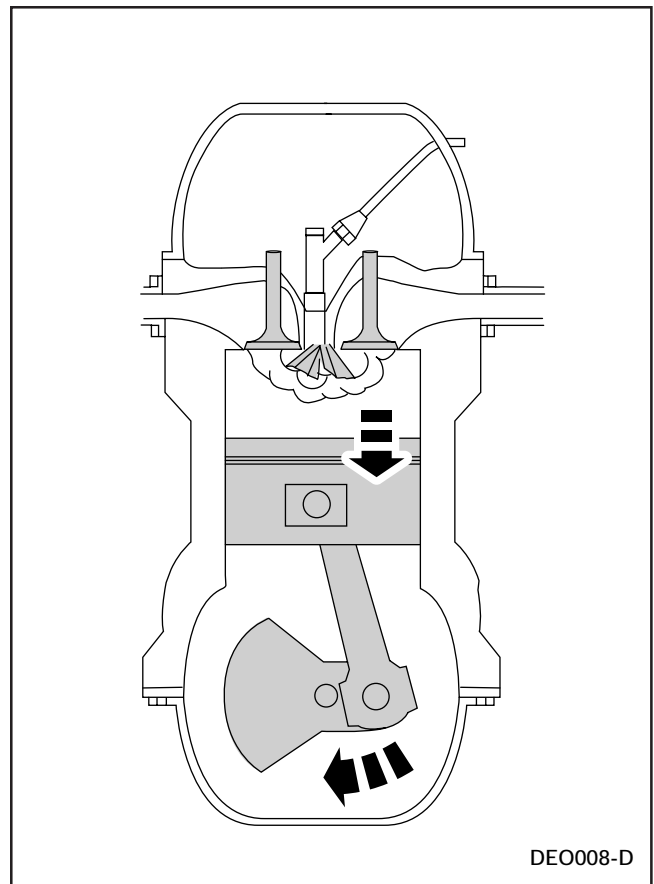
La creación de turbulencia dentro de la cámara de combustión de inyección directa se logra principalmente a través del diseño de la cabeza de pistón. Este diseño se usa en el motor Diesel turbo de inyección directa (DIT) de 7.3L.

LECCION 2: OPERACION DEL MOTOR DIESEL

Entrega de combustible a la cámara de combustión

El inyector de combustible rocía combustible hacia la cámara de combustión o cámara de precombustión bajo una presión muy alta, atomizando el combustible de manera que se rocíe de manera uniforme. El rocío de la boquilla de combustible se produce en una irrupción corta. Esta irrupción de combustible forma un núcleo rico en combustible rodeado por zonas de aire caliente. Esta irrupción de combustible forma un núcleo rico en combustible rodeado por zonas de aire caliente.

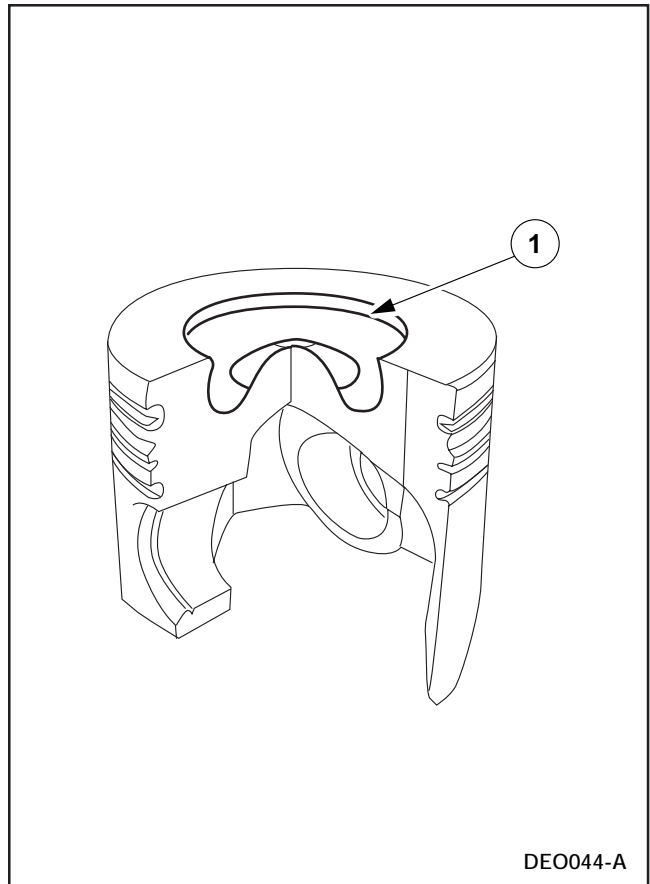
Las propiedades de combustión del motor Diesel dependen en gran manera de cómo se mezclan el combustible y el aire. En un motor de gasolina el aire y combustible se mezclan antes de entrar a la cámara de combustión. Sin embargo, en el motor Diesel el aire y el combustible se mezclan directamente en la cámara. La rapidez con la que aumenta la presión del cilindro durante la combustión es directamente proporcional a la forma en que se mezclan el combustible y el aire.



Entrega de combustible

CAMARAS DE COMBUSTION DE DIT 7.3L

Las cámaras de combustión en el motor Diesel DIT 7.3L están maquinadas en las partes superiores de los pistones. Esto permite que el aire entrante y el combustible se mezclen con un movimiento de remolino. El motor Diesel de turbo inyección directa (DIT) de 7.3L utiliza inyección directa y no tiene cámaras de precombustión.



Cámara de combustión

Ref.	Descripción
1	Cámara de combustión

Encendido de la mezcla de combustible/aire

Un motor Diesel depende del encendido por compresión. Es esencial que el combustible sea entregado a la cámara de combustión o cámara de precombustión en el momento preciso. El combustible que se entrega demasiado pronto no se mezclará bien con el aire en el cilindro. El combustible que se entrega demasiado tarde no se quemará completamente y causará pérdida de presión y calor útiles, ocasionando finalmente una disminución de la potencia del motor y aumento en las emisiones.

En un motor Diesel existen tres partes concretas para la combustión. Estos son:

1. Demora – Cerca del final de el tiempo de compresión empieza la inyección de combustible. Después del inicio de la inyección, el combustible no se enciende inmediatamente. Este periodo se denomina demora.
2. Combustión rápida – Esta es un aumento repentino de presión dentro de la cámara de combustión que causa una detonación de diesel. Esta condición ocurre cuando el combustible empieza a quemarse.
3. Combustión controlada – Después que ocurre la combustión rápida, otro combustible dentro de la cámara de combustión empieza a quemarse y continúa la inyección. Hay un núcleo rico de combustible en el inyector a lo largo de las zonas de aire. Este núcleo de combustible se quema cuando se mezcla con aire.

Durante la inyección inicial, se ha introducido combustible en la cámara de combustión, pero no ha empezado a quemarse. La temperatura del aire es mucho más alta que la del combustible, ocasionando que algo del combustible se evapore, mientras que algo del combustible permanece en forma de gotas. El combustible evaporado se mezcla con el aire comprimido caliente. Después de aproximadamente 0.001 de segundo, cualquier zona que esté lo suficientemente caliente y tenga la mezcla de aire/combustible correcta se encenderá espontáneamente, seguida rápidamente por el encendido del combustible restante. Observe que el encendido tiene lugar únicamente cuando el aire hace contacto con el combustible. En la primera parte del encendido, el combustible se quema muy rápidamente. Este quemado rápido ocasiona una elevación súbita en la presión. Una elevación rápida de la presión dentro de la cámara de combustión puede ser causada por un tiempo prolongado de la demora del encendido.

Ya que la mayor parte del combustible se inyecta durante este periodo de demora, una gran cantidad de combustible ocasiona un aumento rápido de la presión. El aumento repentino de la presión ocasiona una presión alta localizada. La presión localizada es la que da al motor Diesel su detonación característica. La gravedad del ruido de la detonación depende de la rapidez del aumento de la presión. También, durante un periodo prolongado de demora, hay más tiempo disponible para mezclar el combustible y el aire. Si la combustión es demasiado lenta, no hay tiempo suficiente para que el combustible se queme completamente, teniendo como resultado una salida de potencia más baja y aumento en las emisiones.

La alta presión en el cilindro empuja hacia abajo el pistón. Debe observarse que después del aumento repentino de presión, el combustible Diesel restante se quema en una forma muy controlada que es más lenta que la de gasolina. Esto ocasiona una presión sostenida más larga contra el pistón mientras se desplaza hacia abajo en el barreno y es una de las razones principales por las que los motores Diesel tienen fama de una torsión alta. Dicho de manera simple, los gases en expansión empujan el pistón por un periodo más largo y sostenido.

Debido a sus características de combustión, la velocidad de la flama (qué tan rápido se desplaza la flama de combustión en un cilindro) no es tan importante en los motores Diesel como en los motores de gasolina. En lugar de ello, la velocidad de la combustión se determina qué tan rápido se mezclan el aire y el combustible. Al aumentar la velocidad del motor, la mezcla aumenta, pero no lo suficiente para compensar la reducción del tiempo disponible para la combustión. Debido a este factor, la velocidad superior del motor Diesel es limitada. Los diseñadores de motores deben tener cuidado con la mezcla de aire/combustible. Si se pudiera mezclar instantáneamente todo el combustible con aire, entonces la mezcla se quemaría inmediatamente en el encendido.

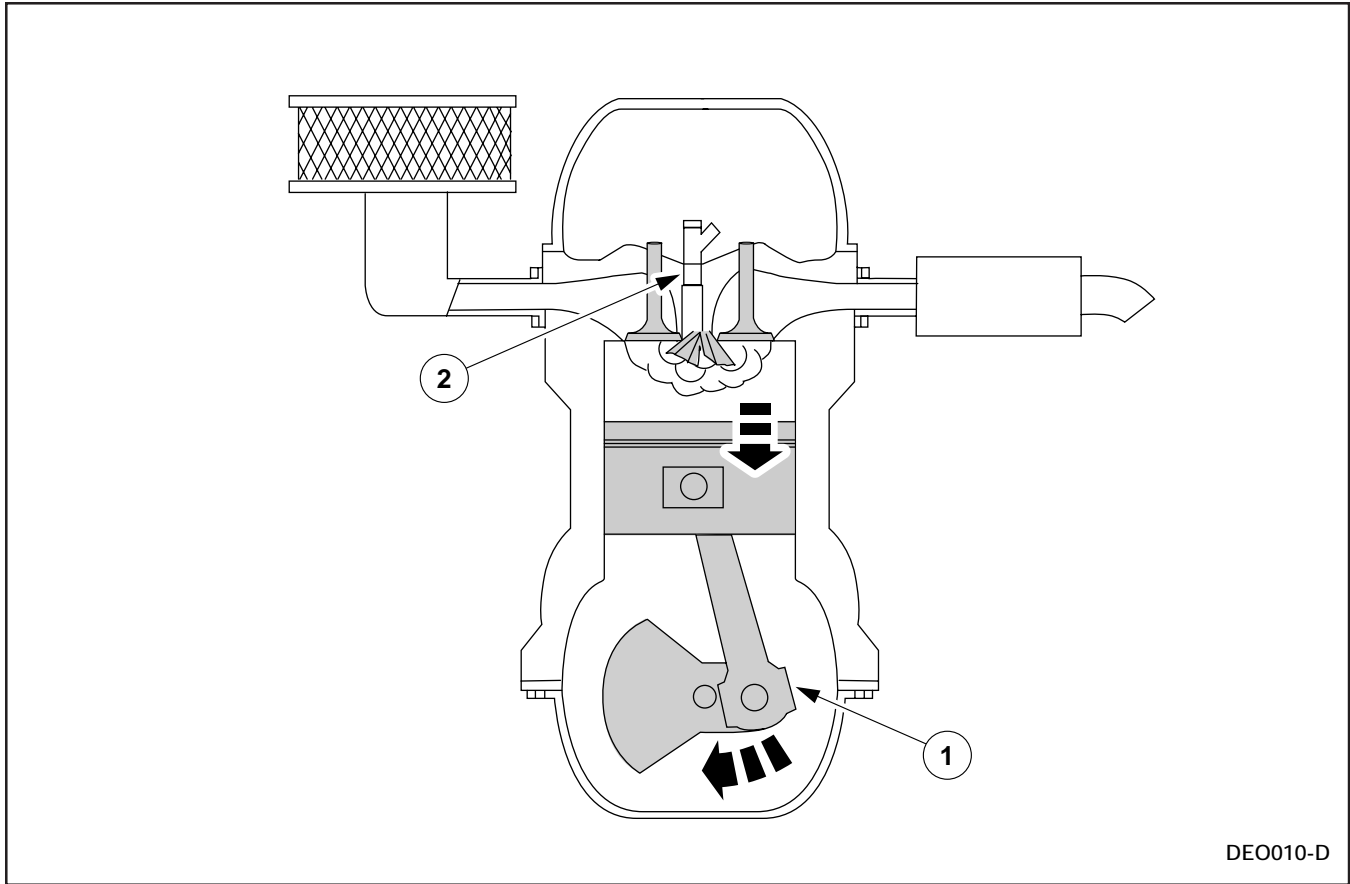
Emisiones creadas durante la combustión

Todos los combustibles inflamables incluyendo madera, papel, combustible de gasolina y Diesel producen emisiones. El nivel y tipo de las emisiones dependen de varios factores. En el caso de un motor de gasolina o Diesel, el diseño de la cámara de combustión, el encendido de combustible, las temperaturas del cilindro o de la cámara de combustión juegan una parte para determinar el nivel de emisiones producidas en el escape. Las propiedades del motor Diesel y de la combustión del diesel contribuyen a disminuir las emisiones más que en un motor de gasolina. Los tipos de emisiones significativas producidas por motores Diesel son:

- hidrocarburos (HC)
- óxidos de nitrógeno (NO_x)
- partículas (visibles)
- bióxido de carbono (CO₂)

LECCION 2: OPERACION DEL MOTOR DIESEL

TIEMPO DE POTENCIA (O EXPLOSION)



DEO010-D

Tiempo de explosión del motor Diesel

Ref.	Descripción
1	Inyector de combustible
2	Cigüeñal

El tiempo de potencia o de explosión del motor Diesel es muy parecida a la del motor de gasolina. Cuando la mezcla de combustible/aire se enciende durante el final del tiempo de compresión, empieza a quemarse. Esto no es una explosión, sino un proceso de combustión lenta. Cuando la mezcla de combustible/aire se quema, ocasiona un aumento rápido de la presión en el cilindro. Este aumento de presión empuja hacia abajo la parte superior del pistón. Esta irrupción de potencia se transfiere al cigüeñal y se mide en caballos de fuerza y torsión.

Relaciones de potencia e inyección de combustible

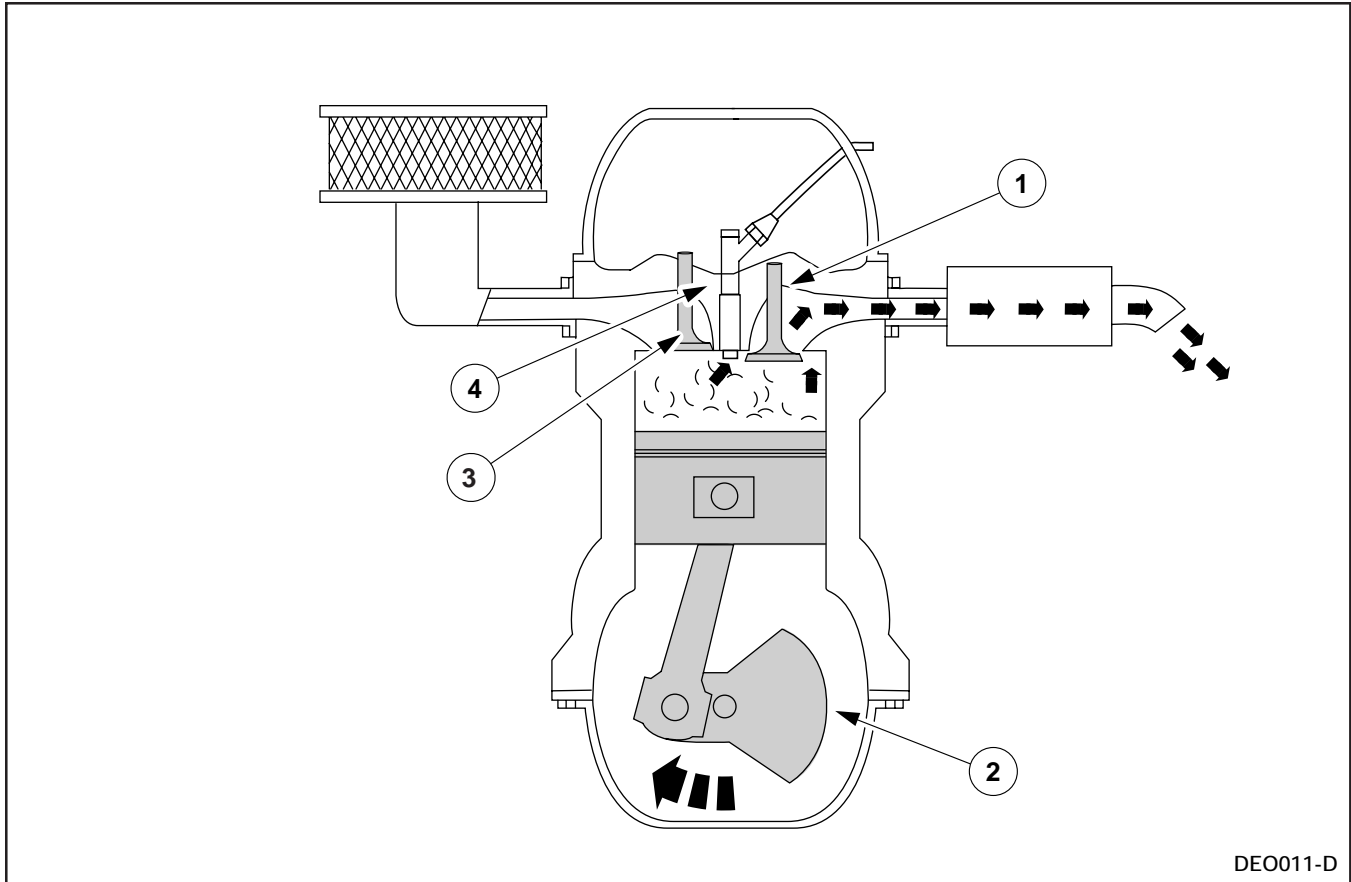
El motor Diesel obtiene su aumento de potencia de un aumento del combustible. El motor tiene un flujo constante de aire. Debido a que la admisión de aire no es restringida, los cilindros reciben la misma cantidad de aire de manera consistente. Por lo tanto, para aumentar la salida de potencia del motor, debe inyectarse más combustible a los cilindros.

Eficiencia térmica

El proceso de combustión interna produce calor y el calor es una forma de energía. Mucho de este calor puede desperdiciarse y disiparse a través de los sistemas de enfriamiento y escape. La capacidad de un motor para usar efectivamente esta energía de calor se conoce como eficiencia térmica. Debido a que el proceso de combustión del motor Diesel requiere calor para el encendido, su eficiencia térmica es mayor que la de un motor de gasolina. En un motor Diesel se desperdicia y se disipa menos energía de calor a través de los sistemas de enfriamiento y de escape, y se recicla más para usarse en el proceso de combustión.

LECCION 2: OPERACION DEL MOTOR DIESEL

TIEMPO DE ESCAPE



DEO011-D

Tiempo de escape del motor Diesel

Ref.	Descripción
1	Válvula de escape (Abierta)
2	Cigüeñal

Ref.	Descripción
3	Válvula de admisión (Cerrada)
4	Inyector de combustible

El tiempo de escape es igual en los motores de gasolina y en los motores Diesel. La válvula de escape se abre cuando la rotación del cigüeñal empuja el pistón hacia arriba en el cilindro. Esto fuerza los gases quemados hacia afuera a través del puerto de escape. Cuando el pistón se acerca al punto muerto superior, la válvula de admisión se abre nuevamente y el ciclo se vuelve a repetir. La válvula de escape se cierra poco tiempo después de que el pistón inicia su movimiento hacia abajo.

El tiempo de escape no produce trabajo, pero gasta una cantidad de energía para empujar los gases de escape fuera del cilindro.

Escape de alto volumen

El motor Diesel es esencialmente una máquina de respiración. Usa un volumen muy alto de aire para operar y gasta un volumen muy alto de escape. Hay un aumento notable en el volumen del escape en un motor Diesel en comparación con un motor de gasolina.