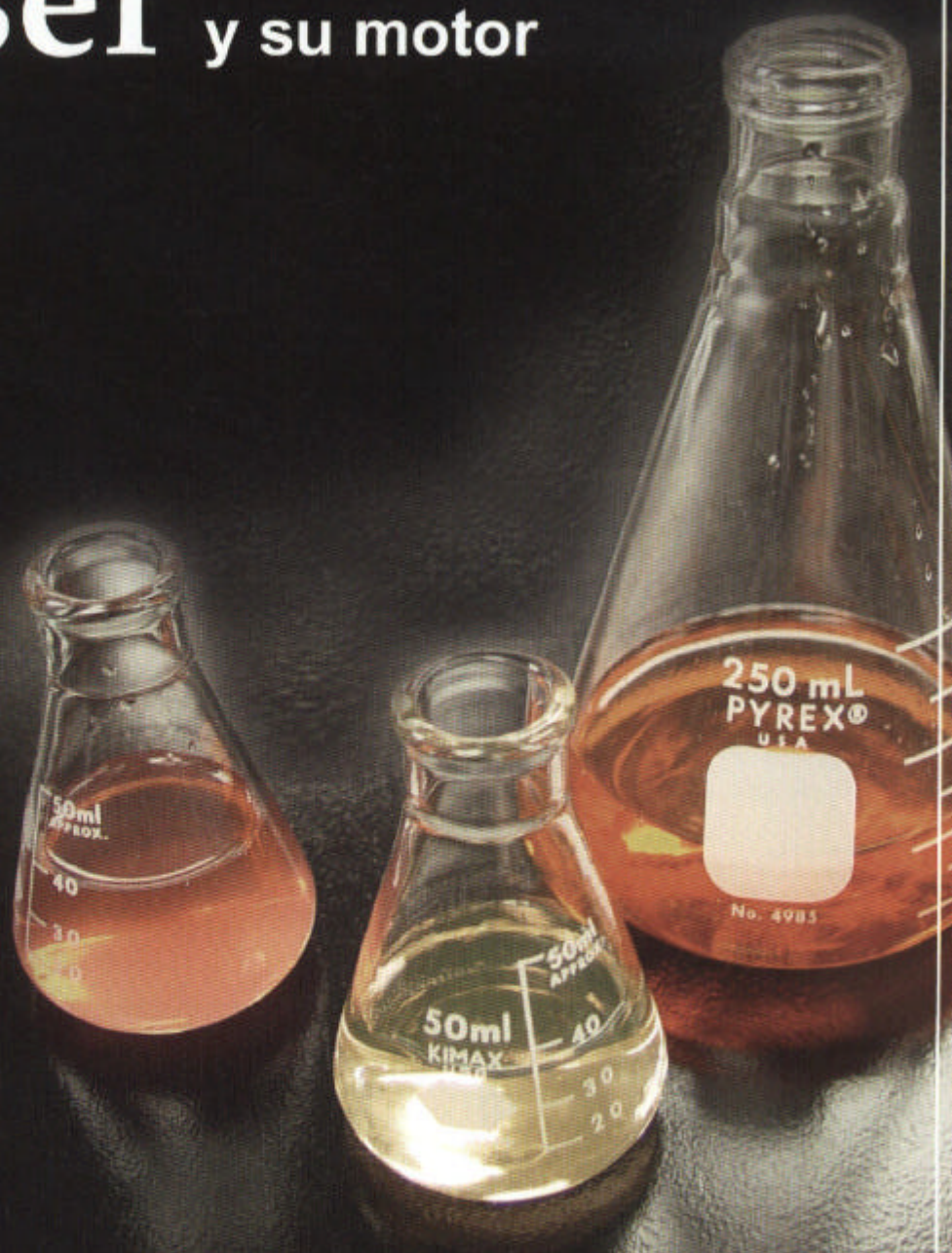


Los Combustibles Diesel y su motor



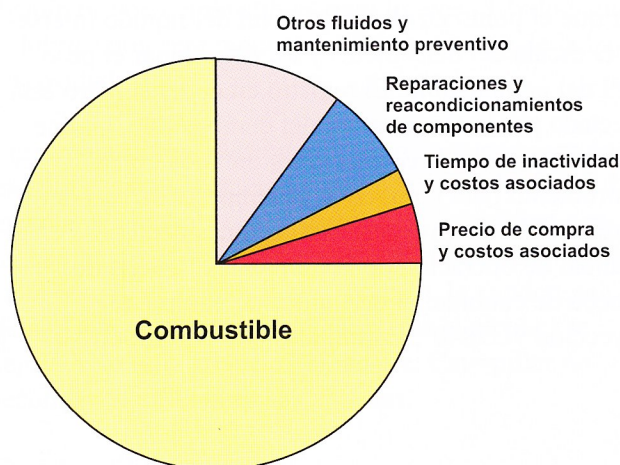
CAT[®]

Contenido

Introducción	3	Estabilidad del combustible	
Una breve descripción del combustible	3	Gomas y resinas	25
Obtenga los hechos sobre el combustible	3	Separación del combustible	25
La selección de combustible	3		
Contenido de energía		Almacenamiento del combustible	25
Peso específico	4	Tratamiento del combustible	26
Tabla API (Instituto Americano del Petróleo) ...	5	Combustibles destilados	30
Lubricación y facilidad de bombeo		Descripción	30
Viscosidad	6	Especificaciones de los combustibles destilados	30
Lubricidad y combustible con bajo nivel		Problemas y causas	31
de azufre	6	Normas del combustible	32
Punto de enturbiamiento	7	Biodiesel	34
Punto de fluidez	9	Petróleos crudos	37
Contaminantes del combustible		Descripción	37
Water	11	Tabla (límites)	37
Agua	11	Problemas y causas	38
Separación del agua	12	Mezclas de combustibles (pesados)	39
Sedimento	12	Descripción	39
Lodos y fibras	13	Aspectos económicos de utilizar combustibles	
Presión de vapor Reid	14	pesados	41
Asfaltinas	14	Costos de instalación asociados con	
Microorganismos en el combustible	14	el uso de combustible pesado	41
Corrosión		Cómo su Garantía Caterpillar se aplica	
Corrosión de la tira de cobre	16	al uso de los combustibles pesados	42
Sulfuro de hidrógeno	16	Las recomendaciones de Caterpillar sobre	
Azufre		el combustible pesado	42
Vanadio	17	Mezclas de combustibles	42
Sodio	18	Tabla (límites)	43
Depósitos de la cámara de combustión		Problemas y causas	43
Residuo de carbón	19	Sistemas de combustible Cat	44
Ceniza	19	Mantenimiento del sistema de combustible	46
Compuestos aromáticos	20	Publicaciones sobre combustibles disponibles de	
Características de combustión		Caterpillar	50
Curva de destilación atmosférica	21	Tabla de viscosidad	51
Características de arranque			
Índice o número de cetano	22		
Punto de inflamación	22		
Aire	23		
Abrasivo			
Finos catalíticos	24		

Introducción

El combustible surte un efecto mayor que la simple creación de potencia sobre la operación de su motor. Es muy probable que el combustible represente su mayor gasto de operación. A menudo, mientras aumentan los costos del combustible, la calidad del combustible disponible disminuye. La calidad del combustible que se utiliza determina la larga duración de muchos componentes que son vitales para su motor. Es por esto que es importante comprender los efectos que pueden tener un combustible de calidad inferior en su motor. Muchos propietarios de motores grandes están considerando seriamente el uso de combustibles alternativos para ayudar a reducir los costos cada vez mayores de combustible. El uso de un combustible incorrecto puede ser causa del desgaste excesivo del motor y, posiblemente, la avería prematura del motor. En este libro se describen algunas de las características más importantes del combustible, para que usted pueda comprar combustible con inteligencia, y pueda asegurarse de que su motor está operando eficientemente.



Una breve descripción del combustible

Figura 1: El costo de combustible es el gasto individual mayor durante la vida de un motor

El combustible produce potencia en un motor diesel cuando se atomiza y se mezcla con aire en la cámara de combustión. La presión que se crea con la subida del pistón en el cilindro causa un aumento rápido de temperatura. Cuando se inyecta el combustible, la mezcla de combustible/aire se inflama, y la energía del combustible se desprende para forzar los pistones hacia abajo y hacer girar el cigüeñal. Un combustible perfecto se quemaría completamente, y no dejaría residuos ni productos de humo. A pesar de que los combustibles destilados y las tecnologías de com-

bustión se están mejorando para quemar de manera más limpia que nunca, no existe el combustible perfecto. Los gobiernos están exigiendo niveles menores de contaminación de los motores diesel al imponer reglamentos sobre los combustibles diesel y sobre las certificaciones de motores. Esto representa un desafío para los proveedores de combustible y también para los fabricantes de motor, en cuanto que deben crear nuevas soluciones

Obtenga los hechos sobre el combustible

El precio no es el único factor que se debe tomar en cuenta al considerar el combustible para su motor. Antes de tomar una decisión sobre el tipo de combustible que va a utilizar, lea esta publicación. Contiene explicaciones básicas y fáciles de comprender sobre las funciones y propiedades del combustible, y sobre la forma en que afectan a su motor.

Una vez que comprenda las diferencias entre los combustibles, le será más fácil comprender las consecuencias de utilizar un combustible incorrecto o de baja calidad.

Esta publicación presenta las generalidades de información básica sobre combustibles. Consulte la lista de publicaciones que se encuentra al final de este libro para un listado de publicaciones que proporcionan mayores detalles sobre ciertos temas particulares.

Recuerde - un combustible limpio que cumpla con las recomendaciones de Caterpillar sobre combustibles, le proporcionará una vida útil y rendimiento normales a su motor; si no es así, corre el riesgo de que no se cumpla lo anterior.

Selección de combustible

Se sabe por experiencia que los combustibles destilados que satisfacen las especificaciones básicas, producen un rendimiento y durabilidad óptimos del motor. Según los costos y la disponibilidad del combustible, la aplicación correcta de combustibles alternativos, tales como: el petróleo crudo, las mezclas, el biodiesel, o los combustibles residuales pueden también proveer una operación de motor a costo competitivo, según la aplicación. Antes de describir estos combustibles, necesitamos definir las propiedades de los mismos y sus efectos sobre la operación del motor y sobre los sistemas de manejo de combustible.

Contenido de energía

La calidad del combustible puede afectar, de forma significativa, el rendimiento y mantenimiento de cualquier motor diesel. Es importante entender las propiedades básicas de los combustibles para poder determinar la calidad de los mismos. Las siguientes propiedades influyen en las operaciones del motor diesel, y en sus sistemas de manejo y tratamiento de combustible.

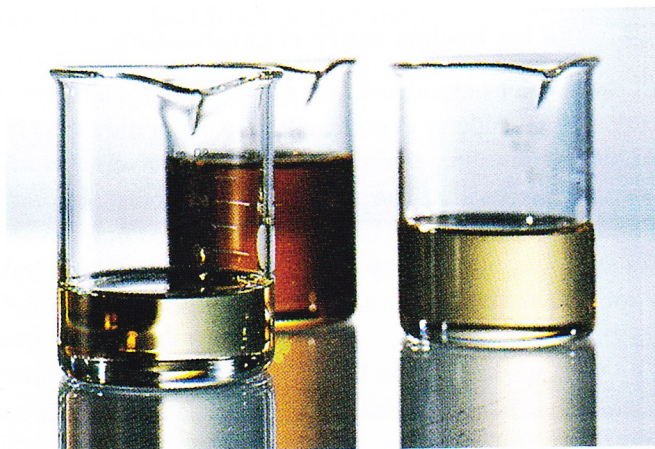


Figura 2: La calidad del combustible no siempre se puede determinar visualmente. Todas o ningunas de estas muestras pueden ser de "buenos" combustibles.

Peso específico

El peso específico del combustible diesel es el peso de un cierto volumen comparado con el peso del mismo volumen de agua a la misma temperatura. Mientras más alto sea el peso específico, más pesado será el combustible. Los combustibles más pesados producen más energía o potencia por volumen para el uso del motor.

El peso específico se puede medir con un densímetro especial de combustible. El registro en el densímetro es una escala del Instituto Americano del Petróleo (API). Es una escala inversa del peso específico. Es decir, cuanto mayor sea el número API, más ligero el combustible. Para la mayoría de los motores diesel Caterpillar, un registro API de 35 sería óptimo. Los combustibles más ligeros, como el queroseno, pueden tener un número API entre 40 y 44.

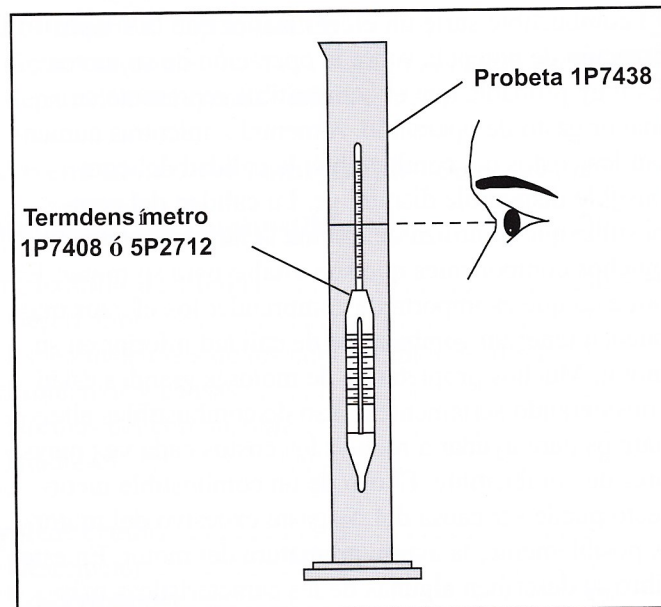


Figura 3: Probeta 1P7438, Termdensímetro 1P7408 (29 a 41 API), Termdensímetro 5P2712 (39 a 51 API).

El densímetro flota en el combustible. Se puede observar que el punto en el cual el nivel del líquido interseca la escala del densímetro y así determinar el peso API del combustible. El registro en el densímetro está afectado por la temperatura del combustible. Utilice siempre la tabla de correcciones incluida con el instrumento para compensar la temperatura real del combustible. Se proveen instrucciones detalladas en el Manual de operación de herramientas "Juego de prueba de calibración de fluidos de equipo de inyección 9U7840", Formulario No. NEHS0607-01.

Efectos sobre el motor

Combustibles ligeros:

Los combustibles más ligeros, como el queroseno, no producirán potencia de régimen. (Las hojas de especificaciones normalmente indican las clasificaciones cuando se utiliza combustible con peso específico API de 35 a 29°C [85°F], lo cual pesa 7,001 libras por galón, y produce 18.390 BTU por libra. El mismo combustible con peso específico API de 35, pesa 7,076 libras por galón a 15°C [60°F]). Al comparar el consumo de combustible o el rendimiento del motor, averigüe siempre la temperatura de la medida del combustible para poder determinar el peso específico y la densidad correctos.

Los parámetros de un combustible de motor no se deben ajustar para compensar la pérdida de potencia debida a los combustibles más ligeros (con un número de peso específico API mayor de 35). La vida útil de los componentes del sistema de combustible puede disminuir con combustibles muy ligeros, debido a que la lubricación será menos efectiva por causa de la baja viscosidad.

Los combustibles más ligeros también pueden ser una mezcla de etanol o metanol con combustible diesel. La mezcla de alcohol (etanol o metanol) o gasolina con un combustible diesel creará una atmósfera explosiva en el tanque de combustible. Además, la condensación de agua en el tanque puede hacer que el alcohol se separe y se estratifique en el tanque. Caterpillar no recomienda utilizar dichas mezclas.

Combustibles pesados:

Un combustible pesado tiende a formar más depósitos en la cámara de combustión, los cuales pueden producir un desgaste anormal en la camisa de cilindro y en los anillos. Este problema es más evidente en motores pequeños de alta velocidad. Vea la sección "Mezclas de combustibles [pesados]" en la página 39.

Medidas para corregir el peso específico:

La única manera de corregir los problemas de densidad de los combustibles es mezclarlos.

Tabla API (Instituto Americano del Petróleo)

PESOS ESPECIFICOS Y DENSIDADES DEL COMBUSTIBLE		
Gravedad		Densidad
Grados API a 15°C (60° F)	Peso específico a 15°C (60° F)	Pounds per Gallon
25	0,9042	7,529
26	0,8984	7,481
27	0,8927	7,434
28	0,8871	7,387
29	0,8816	7,341
30	0,8762	7,296
31	0,8708	7,251
32	0,8654	7,206
33	0,8602	7,163
34	0,8550	7,119
35	0,8498	7,076
36	0,8448	7,034
37	0,8398	6,93
38	0,8348	6,951
39	0,8299	6,910
40	0,8251	6,870
41	0,8203	6,830
42	0,8155	6,790
43	0,8109	6,752
44	0,8063	6,713
45	0,8017	6,675
46	0,7972	6,637
47	0,7927	6,600
48	0,7883	6,563
49	0,7839	6,526

Figura 4: Tabla API (Instituto Americano del Petróleo)

Lubricación y facilidad de bombeo

Viscosidad

La viscosidad es una medida de la resistencia de un líquido al flujo. Alta viscosidad significa que el combustible es espeso y no fluye con facilidad. El combustible con una viscosidad incorrecta (demasiado alta o demasiado baja) puede causar daño al motor.

Al comparar las viscosidades, asegúrese de que se midan a la misma temperatura de combustible. Caterpillar recomienda una viscosidad entre 1,4 y 20 centistokes al llegar a la bomba de inyección de combustible. Los motores con inyectores unitarios pueden anticipar un aumento de temperatura de 20°C (36°F) entre la bomba de transferencia y el inyector.

Efectos sobre el motor

Los combustibles de alta viscosidad acelerarán el desgaste del tren de engranajes, levas, y el seguidor de leva en el conjunto de la bomba de combustible, debido a la mayor presión de inyección. El combustible de alta viscosidad también se atomiza con menor eficiencia y el motor será más difícil de arrancar.

Es posible que los combustibles de baja viscosidad no provean lubricación adecuada para los émbolos, cañones e inyectores, lo cual causaría restregado excesivo y agarrotamiento; su uso debe evaluarse cuidadosamente.

La viscosidad y los combustibles pesados

NOTA: No utilice combustibles pesados en un motor que no está configurado para el uso de combustibles pesados.

Los motores Caterpillar de las familias 3500 y 3600 pueden funcionar utilizando una mezcla de combustibles pesados y destilados. La viscosidad es un factor clave. Con modificaciones especiales, los motores de la Familia 3500 pueden utilizar combustibles con una viscosidad de hasta 180 cSt. Los motores modificados de la Familia 3600 pueden utilizar combustible con clasificación de 380 cSt o mayor. Los combustibles pesados deben diluirse o calentarse hasta que alcancen una viscosidad de 20 cSt o menos antes de que lleguen al sistema de combustible. A menos que las rpm del motor sean muy bajas, existen pocas ventajas económicas al intentar de tratar el combustible con una viscosidad superior a 380 cSt.

Medidas para corregir los problemas de viscosidad:

Para tratar combustibles de alta viscosidad, es posible que se necesiten ciertos requisitos adicionales de instalación, según la viscosidad exacta. Es posible que la instalación requiera:

- Calentamiento del tanque y de las tuberías de combustible
- Centrifugación y filtración de contralavado
- Bombas de transferencia de combustión impulsadas externamente
- Filtración adicional del combustible
- Lavado de la turbina de escape del turbocompresor (motores de la Familia 3600).

Consulte la sección de Aceite combustible pesado de las "Recomendaciones de fluidos de motores para lubricantes, combustibles y refrigerantes", SEBU7003, o comuníquese con su distribuidor Caterpillar para más información sobre el combustible pesado.

Lubricidad y combustible con bajo nivel de azufre

La lubricidad del fluido describe la capacidad del fluido para reducir la fricción entre superficies que están bajo carga. Esta capacidad reduce el daño que se ha causado por la fricción. Los sistemas de inyección de combustible cuentan con las propiedades de lubricación del combustible.

NOTA: La lubricidad del combustible es importante. Se debe considerar la lubricidad del combustible siempre que se opere el equipo bajo condiciones árticas. Además, se debe considerar la lubricidad del combustible siempre que se utilicen combustibles bajos en viscosidad. Hay muchos aditivos de otras marcas que están disponibles para tratar el combustible. Si la lubricidad del combustible es un problema, consulte a su proveedor de combustible para las recomendaciones apropiadas con respecto a los aditivos de combustible.

La remoción de azufre del combustible diesel ayuda a reducir las emisiones de partículas de los motores diesel. Por esta razón, muchos gobiernos han requerido el uso de combustibles con bajo nivel de azufre. Se pueden esperar límites más bajos de azufre en el futuro a medida que se continúan haciendo reglamentos más estrictos. Hasta que se establecieron límites con respecto a la cantidad de azufre en el combustible, se creía que la lubricidad del combustible era una función de la viscosidad del combustible.

El proceso que más comúnmente se utiliza para quitar el azufre del combustible se llama Hidrotratamiento. Cada fuente de petróleo crudo contiene diferentes cantidades de azufre. Los petróleos crudos con niveles bajos de azufre requieren poco hidrotratamiento. Los petróleos crudos con alto contenido de azufre requieren un tratamiento más riguroso.

El hidrotratamiento quita el azufre del combustible y también otros componentes. El tratamiento quita los compuestos de nitrógeno, materiales polares, aromáticos bicíclicos, aromáticos policíclicos, y compuestos de oxígeno. Aunque la remoción de azufre no ha demostrado ningún efecto perjudicial para el motor, la remoción de otros compuestos ha reducido la lubricidad del combustible. Como resultado de la reducción de lubricidad, el combustible es menos tolerante a la contaminación por agua y por escombros. La lubricidad menor del combustible se puede apreciar en la forma de desgaste abrasivo de los componentes del sistema de combustible. Es posible que los combustibles que tienen baja lubricidad no puedan proveer lubricación suficiente para los émbolos y cañones de los inyectores. Este problema se puede multiplicar en los lugares que requieren mezclas de combustible para tiempo frío. La mezcla más ligera de combustible para tiempo frío tiene las siguientes características: viscosidad más baja, punto de enturbiamiento y punto de fluidez más bajos.

No todos los combustibles con niveles bajos de azufre tienen baja lubricidad. La lubricidad del combustible se puede mejorar con aditivos. Muchos proveedores tratan el combustible con estos aditivos. No utilice un aditivo para la lubricidad del combustible antes de consultar a su proveedor de combustibles. Es posible que algunos aditivos de la competencia no sean compatibles con los aditivos que ya se encuentran en el combustible. Es posible que algunos de los paquetes

de aditivos proporcionados por otros fabricantes no sean compatibles con los sellos que se utilizan en los sistemas de combustible de algunos motores diesel. Algunos paquetes de aditivos proporcionados por otros fabricantes no pueden proveer el rendimiento adecuado bajo condiciones de temperaturas altas. Estos aditivos pueden dejar depósitos debido a las altas temperaturas que existen en los sistemas de combustible de los motores diesel.

Lleve a cabo las siguientes tareas para ayudar a lograr la vida útil máxima del sistema de combustible: Utilice un proveedor confiable de combustible, realice el mantenimiento correcto del sistema de combustible, e instale filtros de combustible de alta eficiencia Caterpillar en el sistema de combustible.

NOTA: A menudo se utilizan combustibles más ligeros en temperaturas árticas. Los combustibles más ligeros pueden incluir los siguientes combustibles: Jet A-1, JP-8, JP-5 y queroseno. La lubricidad del combustible no es un requisito de las especificaciones de estos combustibles. No suponga que un combustible cumple con las especificaciones mínimas de Caterpillar. Comuníquese con el proveedor de combustible para las recomendaciones correctas sobre los aditivos de lubricidad para el combustible.

Punto de enturbiamiento

El punto de enturbiamiento de un combustible es aquella temperatura a la cual el combustible se enturbia, como si contuviera nubes o brumo. Este aspecto se debe a la caída de la temperatura a niveles más bajos del punto de fusión de las ceras o parafinas que ocurren naturalmente en los productos petrolíferos.

Efectos sobre el motor

El punto de enturbiamiento del combustible debe ser menor que la temperatura exterior (ambiente) más baja, para evitar el taponamiento de los filtros.

El punto de enturbiamiento y de fluidez se determinan por medio del proceso de refinamiento. Generalmente, el punto de enturbiamiento es más importante para usted, ya que es a esta temperatura que comienza a ocurrir el taponamiento del filtro de combustible, lo que detiene el flujo de combustible al motor.

Medidas para superar una temperatura elevada de enturbiamiento

Se pueden adoptar tres medidas para tratar los combustibles con puntos altos de enturbiamiento.

- Utilice un calentador de combustible cuando la temperatura exterior sea inferior a la temperatura de enturbiamiento del combustible. Como ésta es también la temperatura a que se derrite la cera, cuando la temperatura de su combustible se mantiene por encima de la temperatura de enturbiamiento, la cera permanecerá derretida en el combustible. El calentador debe calentar el combustible antes de que circule por el/los filtro/s. Los calentadores a menudo utilizan el refrigerante del motor para calentar el combustible e impedir la formación de partículas de cera. Asegúrese de que el calentador tenga la capacidad para administrar el flujo máximo de combustible al motor.

Cuando la temperatura ambiente sea lo suficientemente baja para requerir el uso de un calentador de combustible, arranque y deje funcionar el motor a velocidad baja en vacío hasta que la temperatura del combustible sea lo suficientemente alta para prevenir la formación de cera en el circuito del filtro de combustible del motor. De lo contrario, las proporciones altas de combustible con el combustible frío aumentarán el riesgo de taponamiento.

NOTA: No permita que se caliente demasiado el combustible, ya que el combustible a más de 52°C (125°F) afectará negativamente la potencia del motor. Nunca sobrepase los 75°C (165°F) con combustible destilado puro. Las temperaturas elevadas del combustible afectan también su viscosidad.

Cuando la viscosidad del combustible baja a menos de 1,4 cSt, puede dañarse la bomba.

Vea la publicación LEKQ4065, "Calentadores de combustible para operaciones en tiempo frío", Hoja de especificaciones de motores 64.5, para obtener más información sobre el calentamiento de los combustibles diesel No. 1 y No. 2. La Instrucción Especial, Formulario SEHS7653-02, explica cómo instalar el calentador de combustible 8N9754 en la mayoría de los motores Caterpillar. Refiérase también a las siguientes publicaciones para obtener información sobre otros calentadores de combustible:

Información Técnica, "Nuevo calentador de combustible evita problemas ocasionados por bajas temperaturas", 7 de octubre de 1985, Formulario número SEBD1584, página 10

Información Técnica, "Dos nuevos calentadores de combustible disponibles para usar en tiempo frío", 3 de noviembre de 1986, Formulario número SEBD1686, página 4

Información Técnica, "Ahora hay calentadores de combustible disponibles como accesorios para algunas máquinas", 18 de agosto de 1980, Formulario número SEBD1027, página 3

Instrucción Especial, Formulario Número SEHS7643.

- También se pueden diluir los combustibles de alta temperatura de enturbiamiento con un combustible de baja temperatura de enturbiamiento, como el queroseno. La ilustración a continuación contiene una tabla que se puede utilizar para buscar la mezcla necesaria para dos combustibles con temperaturas diferentes de enturbiamiento. Para usar la tabla, se debe saber el punto exacto de enturbiamiento del combustible de cada combustible. Esta especificación puede cambiar entre una compra de combustible y la próxima. Esta especificación generalmente está disponible por medio del proveedor del combustible. Cuando no están disponibles los combustibles que tienen un punto de enturbiamiento más bajo, este método no se puede utilizar.

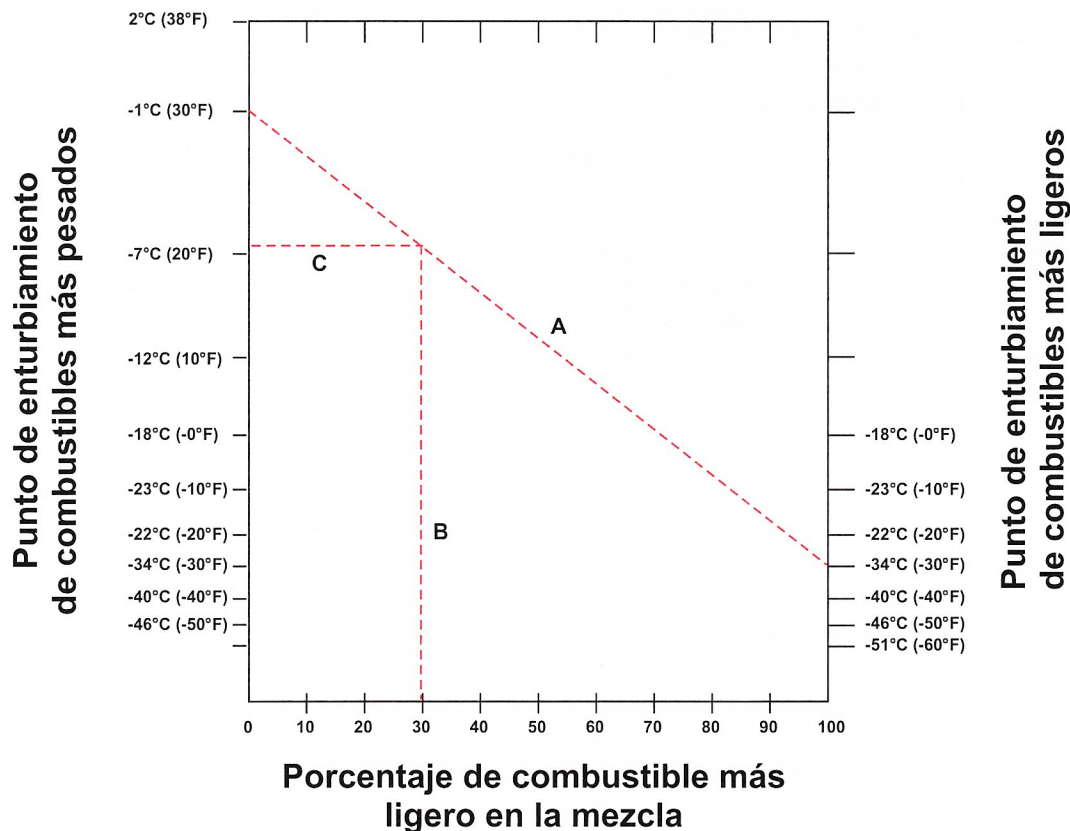


Figura 5: Las mezclas de combustible para reducir el punto de enturbiamiento

- El fabricante de combustible también puede añadir mejoradores de flujo (modificadores de cristal de cera) al combustible. Estos no cambian el punto de enturbiamiento del combustible sino que mantienen suficientemente pequeños los cristales de cera para que puedan pasar por el filtro de combustible. Caterpillar no recomienda el uso de mejoradores de flujo de combustible del mercado secundario debido a posibles problemas de compatibilidad.

Para combustibles pesados y mezclados, vea la sección "Mezclas de combustibles [pesados]" en esta publicación.

Punto de fluidez

El punto de fluidez de un combustible es la temperatura que es 3°C (5°F) mayor que la temperatura que se requiere para que fluya el combustible. El punto de fluidez se encuentra a una temperatura inferior a la del punto de enturbiamiento del combustible. El combustible deja de fluir cuando está a una temperatura inferior al punto de fluidez.

Para medir el punto de fluidez, la temperatura del combustible se reduce a una temperatura menor que la del punto de enturbiamiento de 3°C (5°F) a la vez. La temperatura se reduce hasta que el combustible deja de fluir. El punto de fluidez es la última temperatura que se indica antes de que deje fluir el combustible. En el punto de fluidez, la cera se ha solidificado, y se ha separado del combustible. Esto hace que el combustible sea más sólido que líquido. El punto de fluidez del combustible se puede mejorar. Esto no requiere la remoción de elementos importantes. Este proceso es el mismo que se utiliza para mejorar el punto de enturbiamiento de un combustible.

El punto de fluidez de un combustible debe ser por lo menos 6°C (10°F) menos que la temperatura ambiente más baja que se requiere para el arranque y para la operación del motor. Para operar el motor a temperaturas extremadamente frías, es posible que se necesite combustible No. 1 ó No. 1-D, debido a los puntos de fluidez más bajos de estos combustibles.

Lubricación y facilidad de bombeo

Medidas para superar una temperatura elevada del punto de fluidez

NOTA: Caterpillar no recomienda el uso de mejoradores de flujo de combustible del mercado secundario debido a posibles problemas de compatibilidad.

- El fabricante del combustible puede añadir mejoradores de flujo frío al combustible. Los mejoradores de flujo frío modifican los cristales de cera en los combustibles. Los mejoradores de flujo frío no cambian el punto de enturbiamiento del combustible. Sin embargo, los mejoradores de flujo frío mantienen suficientemente pequeños los cristales de cera para que puedan pasar por los filtros estándar de combustible.
- Los calentadores de combustible normalmente no pueden resolver los problemas relacionados con las altas temperaturas del punto de fluidez. La misma tabla que se utilizó para el punto de enturbiamiento se puede utilizar para un estimado de los puntos de fluidez. Esto sólo es así si los combustibles no contienen aditivos que cambian el punto de fluidez.

Contaminantes del combustible

Acabamos de examinar las propiedades básicas de los combustibles y sus efectos sobre un motor. Es importante también comprender los contaminantes. Los contaminantes son elementos externos que pueden introducirse en el combustible y causar problemas.

Agua

El agua se puede convertir en un contaminante si se introduce en el combustible durante el transporte, o como resultado de la condensación durante el período del almacenamiento. Hay tres tipos de humedad en el combustible: la humedad disuelta (la humedad en solución), la humedad libre y dispersa en el combustible, y la humedad libre y sedimentada que se encuentra en el fondo del tanque.

La mayoría de los combustibles diesel contienen cierta cantidad de humedad disuelta. Al igual que la humedad en el aire, el combustible sólo puede contener una cantidad máxima específica de humedad a cualquier temperatura dada. Mientras baja la temperatura, menor será la cantidad de humedad que se puede hallar en el combustible. Por ejemplo, un combustible puede contener 100 ppm (0,010 por ciento) de agua en una solución a 18°C (65°F). Es posible que este mismo combustible pueda contener sólo 30 ppm (0,003 por ciento) a 4°C (40°F).

Después que el combustible haya absorbido la máxima cantidad posible de agua, el agua adicional estará libre y dispersa. La humedad libre y dispersa consiste en gotas finas de agua que están suspendidas en el combustible. Dado que el agua es más pesada que el combustible, el agua se liberará lentamente y se depositará en el fondo del tanque. En el ejemplo anterior, cuando la temperatura del combustible se redujo desde 18°C (65°F) a 4°C (40°F), se liberaron y se dispersaron 70 ppm de agua en el combustible.

Efectos sobre el motor

El agua excesiva en el combustible causará daños a la bomba de combustible y al inyector, en la mayoría de los sistemas de combustible modernos que utilizan combustible para lubricar la bomba o los inyectores unitarios. El agua excesiva destruye la resistencia de la película protectora del combustible, y lleva al restregado del émbolo y averías por agarrotamiento. Ver Figura 6 en esta página. La remoción del exceso de agua es extremadamente importante al usar combustibles con bajo contenido de azufre.



Figura 6: Desgaste del émbolo por restregado debido a que el agua en el combustible destruye la película de lubricación

A bajas temperaturas, la humedad dispersa se puede congelar en pequeñas partículas de hielo que pueden taponar los filtros de combustible. El agua puede causar excesos de lodos en el separador después que el combustible se ha centrifugado.

El agua salada es la fuente mayor de depósitos y corrosión en los motores marinos, especialmente en las partes de los motores marinos que alcanzan altas temperaturas. El agua salada puede producir depósitos en los inyectores de combustible y en las ranuras de los anillos de pistón, y desgaste en los conjuntos de émbolo y cañón del sistema de combustible.

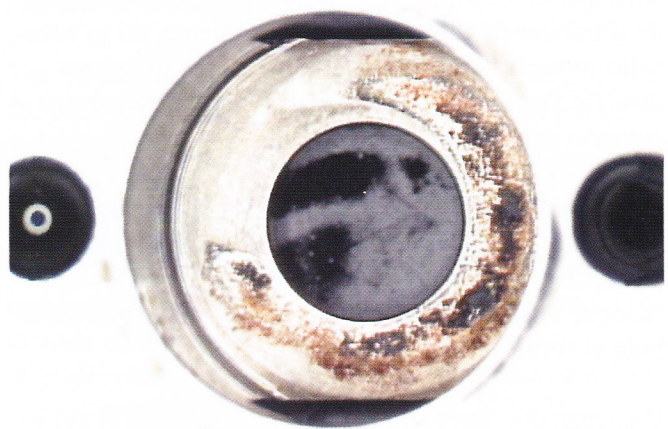


Figura 7: Ejemplo de un componente de inyector corroído debido a la presencia de agua en el combustible

Medidas para contrarrestar los efectos del agua

- El agua se puede reducir al drenar el tanque de combustible en forma regular, en un contenedor apropiado.

Contaminantes del combustible

NOTA: Deseche los fluidos drenados según los reglamentos locales.

- Obtenga su combustible de fuentes confiables.
- Se deben utilizar separadores de agua siempre que sea posible. Su distribuidor Caterpillar le puede sugerir los separadores de agua apropiados para su aplicación.
- La remoción del agua salada en ciertas aplicaciones requiere el uso de centrífugas.

Separación del agua

Los separadores de agua son sumamente importantes en el tratamiento de los combustibles. Los residuos de agua en el combustible pueden causar averías por corrosión o restregado por falta de lubricación. Los separadores se deben utilizar en motores con inyectores unitarios y sistemas de combustible de dosificación con manguito, en los cuales el combustible lubrica la bomba de combustible o los inyectores.

Existen dos tipos de separadores de agua. El tipo "sedimento" se utiliza cuando se instala el separador de agua antes de la bomba de combustible. Para que el sedimento se deposite correctamente, el tanque de combustible debe ubicarse en un lugar que no está sometido a movimientos violentos.

Un separador de agua tipo sedimento no tiene medios de filtración en el elemento. Normalmente, no es necesario reemplazar el elemento a intervalos programados. Tal vez tenga que reemplazar el elemento si está cubierto por dentro con suciedad.

El separador tipo "conglutinado" debe utilizarse si el agua en el combustible está mezclada o separada en pequeñas partículas que no se sedimentan. Este separador se utiliza si las partículas son tan finas que enturbian el combustible.

Un separador tipo conglutinado separará toda el agua del combustible. Se puede ubicar en cualquier punto de la tubería del combustible, tal como junto a los componentes que requieren la mayor protección contra el agua. Los elementos están compuestos de un filtro de papel de dos etapas que se puede reemplazar. Se puede determinar si el elemento está taponado cuando no hay suficiente presión de combustible.

El separador de agua que se muestra a mano izquierda, tiene un lugar para un sensor de agua disponible. Este sensor da la alerta al operador con una luz cuando el depósito del separador se debe vaciar, para reducir el riesgo de que el agua ingrese al sistema de combustible.



Figura 8: Separadores de agua

Sedimento

El sedimento consiste en sustancias tales como la herrumbre, las incrustaciones, escorias de soldadura, suciedad y otros desechos que a menudo se introducen en los tanques de combustible y causan problemas. La mayoría de los sedimentos se pueden eliminar por medio de la sedimentación, colado/filtración, o centrifugación. Los combustibles de mayor viscosidad (más espesos) y mayor peso específico (más pesados), a menudo tienen más sedimentos porque el proceso de sedimentación es más lento. Al aumentar el sedimento, la cantidad de energía utilizable en el combustible disminuye.

Todo combustible debe estar limpio antes de que llegue al sistema de combustible en el motor. Para la mayoría de los combustibles destilados, este proceso de limpieza consiste en un filtro primario y un filtro secundario. Para los combustibles pesados, el proceso es mucho más complejo (vea la sección sobre "Tratamiento de combustibles").



Figura 9: Ejemplo de restregado de émbolo debido a desechos en el combustible

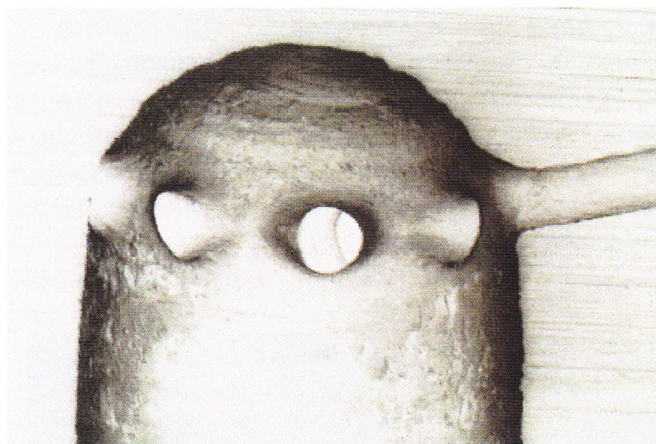


Figura 10: Desgaste del orificio de la boquilla. Sección transversal de una boquilla con 3500 horas de servicio y mantenimiento deficiente del combustible. Fotografía ampliada 50 veces

Es importante que usted sepa el porcentaje de sedimento en el combustible que compra. Si el sedimento o el agua de los combustibles destilados excede un 0,05% al motor, considere otras fuentes de combustible o filtración especial, centrifugación o procedimientos de sedimentación. Se debe probar el combustible a menudo para saber el contenido de sedimento y agua. Las pruebas constituyen la única forma de asegurarse de que realmente está recibiendo combustible de la calidad que espera.

Reducción de los efectos causados por altos porcentajes de sedimento

El sedimento quedará gradualmente atrapado en el filtro de combustible, pero esto puede originar gastos adicionales debido a cambios más frecuentes de filtros. Si el sedimento no se elimina antes de que entra al sistema de combustible del motor, puede causar un des-

gaste importante del sistema de combustible. Vea la Figura 9 en esta página. Es importante eliminar tanto sedimento como sea posible antes de que el combustible llegue a su motor. Esto reduce la contaminación debido a la ceniza y partículas contaminantes que causan depósitos, corrosión y desgaste abrasivo.

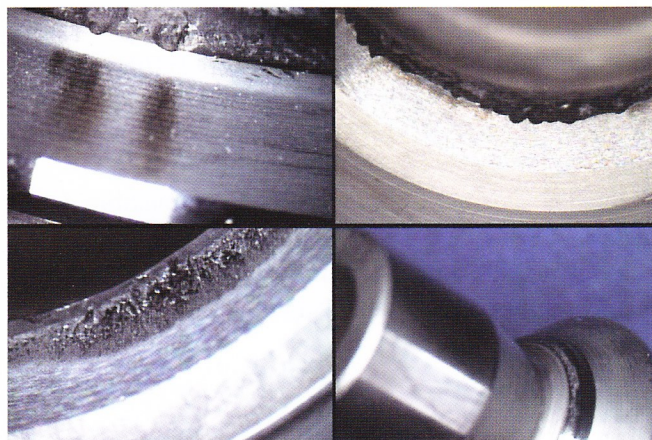


Figura 11: Ejemplo de daños de contrapunta debido a la presencia de desechos en el combustible

Dé tiempo para que el sedimento se deposite en el fondo del tanque. Su motor utilizará el combustible más limpio de la parte superior, y usted puede drenar el sedimento del fondo. Sin embargo, a medida que aumenta el peso específico, el método de sedimentación se torna menos efectivo.

Vea "Métodos de tratamiento del combustible", página 26, para reducir el taponamiento de los filtros por el sedimento.

Lodos y fibras

Tanto el lodo como las fibras pueden contaminar el combustible durante su manejo y almacenamiento. Los tanques de almacenamiento, las tuberías de combustible y el transporte por barcaza, contribuyen a estos contaminantes.

Efectos sobre el motor

Las fibras no se pueden eliminar excepto por filtración. El lodo obstruirá rápidamente los purificadores centrífugos. Ambos contaminantes taponarán las rejillas y filtros de combustible. Si se utiliza combustible contaminado de lodo, se taponará el filtro.

Contaminantes del combustible

La única solución en caso de problemas de lodo o fibras es reemplazar (o limpiar) los filtros a menudo, hasta que se use todo el combustible contaminado, y luego limpiar el tanque de combustible y usar combustible limpio.

El lodo y las mezclas de combustible

Los combustibles deben ser compatibles para mezclarse correctamente. Para evitar la formación de lodo que ocurre cuando los combustibles no se mezclan correctamente, pruebe todo combustible de dilución y combustibles pesados antes de mezclar. Mantenga separados sus tanques de combustible. La incompatibilidad se produce, a menudo, al mezclar el combustible de tanques diferentes. Mantenga el combustible en tanques de almacenamiento, sedimentación y servicio separados.

Los lodos causan lo siguiente:

- El taponamiento rápido de la rejilla y el separador
- Agarrotamiento de las bombas de inyección
- Depósitos en los inyectores
- Depósitos en las válvulas de escape
- Depósitos en la turbina del turbocompresor

Una vez que se descubra el lodo, dispone de sólo dos opciones. Puede seguir utilizando el combustible (con costos mayores de mantenimiento y filtros), o puede cambiar de tanques de abastecimiento de combustible, eliminar el combustible de mala calidad, y limpiar el tanque contaminado.

Presión de vapor Reid

Todos los líquidos se pueden vaporizar o gasificar al ser calentados. Si la presión de vapor es demasiado alta, puede haber una interrupción en el flujo de combustible a la bomba de combustible. En este caso, el vapor desplazará el combustible líquido.

Los combustibles más ligeros y el petróleo crudo originan vapor a mayores presiones que los combustibles más pesados. Se puede utilizar un eliminador de aire, o purgador de condensación para minimizar el efecto del flujo interrumpido de combustible debido a la bolsa de vapor. El vapor es altamente volátil. Se requiere una ventilación adecuada del tanque para eliminar la posibilidad de daños a los tanques de combustible, y reducir el riesgo de explosión. Una presión de vapor Reid de más de 20 lb/pulg² necesitará una ventilación

adecuada y un purgador de condensación. Todos los tanques deben ventilarse de forma adecuada y eliminar los vapores adecuadamente.

El combustible se puede contaminar por medio de los respiraderos del tanque. Se recomienda la instalación de un filtro de respiradero de dos micrones en todos los respiraderos de tanque bajo condiciones de operación donde haya polvo.

Asfaltenos

Los asfaltenos son componentes del asfalto que son insolubles en nafta de petróleo y heptanos calientes, pero son solubles en bisulfuro de carbono y benceno. Son duros y quebradizos, y están constituidos por moléculas largas de mucho peso. En altas concentraciones, los asfaltenos pueden causar el taponamiento de los filtros. A menudo contienen metales pesados como níquel, hierro y vanadio. Se requiere el uso de un lavado de turbina lateral de escape para eliminar los depósitos. Los asfaltenos no están presentes en los combustibles destilados.

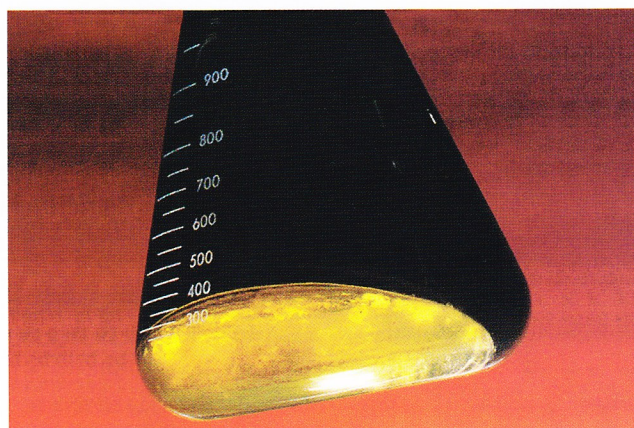


Figura 12: Microorganismos en el combustible

Microorganismos en el combustible

Tanto el agua como los combustibles ofrecen un medio para el crecimiento de bacterias. Estas simples formas de vida viven en el agua, y se alimentan de combustible.

Efectos sobre el motor

Los microorganismos u hongos en el combustible corroen y taponan los filtros. Las bacterias pueden ser de cualquier color, pero normalmente son de color negro, verde o castaño. Las bacterias se reproducen formando largas cadenas y tienen un aspecto viscoso. La adición de un biocida al combustible eliminara su crecimiento y/o detendrá su formación. La filtración del combustible, o la disposición correcta después de utilizar el biocida, se requiere para eliminar el taponamiento del filtro. Utilice biocida como Biobor® fabricado por la siguiente compañía:

Hammonds Fuel Additives
Hammonds Companies
15760 W. Hardy Road, Suite 400
Houston, TX 77060
EE.UU.
Teléfono: 1-800-548-9166
telefax: (281) 847-5129
www.hammondscos.com/fuel/biobor_jf.html

Medidas para minimizar los problemas con la actividad bacterial:

- Se debe evitar los largos períodos de almacenamiento del combustible. No almacene el combustible por más de un año.
- Minimice el contacto del combustible con el agua, lo cual favorece la actividad bacterial, ya que el crecimiento bacterial ocurre en la interfaz del agua y el combustible.

Corrosión

Corrosión de la tira de cobre

La corrosión de la tira de cobre consiste en el cambio de color de una tira de cobre pulido cuando se sumerge en combustible por tres horas a 100°C (212°F). Cualquier combustible que muestre más que el mínimo de cambio de color se debe rechazar.

Muchas piezas del motor están fabricadas de cobre o aleación de cobre. Es esencial que el combustible que haga contacto con estas piezas no las corroa. Existen ciertos derivados de azufre en el combustible que constituyen fuentes probables de corrosión.

La prueba de corrosión de la tira de cobre es un procedimiento universalmente aceptado para evaluar las propiedades corrosivas de los aceites y los combustibles en el cobre.

Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno (H_2S), un gas venenoso, está presente en ciertos tipos de petróleo crudo y combustibles residuales. Los motores se pueden dañar si la concentración de sulfuro de hidrógeno es lo suficientemente alta. El contenido del sulfuro de hidrógeno se debe tomar en cuenta, además de las recomendaciones normales sobre el azufre - página 16. El vapor del agua, que es un producto de la combustión interna, puede mezclarse con sulfuro de hidrógeno para formar un líquido corrosivo y más fuerte - ácido sulfúrico (H_2SO_4). Los componentes internos, particularmente las guías de válvulas, los anillos de pistón, y las camisas de cilindro se desgastan con mayor rapidez en presencia de ácido sulfúrico. También se acorta la vida útil del motor.

Medidas para impedir daños por causa del sulfuro de hidrógeno

Los aceites de motor recomendados por Caterpillar disponen de aditivos especiales para neutralizar estos tipos de productos de ácido, pero a veces esto no es suficiente. Si el análisis del combustible muestra que la concentración de sulfuro de hidrógeno es mayor que 0,05% del volumen total de combustible, se debe entonces tomar las medidas siguientes.

- La temperatura del refrigerante, según se ha medido a la salida del motor, se debe mantener a un mínimo de 88°C (190°F). Esta temperatura más alta reducirá la cantidad de agua que se condensa en las paredes de los cilindros. Vea la página 14 para obtener mayor información.
- Consulte a su distribuidor Caterpillar para mayores recomendaciones si el H_2S en su combustible es mayor que el 0,05%.

Azufre del combustible

El azufre es un elemento que ocurre en forma natural en todo los petróleos crudos. Los combustibles pesados normalmente tienen un alto contenido de azufre. Los combustibles destilados normalmente tienen un menor contenido de azufre porque éste puede reducirse o eliminarse durante el proceso de refinación. Se debe saber el contenido de azufre en su combustible. Un contenido de azufre de más de 0,5% puede acortar significativamente la vida útil del motor a menos que se tomen las medidas adecuadas.

Efectos sobre el motor

Cuando el combustible diesel con azufre se consume en una cámara de combustión de un motor, se forman óxidos de azufre que reaccionan con el vapor de agua para crear ácido sulfúrico. Al igual que con el sulfuro de hidrógeno, si estos vapores de ácidos se condensan, atacan en forma química las superficies de metal de las guías de válvula, las camisas de los cilindros, y pueden afectar los cojinetes. Por ejemplo, cuando la temperatura de la camisa de los cilindros es inferior a la temperatura de rocío del ácido sulfúrico, y el aceite de lubricación no tiene suficiente reserva de alcalinidad (Número de base total) para neutralizar el ácido, las camisas se pueden desgastar diez veces más rápidamente.

Cuando se producen los daños debido al azufre, habrá muy pocos cambios en la potencia del motor. Sin embargo, el desgaste corrosivo llevará al consumo excesivo de aceite y escapes de gases, lo que causa una reconstrucción prematura del motor.



Figura 13: Daños por causa del azufre del combustible

Medidas para tratar de prevenir los daños causados por el azufre del combustible

- Conozca el contenido del azufre de su combustible. Analice su combustible a menudo. Caterpillar recomienda que usted compruebe cada partida de combustible a granel, especialmente si hay dudas con respecto a su calidad.
- Mantenga la temperatura normal de operación en su sistema de enfriamiento por encima de los 80°C (175°F). Esto contribuirá a limitar la condensación de los vapores de compuestos de azufre en las paredes de las camisas de cilindros. Use un termostato con una temperatura de apertura mayor (82°C [180°F] en los motores con control de admisión, y 88°C [190°F] para motores con control de escape). Vea la página 13.
- Seleccione el aceite correcto con un Número de base total de 20 veces el contenido de azufre del combustible para contrarrestar la formación de ácido. Para obtener mayor información, vea "El aceite lubricante y su motor", Formulario SSBD0640.
- Siga un programa de Análisis Periódico de Aceite (S•O•S) que incluya un análisis infrarrojo.
- Siga los intervalos normales de cambio de aceite a menos que los resultados del S•O•S o el contenido de azufre indique lo contrario.
- Dé servicio al sistema de respiradero del cárter para impedir la condensación en el aceite del cárter, lo cual causará la reducción rápida de alcalinidad (Número de base total).

NOTA: La mejor manera de determinar el Número de base total de un aceite es hacer análisis de laboratorio del aceite.

Vanadio

El vanadio es un metal que está presente en ciertos combustibles pesados. No es práctico eliminar o reducir el contenido de este elemento en la refinería.

Los compuestos de vanadio también pueden acelerar la formación de depósitos. Los combustibles destilados no contienen vanadio.



Figura 14: La corrosión de las válvulas por el vanadio

Efectos sobre el motor

El vanadio en el combustible corroe rápidamente los componentes calientes. A menudo aparecerá por primera vez en la forma de escoria fundida en los asientos de las válvulas de escape.

El vanadio forma compuestos muy corrosivos durante la combustión. Estos compuestos se adhieren a las superficies metálicas calientes, como las caras de las válvulas de escape.

Los compuestos de vanadio se funden en las válvulas y quitan el revestimiento de óxido. Se pueden formar canales de fugas en la cara de la válvula. Se reduce el contacto del asiento de las válvulas y se dificulta aún más el enfriamiento. Cuando aumenta la temperatura de las válvulas, el vanadio corroe el metal aún más rápidamente. Se produce un desgaste excesivo de la cara de las válvulas. Las válvulas se pueden desgastar en unos pocos cientos de horas cuando el contenido de vanadio en el combustible es alto.

El vanadio también puede dañar las boquillas de los inyectores de combustible y los componentes de la turbina del turbocompresor.

Corrosión

Medidas para tratar de evitar los daños por corrosión causada por el vanadio

Los compuestos del vanadio deben alcanzar su punto de fusión para activarse. La mejor forma de controlar la corrosión es limitar las temperaturas de la válvula de escape, limitando la temperatura del gas de escape. Las temperaturas más bajas permiten que el motor tolere un contenido más alto de vanadio en el combustible.

La disminución de potencia del motor es un método de reducir la temperatura de las válvulas de escape. Otras medidas (que normalmente requieren cambios de diseño en el motor) son las siguientes:

- La utilización de materiales especiales, resistentes al calor.
- La rotación de las válvulas de escape (estándar en los motores Caterpillar).
- El enfriamiento especial de piezas a altas temperaturas.
- La mezcla de combustible con combustible de bajo contenido de vanadio reducirá los efectos.

Sodio o cloruro de sodio (sal)

El sodio es un elemento metálico alcalino. Es muy activo químicamente. La forma más común del sodio es la sal de mesa.

El sodio se introduce con frecuencia durante el almacenamiento o debido a procedimientos incorrectos de manejo. El sodio puede proceder directamente del agua de mar o de la condensación de aire salado en los tanques de combustible. También puede estar presente en el petróleo crudo en su forma natural.

Efectos sobre el motor

El sodio actúa como un catalizador para la corrosión del vanadio. Cuando se combina el sodio con el vanadio, estos reaccionan para formar compuestos que se funden a las temperaturas normales de operación del motor.

La combinación sodio/vanadio produce corrosión de las válvulas de escape a altas temperaturas. También se pueden formar depósitos en la turbina del turbocompresor y en las boquillas de los inyectores.

Medidas para reducir los efectos del sodio

- El combustible se puede mezclar para reducir la concentración de sodio.
- Maneje y almacene el combustible de manera que se minimice el contacto con el agua salada y con el aire cargado con agua salada.

Depósitos de la cámara de combustión

Residuos de carbón

Los residuos de carbón constituyen una medida de la tendencia de un combustible a formar carbón durante la combustión. Los combustibles ricos en carbón son más difíciles de quemar, y llevan a la formación de depósitos de hollín y carbón.

El contenido máximo de residuos de carbón permitido en el combustible depende de la velocidad del motor. En un motor de mayor velocidad, el tiempo de combustión es más corto y se pueden depositar más residuos de carbón. Generalmente, el contenido de carbón debe ser inferior al 3,5% (utilizando el método de pruebas Conradson D189 de la ASTM). El método D524 de la ASTM sirve para medir los residuos de carbón Ramsbottom.

Efectos sobre el motor

Los altos niveles de carbón pueden causar una combustión incorrecta. También pueden producirse zonas calientes en las camisas, y una película de aceite quemado. Esto puede causar el restregado de los pistones, el desgaste de las camisas de cilindro, anillos de pistón agarrados, depósitos en el turbocompresor, y depósitos en el motor.

Los depósitos pueden obstruir el motor y producir desgaste abrasivo. Los depósitos se pueden formar en las boquillas de los inyectores de combustible, en los pistones, en las válvulas y en el turbocompresor.

El carbón también puede crear lodo en la centrífuga del combustible (si existe) y taponar prematuramente el filtro de combustible. Cuando el contenido de carbón del combustible es alto, es importante limpiar la centrífuga y reemplazar los filtros de combustible con mayor frecuencia.



Figura 15: Acumulación excesiva de carbón

Ceniza

La ceniza consiste de metal y otros contaminantes que no se pueden quemar en el motor. Estos contaminantes forman depósitos de color entre amarillo y castaño claro sobre las superficies calientes del metal.

Efectos sobre el motor

Los depósitos de ceniza pueden causar el recalentamiento de superficies de metal, tales como los asientos de las válvulas de escape, ocasionando con el tiempo la avería de la válvula. La ceniza en el combustible y los depósitos de ceniza pueden producir también el desgaste abrasivo de las camisas de los cilindros, anillos del pistón, asientos de las válvulas, bombas de inyección inyectores y el turbocompresor. La ceniza también puede taponar las boquillas o inyectores de combustible.

Medidas para ayudar a impedir los depósitos de ceniza:

- Utilice filtros y tanques de sedimentación para eliminar los sólidos.
- Mantenga la temperatura de los asientos de las válvulas tan baja como resulte práctico.
- En los motores de la Familia 3600, utilice un accesorio de lavado de la turbina de escape del turbocompresor.
- Evite el uso de aditivos de combustible que no han sido comprobados.

Depósitos de la cámara de combustión



Figura 16: Depósitos de ceniza en una válvula

Aromáticos

Los hidrocarburos aromáticos son grandes estructuras químicas cíclicas presentes en los combustibles, y son difíciles de quemar. Los combustibles con un alto contenido de hidrocarburos aromáticos pueden producir una gran cantidad de humo de escape y, generalmente tienen un contenido menor de cetano natural. Los hidrocarburos aromáticos están presentes naturalmente en el petróleo. Se denominan aromáticos porque muchos de sus derivados tienen olores dulces o aromáticos.

Durante el proceso de refinado del petróleo, se forman otros tipos de hidrocarburos. Las olefinas, por ejemplo, son una serie de hidrocarburos no saturados relativamente inestables con un enlace doble como mínimo en la estructura molecular. El enlace doble es químicamente activo y constituye un punto importante para la adición de otros elementos reactivos, como el oxígeno. Debido a la facilidad con que se oxidan, las olefinas son compuestos no deseados en solventes de petróleo y aceites de lubricación.

Características de combustión

Curva de destilación atmosférica

El petróleo crudo está generalmente dividido en productos de diferentes temperaturas de ebullición por medio de un proceso de destilación. Los combustibles líquidos derivados del petróleo son ejemplos de algunos de los productos creados por este proceso.

Al aumentar la temperatura, el petróleo crudo pasa de estado líquido a estado gaseoso, y sube por una larga columna ubicada sobre la caldera. Los productos como la gasolina, el queroseno, y el combustible diesel se vuelven a enfriar y licuar a diferentes niveles de la columna, enfriando el gas (condensación). Estos combustibles se recolectan en este punto y se vacían. Cada uno de estos combustibles está constituido por hidrocarburos de varios tamaños, y por medio de una destilación cuidadosa pueden separarse aún más. Esto se hace en el laboratorio con pequeñas muestras que indican el porcentaje de gasolina, combustibles diesel, y otros materiales más pesados que se encuentran en el producto final.

Curva de destilación del combustible

Esto se denomina una curva de destilación. Se usa para determinar las características de combustión del combustible, y da una indicación de la capacidad del combustible para arrancar el motor, de la energía, la economía del combustible las emisiones y la formación de depósitos.

La combinación de las fracciones de gasolina y nafta que tienen bajos números de cetano, no deben exceder el 35% del petróleo crudo total. En la destilación atmosférica, estas fracciones hierven a temperaturas más bajas que los 200°C (392°F). Las fracciones de queroseno, destilado y gasóleo combinadas deben constituir al menos un 30% del total porque tienen números altos de cetano. En la destilación atmosférica, estas fracciones hierven a temperaturas entre 200°C (392°F) y 360°C (680°F), la temperatura de pirogenación.

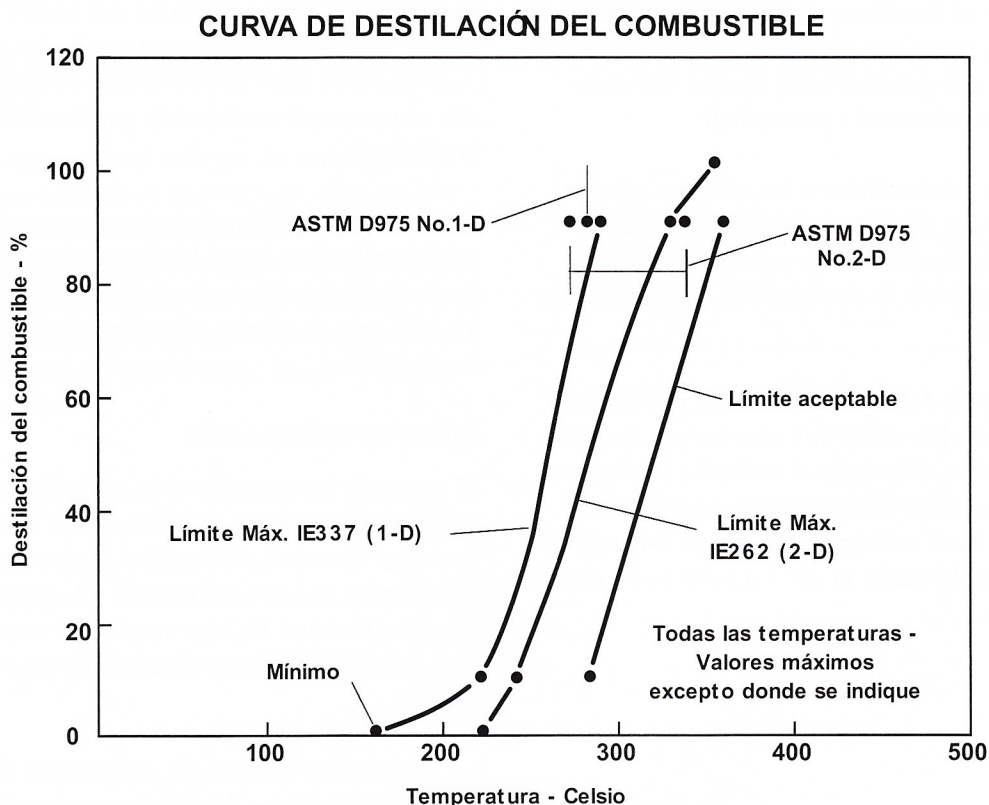


Figura 17: Curva de destilación del combustible

Características de arranque

Número o índice de cetano

El índice de cetano es una medida de la calidad de encendido del combustible que afecta el arranque y la aceleración del motor. El combustible con un alto contenido de hidrocarburos aromáticos normalmente tiene un número de cetano inferior. La densidad de los hidrocarburos aromáticos cubre la gama completa.

El proveedor de combustible debe saber el número o índice de cetano de cada partida de combustible. Los sistemas de combustible con cámara de precombustión requieren un número mínimo de cetano de 35. Los motores de inyección directa requieren un número mínimo de cetano de 40 para obtener buenas características de arranque.

Efectos sobre el motor

El combustible con un número de cetano bajo generalmente causa una demora en el encendido del motor. Esta demora dificulta el arranque y causa el golpeteo del motor. La demora de encendido desperdicia el combustible, causa una pérdida de potencia, y a veces daños al motor. Un combustible con un número de cetano bajo puede también emitir humo blanco y mal olor al arrancar en los días más fríos. Puede ser necesario arrancar y parar con un buen combustible destilado los motores que generalmente operan con combustibles con un número de cetano bajo.

Las mezclas de combustibles o los aditivos pueden cambiar el número de cetano. Es difícil y costoso establecer el número de cetano para las mezclas de combustibles debido a la complejidad de las pruebas que se requieren.

El humo blanco de escape está formado por vapores del combustible y los aldehídos creados por la combustión incompleta del motor. A menudo, la demora del encendido se debe al tiempo frío. La cámara de combustión no tiene suficiente calor para inflamar el combustible. Por lo tanto, el combustible no se quema completamente.

El uso de un aditivo para mejorar el índice de cetano a menudo puede reducir la emisión de humo blanco durante el arranque del motor en tiempo frío. Aumenta el número de cetano del combustible diesel, lo cual mejora la calidad y facilita el encendido y la combustión del combustible. El mejorador para encendido de motores diesel está disponible de:

Mejorador de encendido diesel D 11-3
Petroleum Chemical Division
Ethyl Corporation
P.O. Box 2189
Richmond, VA 23218 EE.UU.
Teléfono: (804) 788-5000
Fax: (804) 788-5688
www.ethyl.com

MDR (Marine Development & Research Corp.)
2116 Merrick Ave, Suite 4001
Merrick, NY 11566 EE.UU.
Teléfono: (516) 546-1162
Fax: 516-868-4276

Puede también reducirse la sensibilidad al número de cetano en un motor aumentando la temperatura del aire de admisión. Según el diseño del motor, esto se puede lograr para fines de arranque con bujías incandescentes, otros tipos de resistencia eléctrica, o al encender una pequeña cantidad de combustible inyectada en la admisión.

El número de cetano generalmente se calcula o se aproxima utilizando un "Índice de cetano" debido al costo de las pruebas más precisas. Use con precaución los números de cetano obtenidos de los proveedores de combustible.

Punto de inflamación

El punto de inflamación es la temperatura a la cual se inflaman los vapores de combustible cuando se exponen a las llamas. Lo determina el tipo de combustible y la proporción de combustible y la proporción de combustible/aire. Es importante, por razones de seguridad, y no para las características de operación del motor.

La temperatura mínima de inflamación de la mayoría de los combustibles diesel es aproximadamente 38°C (100°F).

⚠ ADVERTENCIA

ADVERTENCIA: Por razones de seguridad, mantenga los tanques de almacenamiento, de sedimentación, y de servicio de combustible a una temperatura de por lo menos 10°C (18°F) por debajo de la temperatura de inflamación del combustible. Conozca el punto de inflamación para poder almacenar y manejar el combustible con seguridad, especialmente si trabaja con combustibles pesados que necesitan calentarse a una temperatura más elevada para facilitar su flujo.

Aire

Se puede disolver el aire en el combustible, y también se puede introducir en las tuberías del combustible debido a una fuga en el lado de aspiración.

Efectos sobre el motor

El aire en el combustible puede causar problemas de arranque, fallas de encendido, baja potencia y humo. El aire puede también causar exceso de humo blanco en algunos motores.

Reducción de los efectos del aire en el sistema de combustible

Elimine el aire purgando el sistema de combustible. Compruebe para determinar la presencia de aire disuelto en el combustible, con un Tubo de flujo de combustible 2P8278. El tubo se muestra abajo en la Figura 18. A veces las fugas en el lado de baja presión del sistema de combustible causan este problema. Primero se debe corregir las fugas y, luego se purga el sistema de combustible.

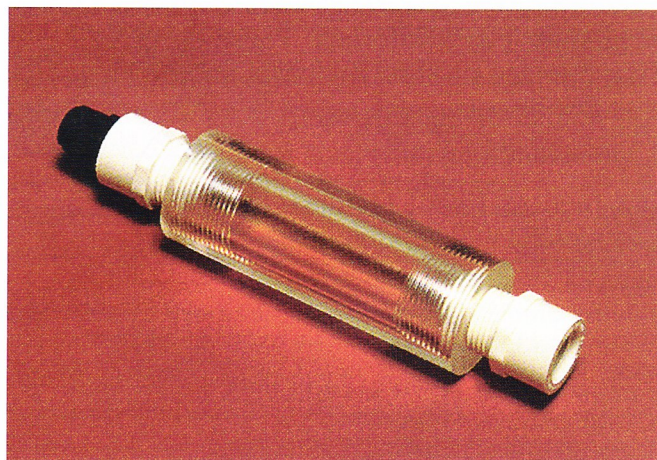


Figura 18: Use un Tubo de flujo de combustible 2P8278 para comprobar el exceso de aire disuelto en el combustible diesel

Abrasivos

"Finos" catalíticos

Los "finos" catalíticos son pequeñas partículas duras que se originan en la refinería. Normalmente están compuestos de partículas de aluminio y silicio.

Las partículas de aluminio y silicio son contaminantes que provienen del proceso catalítico de pirogenación y pueden causar un desgaste abrasivo muy rápido. Por lo general están presentes en combustibles residuales y mezclas de combustibles. Las partículas de silicio pueden también introducirse si se maneja y almacena el combustible en forma incorrecta.

Efectos sobre el motor

Los "finos" catalíticos causarán daños a sus motores si tienen un tamaño de más de 1 ó 2 micrones. Estos "finos" abrasivos pueden dañar las bombas, inyectores, anillos de pistón y camisas de cilindro.

Medidas para eliminar los "finos" catalíticos del combustible: Estas partículas se eliminan utilizando métodos apropiados para el tratamiento de combustible (centrifugación y filtración).

Estabilidad del combustible

Gomas y resinas

Las gomas y resinas presentes en el combustible diesel son el resultado de los productos de oxidación disueltos que no se evaporan fácilmente o no se queman adecuadamente. El exceso de goma en el combustible revestirá las tuberías de inyección, las bombas e inyectores, e interferirá con las estrechas tolerancias de las piezas móviles del sistema de combustible. Las gomas y resinas también causarán el taponamiento rápido de los filtros. Durante el almacenamiento del combustible, éste se oxidará y formará más gomas y resinas. La reducción de los períodos de almacenamiento (máximo de un año) reducirá la formación de gomas y resinas.

Separación del combustible

Cuando se produce el combustible, debe permanecer estable durante su almacenamiento. Si no se produce correctamente, si se usan aditivos de estabilidad incorrectos, o si se envejece el combustible, pueden cambiar sus características y pasar de totalmente mezclado a separarse en componentes como asfaltenos. Esto causa el taponamiento rápido de los filtros de combustible y una baja de potencia del motor. Para minimizar el riesgo de separación del combustible, use combustible de buena calidad con aditivos correctos de un proveedor de buena reputación, y minimice el tiempo de almacenamiento del combustible. No se debe almacenar combustible por más de un año.

Almacenamiento del combustible

El combustible diesel es más propenso a la oxidación durante su almacenamiento, y a degradación térmica durante su uso por su contenido de azufre y nitrógeno, y componentes de mayor peso molecular que ocasionan temperaturas de destilación más altas. El proceso para eliminar el azufre ayuda a estabilizar el combustible, reduciendo los productos que forman sedimento. Sin embargo, el uso de combustibles más inestables (pirogenación) ha creado la necesidad de un tratamiento adicional.

Los combustibles diesel comerciales generalmente contienen una variedad de aditivos que mejoran o añaden propiedades deseables. Los aditivos para estabilizar el combustible se usan comúnmente en combustibles diesel para impedir la descomposición por oxidación del combustible para formar gomas y sedimento polímero durante el almacenamiento.

Pero el período de almacenamiento del combustible aun debe limitarse por lo regular a aproximadamente un año. Debe tenerse cuidado también para impedir el ingreso en los tanques de almacenamiento de agua y contaminantes que puedan disminuir la resistencia integrada del combustible.

Tratamiento del combustible

El tratamiento de combustibles constituye otro elemento clave del uso de combustibles pesados.

Generalmente se puede tratar los combustibles pesados y el petróleo crudo para producir un rendimiento aceptable. El tratamiento de los combustibles generalmente se realiza en terreno.

Existen varios procedimientos para determinar un programa de tratamiento de combustibles. Primero, haga un análisis del combustible de acuerdo con las especificaciones correctas. Después, consulte a los proveedores locales o el fabricante de una planta de tratamiento para su aplicación. A continuación, se representa un tratamiento típico de combustibles pesados:

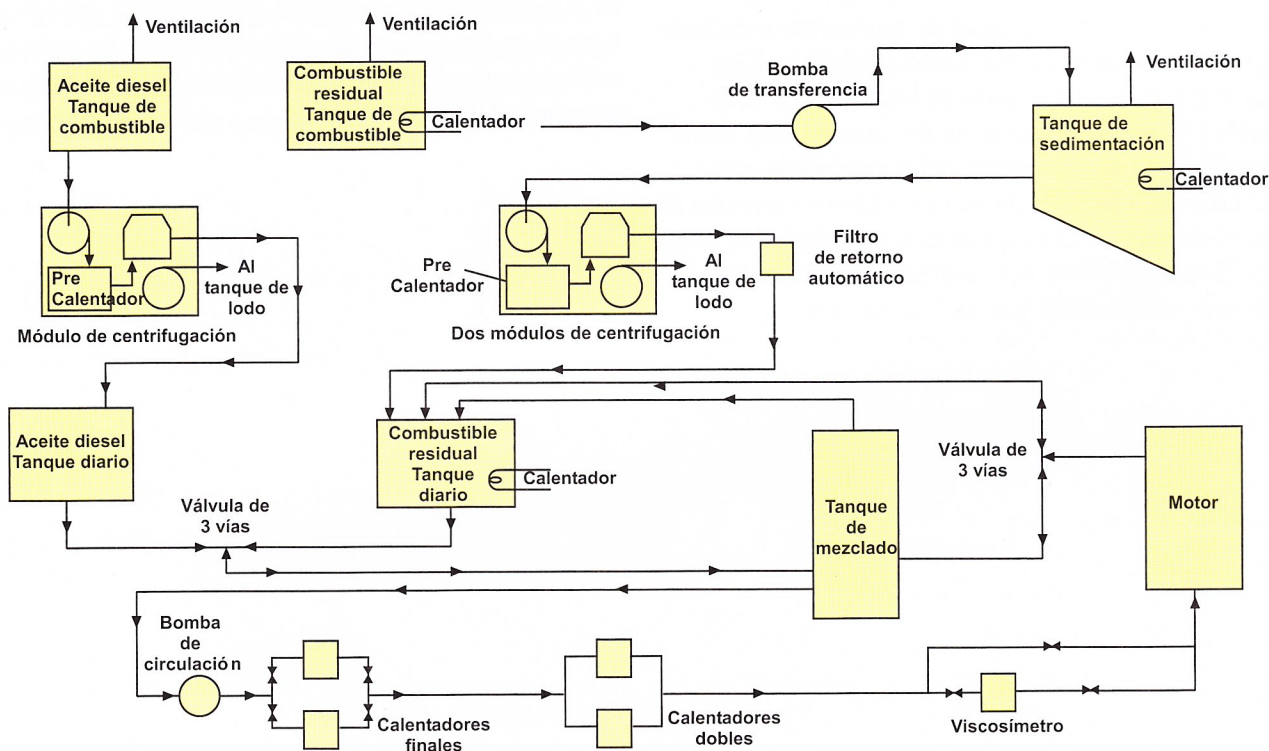


Figura 19: Dibujo esquemático de un proceso complejo de tratamiento del combustible

Métodos de tratamiento del combustible

Existen varios métodos de tratamiento del combustible. Según el motor y el combustible, estos métodos generalmente se usan combinando unos con otros.

Sedimentación

La sedimentación es la forma más básica de tratamiento de los combustibles. La gravedad hace que los sólidos más pesados en el combustible se sedimenten mientras que el combustible permanezca en el tanque. El agua también se separa. Es mejor dejar que el combustible se sedimente por lo menos 24 horas antes de utilizarlo. Esto reduce la carga del equipo de centrifugación del combustible. Una vez sedimentados, la mayoría de los contaminantes y el agua pueden extraerse del fondo del tanque.

Centrifugación

La centrifugación separa los sólidos en suspensión y/o el agua del combustible haciéndolo girar en una centrifuga. Las partículas más pesadas se separan durante esta acción.

Filtración primaria

El primer filtro, el filtro primario, elimina tanto las partículas grandes como las pequeñas. Prolonga la vida útil del filtro secundario y reduce el desgaste causado por los abrasivos en la bomba de transferencia de combustible. Caterpillar recomienda la instalación de un filtro primario de combustible en todos sus motores diesel, no importa qué combustible se utilice.

Filtración secundaria o final

Ésta es la filtración que normalmente vende Caterpillar y que monta en el motor. Aun con la filtración externa, este filtro final debe mantenerse y utilizarse en todas las instalaciones.

Calentamiento

Con las mezclas de combustibles, el combustible debe calentarse para reducir la viscosidad en la bomba de transferencia de combustible. El calentamiento facilita el flujo del combustible, ya que se disuelven tanto la parafina como las gomas sólidas. El agua y los hidrocarburos sólidos se evaporan, por lo cual deben ventilarse los hidrocarburos volátiles.

El combustible puede calentarse con un intercambiador de calor, a vapor o con serpentines eléctricos, siempre y cuando se tomen las precauciones de seguridad debidas. Es deseable tener algún método para controlar la temperatura, ya que el combustible demasiado caliente afectará el rendimiento del motor.

Ventilación

La ventilación desprende hidrocarburos gaseosos y vapor de agua del combustible después de haberse calentado. Se necesita una ventilación apropiada para prevenir el riesgo de explosiones.

Aditivos

Los aditivos pueden neutralizar las propiedades indeseables de los combustibles. Ciertos aditivos mejoran la calidad de encendido. En general, Caterpillar no recomienda el uso de aditivos para los combustibles diesel No. 1 y No. 2. Existen dos excepciones. Una excepción es la recomendación de usar un aditivo para mejorar el número de cetano para motores de inyección directa, si el número de cetano del combustible es inferior a 40. La segunda excepción es el uso de biocidas para eliminar los microorganismos del combustible.

Tratamiento del combustible

La aplicación puede afectar el tratamiento del combustible

La aplicación del motor determina a menudo el mejor método de tratamiento del combustible.

Ejemplo de aplicación No. 1: Los motores marinos grandes, de baja velocidad (hasta 500 rpm) de propulsión, y los motores de las familias 3500 ó 3600 utilizados para la potencia auxiliar.

Método de tratamiento: El astillero o proveedor principal de motores normalmente es responsable de la planta de tratamiento de combustibles. Si el combustible satisface las especificaciones mínimas, los motores auxiliares Caterpillar pueden utilizar el mismo combustible que los motores principales. Los combustibles que no satisfagan estas especificaciones deben mezclarse. Las mezclas de combustibles necesitan la coordinación de las especificaciones de flujo del mezclador, un tanque de abastecimiento diario de mezclas de combustible, filtros de autolimpieza, centrifugas o filtros de inmersión. Puede ser necesario limpiar el aceite lubricante con un sistema centrífugo del flujo completo o de desvío. Los filtros Glacier o de inmersión se necesitan en particular para combustibles IF80 o superiores.

Ejemplo de aplicación No. 2: Los motores de la Familia 3600 utilizados para propulsión, con un motor de la Familia 3500 o más pequeño como potencia auxiliar.

Método de tratamiento: Los vendedores de plantas de tratamiento de combustibles proporcionan ayuda técnica en diseño y configuración. La asistencia detallada sobre el tratamiento de combustible debe obtenerse de uno de los siguientes vendedores de equipos mecánicos para el tratamiento de combustibles:

Alfa Laval, Inc.
5400 International Trade Drive
Richmond, VA 23231
EE.UU.
Teléfono: (804) 222-5300

Alfa Laval, Inc.
Box 500
14700 Tumba, Suecia
Teléfono: 46-75330018

Westfalia Separators, Inc.
100 Fairway Court
Northvale, New Jersey 07647
EE.UU.
Teléfono: (201) 767-3900

Westfalia Separators, AG
Werner Habig Strasse-1
D59303, Oelde-1
Alemania
Teléfono: 49 2522 770
Telefax: 49 2522 882488
www.wsus.com

Vokes, Ltd.
Henley Park
Guildford, Surrey GU32AF
Reino Unido
Teléfono: 483-569971
Telefax: 483-235384
www.sales@vokes.com

Feetguard Inc.
P.O. Box 428
Stoughton, WI 53589
EE.UU.
Teléfono: (608) 873-4200

Boll Filter Corp.
9282 General Drive, Suite 180
Plymouth, MI 48170
EE.UU.
Teléfono: (734) 451-4680
Telefax: (734) 451-4681

Motor-Services Hugo Stamp, Inc.
Ft. Lauderdale, FL 33315
EE.UU.
Teléfono: (954) 763-3660
Telefax: (954) 763-2872
www.info@mshs.com

Boll & Kirch Filterbak GmbH
Siemensstrasse 10-14
D-50170 Kerpen
Alemania
Teléfono: (0) 2273-5620
Telefax: (0) 2273-562-223
www.info@bollfilter.de

Puede resultar más económico tratar el combustible marino en tierra. De esta forma se reducen los costos de instalación de la planta de tratamiento y permite que el personal experimentado opere el equipo complicado de filtración de combustible.

Combustibles destilados

Descripción

Los combustibles destilados se refinan del petróleo crudo. Los combustibles destilados que satisfacen las especificaciones de Caterpillar son los combustibles preferidos para los motores diesel Caterpillar, y son más caros.

Se sabe por experiencia que los combustibles destilados que satisfacen las especificaciones básicas, proporcionan el rendimiento y la durabilidad óptimas del motor. (Vea la publicación Caterpillar SSBUE250 para las especificaciones más recientes sobre combustibles).

Especificaciones Caterpillar de Combustibles Diesel Destilados			
Especificaciones	Prueba ASTM	Prueba ISO	Requisitos
Aromáticos	"D1319"	"ISO 3837"	35% Máximo
Ceniza	"D482"	"ISO 6245"	0,02% Máximo (peso)
Residuos de carbón en fondos de 10%	"D524"	"ISO 4262"	0,35% Máximo (peso)
Número de cetano	"D613"	"ISO 5165"	40 Mínimo (motores con inyección directa) 35 Mínimo (motores con cámara de precombustión)
Punto de enturbiamiento	"D97"	"ISO 3016"	El punto de enturbiamiento no debe exceder la temperatura ambiente más baja que se espera
Corrosión de la tira de cobre	"D130"	"ISO 2160"	Nº 3 Máximo
Destilación	"D86"	"ISO 3405"	10% a 282°C (540°F) Máximo 90% a 360°C (680°F) Máximo
Punto de inflamación	"D93"	"ISO 2719"	Límite legal
Peso API	"D287"	No disponible No hay prueba equivalente	30 Mínimo 35 Máximo
Punto de fluidez	"D97"	"ISO 3016"	6°C (10°F) Mínimo por debajo de la temperatura ambiente
Azufre ⁽¹⁾	"D365" or :D152	"ISO 8691"	3% Máximo (peso)
Viscosidad cinemática ⁽²⁾	"D445"	"ISO 3104"	1,4 cSt Mínimo y 20,0 cSt Máximo a 40°C (104°F)
Agua y sedimento	"D1796"	"ISO 3734"	0,1% Máximo
Agua	"D1744"	No disponible	0,1% Máximo (volumen)
Sedimento	"D473"	"ISO 3735"	0,05% Máximo (peso)
Gomas y resinas	"D381"	"ISO 6246"	10 mg por 100 mL Máximo
Lubricidad	"D6078"	No disponible	3.100 g Mínimo
	"D6079"	"ISO 12156"	0,45 mm (0,018 pulgada) Máximo a 60°C (140°F) 0,36 mm (0,015 pulgadas) Máximo a 25°C (77°F)

Figura 20

- (1) Los sistemas de combustible y los componentes de motor Caterpillar pueden operar con combustibles con alto contenido de azufre. Los niveles de azufre en el combustible afectan las emisiones de escape. Los combustibles con alto contenido de azufre también aumentan el potencial de corrosión de los componentes internos. Los niveles de azufre por sobre 1,0 por ciento pueden acortar los intervalos de cambio de aceite en forma significativa. Para obtener mayor información, vea esta publicación sobre el tema de "Motor de aceite" (sección de Mantenimiento).
- (2) Los valores de la viscosidad del combustible son los valores que existen mientras se entrega el combustible a las bombas de inyección de combustible. Si se usa un combustible con baja viscosidad, es posible que se requiera el enfriamiento del combustible para mantener una viscosidad de 1,4 cSt en la bomba de inyección de combustible. Los combustibles de alta viscosidad pueden requerir calentadores de combustible para reducir la viscosidad a una de 20 cSt.
- (3) Siga las condiciones y los procedimientos de prueba para gasolina (motor).

- (4) La lubricidad de un combustible es un problema con combustibles con bajo contenido de azufre. Para determinar la lubricidad del combustible, utilice la Prueba de desgaste por formación de rozadura/rozadura "ASTM D6078 (SBOCLE)" o la Prueba de movimiento alternativo de alta frecuencia "ASTM D6079 (HFRR)". Si la lubricidad de un combustible no satisface los requisitos mínimos, consulte a su distribuidor de combustible. No altere su combustible sin consultar al distribuidor de combustible. Algunos aditivos no son compatibles. Estos aditivos pueden causar problemas en el sistema de combustible.

Problemas y causas para combustibles destilados	
Problema	Característica
Taponamiento rápido de los filtros	Punto de enturbiamiento
	Agua
	Sedimento
	Gomas y resinas
	Bacterias
	Separación del combustible
Arranque difícil	Viscosidad
	Punto de fluidez
	Punto de enturbiamiento
	Agua
	Bacterias
	Índice de cetano
	Aire
Humo blanco	Índice de cetano
	Aire
	Aromáticos
Depósitos en cilindros, válvulas y turbocompresores	Residuos de carbón
	Ceniza
	Curva de destilación
Desgaste de los componentes del sistema de combustible (corrosivo)	Corrosión de la tira de cobre
	Agua
	Bacterias
Desgaste de los componentes del sistema de combustible (abrasivo/adhesivo)	Sedimento
	Agua
	Finos catalíticos
	Viscosidad
	Lubricidad
Desgaste rápido de las camisas de cilindro, anillos, y de las guías de las válvulas de escape	Azufre
	Sedimento
	Agua
	Ceniza
	Residuos de carbón
	Finos catalíticos
Baja potencia	Peso específico (ver Taponamiento rápido de los filtros)

Fig. 21

Combustibles destilados

Normas de combustible

Los combustibles que se recomiendan para usar con los motores diesel Caterpillar® generalmente son los combustibles diesel No. 2-D y aceite combustible No. 2 aunque los combustibles de grado No. 1 son también aceptables.

Las normas de combustible están sujetas a cambio. La tabla de combustibles destilados de límites aceptables se debe usar como guía para comparar un combustible dado con las especificaciones Caterpillar para determinar si es un combustible que satisface las especificaciones de uso.

Recomendaciones de la Asociación de fabricantes de motores sobre el combustible diesel ultra bajo en contenido de azufre

La Asociación de fabricantes de motores (EMA), de la cual Caterpillar Inc. es miembro, tiene varias recomendaciones para aquellos que utilizan combustible diesel ultra bajo en contenido de azufre (ULSD). Con la introducción del ULSD la EMA recomienda que todo combustible diesel cumpla con los requisitos mínimos de la ASTM D 975, como también con los siguientes requisitos adicionales de rendimiento.

<i>Recomendaciones de la Asociación de fabricantes de motores sobre combustible diesel ultra bajo en contenido de azufre</i>		
Especificaciones	Prueba ASTM	Requisitos
Cetano	"D613"	40
	"D4737-90a"	42.5
Lubricidad	"D6078"	3100 gramos
	"D6079"	450 micrómetros máximo @ 60°C
Estabilidad Térmica	"D6484"	Reflectancia de 70% después de 180 minutos @ 150 °C

Figura 22

Es importante mantener la limpieza del combustible desde la refinería hasta que se entregue al vehículo. El uso de un filtro con filtración de menos de cinco (5) micrones en el punto de entrega ayuda a asegurar la limpieza de los combustibles.

NOTA: Las recomendaciones en el listado anterior pueden cambiar con los cambios que sufren los reglamentos y los combustibles. Para los requisitos más actualizados sobre combustibles, consulte la publicación SSBUE250 de Caterpillar, y a la EMA al www.enginemanufactures.org

Combustibles destilados

Combustibles de aviación

También se pueden utilizar combustibles de aviación tipo queroseno como combustible de motor con tal de que cumplan con los límites aceptables. La tabla presenta un listado de algunos de los combustibles de queroseno que son aceptables.

<i>Combustibles de aviación aceptables para turbinas⁽¹⁾</i>	
Especificaciones	Grado
'MIL-DTL-5624T'	JP-5
'ASTM D1655'	Jet-A-1
'MIL-DTL-83133E'	JP-8

(1) Es posible que los combustibles que se encuentran en esta tabla no cumplan con los requisitos que se especifican en la tabla 'Especificaciones Caterpillar para combustible diesel destilado'. Consulte al proveedor para los aditivos recomendados para mantener la lubricidad correcta del combustible.

Figura 23

Los problemas principales con los combustibles de aviación son la lubricidad y la viscosidad del combustible. Estos combustibles de queroseno para temperaturas más bajas de operación tienen una viscosidad más baja. Al utilizar estos combustibles en los sistemas de combustible Caterpillar, el combustible debe satisfacer una viscosidad mínima de 1,4 cSt @ 38°C, y una lubricidad máxima de 0,45mm @ 60°C, o se requiere una lubricidad mínima de 3.100g para lubricar los componentes del sistema de combustible correctamente.

NOTA: Es posible que se pueda requerir el enfriamiento para mantener la viscosidad mínima de 1,4 cSt a 38°C (100°F) en la bomba de inyección de combustible.

El consumo de combustible y/o la potencia máxima de salida también será afectada. Los combustibles de queroseno tienen menos energía por unidad de volumen que los combustibles diesel y, por lo tanto, producen menos potencia máxima, o requerirán mayor volumen de combustible para generar la cantidad de trabajo equivalente. Ver página 7.

Biodiesel

El biodiesel es un combustible que se puede producir a partir de una variedad de fuentes, principalmente de aceite de soya o de aceite de colza. En su forma original, estos aceites no son adecuados para ser usados como combustible en motores de compresión. Para poder usar estos aceites como combustible, se deben esterificar. Sin esterificación, estos aceites se coagulan en el cárter y en el tanque de combustible, y es posible que no sean compatibles con muchos de los elastómeros que se utilizan en los motores de hoy. Los aceites de base alternativos para biocombustibles pueden incluir sebo de animal, aceites residuales de cocina, o una variedad de otros aceites de base.

Caterpillar certifica sus motores utilizando los combustibles recomendados por la EPA y por la Certificación Europea. Caterpillar no certifica motores con ningún otro combustible. Es la responsabilidad del usuario utilizar el combustible correcto según lo ha recomendado el fabricante y lo ha permitido la EPA u otras agencias reguladoras locales.

La garantía y el uso de combustible biodiesel en los motores Caterpillar

Caterpillar no aprueba ni prohíbe el uso de combustibles biodiesel. Caterpillar no está en condiciones de evaluar las muchas variaciones de combustibles biodiesel, y los efectos a largo plazo sobre rendimiento, durabilidad o el cumplimiento de las emisiones de los productos Caterpillar. El uso de los combustibles biodiesel no afecta la garantía de Caterpillar sobre materiales y calidad de trabajo. **Las averías que se ocasionan por el uso de cualquier combustible no son defectos de la fábrica Caterpillar y, por lo tanto, el costo de reparación NO estará cubierto por la garantía Caterpillar.**

Comuníquese con su distribuidor Caterpillar para sus recomendaciones sobre el uso de biodiesel en los motores Caterpillar.

Recomendaciones para el uso de combustible biodiesel en los motores Caterpillar

Para los motores Caterpillar 3046, 3064, 3066, 3114, 3116, 3126, 3176, 3196, 3208, 3306, C9, C10, C12, 3406, C15, C16, 3456, 3408, 3412, Serie 3500, Serie 3600, CM20, CM25 y CM32: El biodiesel que cumple con los requisitos que se encuentran en el listado de especificaciones Caterpillar sobre biodiesel, o que cumple con ASTM D6751 ó DIN 51606, son aceptables. También, se pueden mezclar en cualquier porcentaje con un combustible diesel aceptable, con tal de que el componente biodiesel cumpla con los requisitos presentados en la Figura 25 antes de ser mezclados.

Para los motores Caterpillar 3003 a 3034, 3054 y 3056: el biodiesel que cumpla con los requisitos en el listado de las especificaciones de biodiesel de Caterpillar, o que cumpla con ASTM D6751 ó DIN 51606, se puede mezclar con un combustible diesel aceptable en una proporción máxima de 5% de combustible biodiesel mezclado con el 95% de combustible diesel. El combustible biodiesel debe cumplir con los requisitos de la lista en la Figura 25 antes de que se haga la mezcla. El uso de más del 5% de combustible biodiesel puede causar averías prematuras cuya reparación no estaría cubierta bajo la garantía Caterpillar.

Al consumir biodiesel o cualquier mezcla de biodiesel, es la responsabilidad del usuario obtener las exenciones apropiadas a nivel local, regional y/o nacional requeridas para el uso del biodiesel en cualquier motor Caterpillar cuyas emisiones requieran regulación. Cuando se usa un combustible que cumpla con las especificaciones ASTM D6751 de Caterpillar para biodiesel, o las especificaciones DIN 51606, y cuando se adhiere a las siguientes recomendaciones, el uso del biodiesel no debería presentar problema alguno.

Recomendaciones

- El intervalo de cambio de aceite puede ser afectado por el uso del combustible biodiesel. Para controlar la condición del aceite del motor y para determinar el intervalo óptimo para el cambio de aceite, utilice el análisis de aceite (Servicios S•O•S).
- El biodiesel proporciona aproximadamente 5-7% menos energía por galón de combustible cuando se compara con los combustibles destilados. Para evitar problemas con el motor cuando se vuelve a utilizar un combustible diesel 100% destilado, no cambie la clasificación del motor para compensar por la pérdida de potencia.
- Se sigue controlando la compatibilidad elastomérica con el biodiesel. Se debe controlar la condición de los sellos y las mangueras en forma regular.
- Los combustibles biodiesel pueden presentar problemas debido a las bajas temperaturas ambiente tanto para el almacenamiento como la operación. A bajas temperaturas ambiente, es posible que el combustible se tenga que almacenar en edificios o tanques de almacenamiento climatizados. Es posible que el sistema de combustible requiera tubería, filtros y tanques calentados. Los filtros se pueden taponar y el combustible en el tanque se puede solidificar a bajas temperaturas ambiente si no se adoptan medidas de precaución. Consulte a su proveedor de biodiesel para que le ayude a mezclar y obtener un combustible con el punto correcto de enturbiamiento.
- El biodiesel se caracteriza por tener mala estabilidad de oxidación, lo cual puede causar problemas de almacenamiento a largo plazo. Las malas calidades de estabilidad contra oxidación pueden acelerar la oxidación del combustible en el sistema de combustible. Ésta es una realidad particularmente importante en el caso de los motores con sistemas de combustible electrónicos, debido a que operan a temperaturas mayores. Consulte al proveedor de combustible para los aditivos de estabilidad contra oxidación.
- El combustible biodiesel es un excelente medio para el crecimiento microbial. Los microbios pueden causar corrosión en el sistema de combustible y taponamiento prematuro de los filtros. La eficacia de los aditivos antimicrobiales tradicionales, cuando se usan en el biodiesel, no se conoce. Consulte a su proveedor de combustible y aditivos para que le ayude.
- Se debe tomar cuidado para eliminar el agua de los tanques de combustible. El agua acelera el crecimiento microbial. El agua se encuentra naturalmente con mayor frecuencia en los combustibles biodiesel que en los combustibles destilados.

Especificaciones Caterpillar sobre el biodiesel

Especificaciones Caterpillar sobre el biodiesel				
Propiedad	Método de prueba	Método de prueba	Unidades	Límites
	EE.UU.	Internacional	Propiedades específicas del combustible	
Densidad @ 15°C	"ASTM D1298"	"DIN/ISO 3675"	g/cm ³	0,86-0,90
Viscosidad @ 40°C	"ASTM D445"	"DIN/ISO 3104"	mm ² /s	4,0-6,0
Punto de inflamación	"ASTM D93"	"DIN/ ISO 22719"	°C	100 Mínimo
Taponamiento de filtro frío - Verano - Invierno	"ASTM D4539"	"DIN EN 116"	°C	0 6 bajo ambiente
Punto de fluidez - Verano - Invierno	"ASTM D97"	"ISO 3016"	°C	-9 Máximo -20 Máximo
Contenido de azufre	"ASTM D2622"	"ISO 8754"	% peso	0,005 Máximo
Destilación - 10% de evaporación - 90% de evaporación	"ASTM D1160"	"ISO 340"	°C	ND 345
Residuo de carbón, Conradson (CCR)	"ASTM D189"	"DIN/ISO 10370"	% peso	0,5 Máximo
Número de cetano	"ASTM D613"	"ISO 5165"		45 Mínimo
Contenido de ceniza	"ASTM D482"	"DIN 51575" "ISO 6245"	mg/kg	0,02 Máximo
Contenido de agua	"ASTM D1796"	"DIN 51777-1" "ISO 37333"	g/ m ³	500 Máximo
Material particulado	"DIN 51419"	"DIN 51419"		15
Corrosión de cobre	"ASTM D130"	"DIN/ISO 2160"		Nº 1
Estabilidad de oxidación	"ASTM D2274"	"IP 306 mod"	mg/100mL	15 Máximo
Esterificación			% volumen	0,5 Máximo
Valor de ácido	"ASTM D664"	"DIN 51558"	mg NaOH/g	0,2 Máximo
Contenido de metanol	Método GC	"DIN 51608"	% peso	0,2 Máximo
Monoglicéridos	Método GC	"DIN 51609"	% peso	0,8 Máximo
Diglicéridos	Método GC	"DIN 51609"	% peso	0,2 Máximo
Triglicéridos	Método GC	"DIN 51609"	% peso	0,2 Máximo
Glicerina libre	Método GC	"DIN 51609"	% peso	0,02 Máximo
Glicerina total	Método GC	"DIN 51609"	% peso	1,2 Máximo
Número de yodo	"DIN 53241 OR IP 84/81"	"DIN 53241 or IP 84/81"	cg I ₂ /g	110 Máximo
Contenido de fósforo	"DGF C-V14"	"DIN 51440-1"	mg/kg	0,2

NOTA: Se pueden utilizar los combustibles que cumplen con "ASTM D6751" ó "DIN51606".

Figura 24

Petróleos crudos

Descripción

El término "petróleo crudo" se usa para describir aquellos aceites y combustibles sin refinar, básicamente tal como se encuentran en su estado original al extraerse del subsuelo. Los motores Caterpillar pueden consumir ciertos tipos de petróleo crudo

Tabla (límites)

Especificaciones de petróleo crudo para la Serie 3600 de motores Caterpillar		
Especificaciones	Requisitos	Prueba ASTM
Aromáticos	35% Máximo	"D1319"
Ceniza	0,1% Máximo (peso)	"D482"
Residuos de carbón en fondos de 10%	3,5% Máximo (peso)	"D524"
Número de cetano o Índice de cetano	40 Mínimo	"D613"
Punto de enturbiamiento	El punto de enturbiamiento máximo no debe exceder la menor temperatura ambiente esperada.	"D97"
Corrosión de la tira de cobre	Nº 3 Máximo	"D130"
Destilación	10% a 282°C (540°F) Máximo	"D86"
	90% a 380°C (716°F) Máximo	
	Mínimo de 60% de pirogenación	
	10% residuo máximo	
Presión de vapor Reid	138 kPa (20 lb/pulg²)	"D323"
Sal	220 kg por 200 kL (100 lb por 1000 barriles)	"D3230"
Punto de inflamación	Mínimo legal	"D293"
Peso API	30 Mínimo 45 Máximo	"D287"
Peso específico	0,8107 Mínimo 0,8750 Máximo	"D287"
Fracción de gasolina y naf(1)	30% Máximo	-
Fracción de queroseno y destilado (2)	30% Máximo	-
Punto de fluidez	6°C (10 F) Mínimo por debajo de la temperatura ambiente	"D97"
Azufre (3)	3% Máximo	"D3605" ó "D1552"
Viscosidad (4)	Cinemático a 40°C (104°F) 1,4 cSt Mínimo 20,0 cSt Máximo	"D445"
Agua y sedimento	0,5% Máximo (volumen)	"D1796"
Vanadio	4 ppm Máximo	"D3605"
Sodio	10 ppm Máximo	"D3605"
Aluminio	1 ppm Máximo	"D3605"
Níquel	1 ppm Máximo	"D3605"
Silicio	1 ppm Máximo	"D3605"
Goma y resina	10 mg por 100 ml (5,8 granos por galón) máximo "D381"	"D381"

- (1) Fracciones hervidas a temperaturas menores que los 200 °C (392 °F)
- (2) Fracciones hervidas a temperaturas entre 200 °C (392 °F) y el punto de pirogenación
- (3) Los sistemas de combustible y los componentes de motor de Caterpillar pueden operar con combustibles con alto contenido de azufre. Los niveles de azufre en el combustible afectan las emisiones de escape. Los combustibles con alto contenido de azufre también aumentan el potencial para la corrosión de los componentes internos. Los niveles de azufre en el combustible mayores que el 1,0 por ciento, pueden reducir, en forma significativa, el intervalo de cambios de aceite. Para obtener mayor información, vea el tema de "Aceite de motor" en este Manual de operación y mantenimiento (sección sobre Mantenimiento).
- (4) Los requisitos para viscosidad son para el combustible que se entrega a los inyectores unitarios. Si se usa un combustible con baja viscosidad, es posible que se requiera el enfriamiento del combustible para mantener una viscosidad de 1,4 cSt en el área de los inyectores unitarios. El uso de combustible con una alta viscosidad u operación a bajas temperaturas puede requerir calentadores de combustible para reducir la viscosidad a 20 cSt.

Figura 25

Problemas y causas

Combustibles de petróleo crudo - Problemas y causas		
Problema	Característica	Página No.
Taponamiento rápido de los filtros	Punto de enturbiamiento	
	Punto de fluidez	
	Sedimento	
	Gomas y resinas	
	Bacterias	
	Agua	
	Viscosidad	
	Residuos de carbón	
	Sal	
	Lodos y fibras	
	Presión de vapor Reid	
	Asfaltenos	
Arranque difícil	Viscosidad	
	Punto de fluidez	
	Punto de enturbiamiento	
	Agua	
	Sedimento	
	Bacterias	
	Lodos y fibras	
	Índice de cetano	
	Presión de vapor Reid	
	Aire	
	Asfaltenos	
	Punto de inflamación	
	Gomas y resinas	
Humo blanco	Número de cetano	
	Aire	
Depósitos en cilindros, válvulas y turbocompresores	Residuos de carbón	
	Ceniza	
	Asfaltenos	
	Curva de destilación	
	Vanadio	
Desgaste de los componentes del sistema de combustible (corrosivo)	Sodio	
	Corrosión de la tira de cobre	
	Agua	
	Bacterias	
Desgaste de los componentes del sistema de combustible (abrasivo/adhesivo)	Sulfuro de hidrógeno	
	Azufre	
	Sedimento	
	Agua	
Desgaste rápido de las camisas de cilindros, anillos de pistón y guías de válvulas	Viscosidad	
	Cloruro de sodio	
	Azufre	
	Sedimento	
	Agua	
	Sulfuro de hidrógeno	
	Ceniza	
	Asfaltenos	
	Residuos de carbón	
	Vanadio	
	Sodio	
Baja potencia	Peso específico (ver Taponamiento rápido de los filtros)	
	Destilación atmosférica	
	Curva	

ATENCIÓN: La operación con combustibles que no cumplen con las recomendaciones de Caterpillar, puede causar los siguientes efectos: dificultad de arranque, mala combustión, depósitos en los inyectores de combustible, vida útil reducida del sistema de combustible, depósitos en la cámara de combustión, y vida útil reducida del motor.

Fig. 26

Mezclas de combustibles (pesados)

Descripción

El combustible residual está compuesto por los elementos restantes (residuales) del petróleo crudo después del proceso de refinación, y de haber obtenido combustible diesel, gasolina o aceites lubricantes, etc. Después de haber refinado los productos más deseables, los elementos restantes (semejantes al alquitrán y contienen sustancias abrasivas y corrosivas) pueden combinarse o diluirse con un combustible más ligero (combustible de "dilución"), de modo que puedan fluir. Estos combustibles se denominan mezclas de combustibles o combustibles pesados.

Los motores Caterpillar de las familias 3500 y 3600 se pueden modificar para operar con mezclas de combustibles o combustibles pesados. La mayoría de los propietarios de motores Caterpillar no optarán por usar estos combustibles. Sin embargo, si sus motores se utilizan en una aplicación marina o para generar energía, esta sección le proporcionará ciertas guías generales acerca de las aplicaciones y utilización de combustibles pesados. Vea SEBU7003 para obtener mayor información sobre el uso de combustibles pesados en los motores 3600. Vea la sección de Publicaciones" al final de esta publicación para una lista de la información adicional disponible.

Los combustibles pesados se describen generalmente según su viscosidad, la que se expresa en "centistokes" (cSt) o en "segundos Redwood." La escala Redwood a 100°F se está reemplazando con la escala de centistokes a 50°C. La tabla siguiente indica la relación aproximada entre las dos escalas.

CSt a 50°C	Segundos Redwood a 100° F
30	200
40	278
60	439
80	610
100	780
120	950
150	1250
180	1500
240	2400
280	2500

Fig. 27 Viscosidad del combustible

Generalmente, los motores Caterpillar de la Familia 3500 pueden operar con mezclas de combustibles a 1.800 rpm o menos, sin cambiar la sincronización del motor. Sin embargo, puede ser necesario reducir el régimen del motor para mantener la temperatura de los componentes internos por debajo de los límites máximos establecidos.

Los motores Caterpillar de la Familia 3600 pueden operar con mezclas de combustibles de hasta 380 cSt a 50°C sobre las 800 rpm, y hasta 700 cSt a 50°C por debajo de las 800 rpm.

Mezclas de combustibles (pesados)

Límites máximos para las especificaciones de los combustibles Aceite combustible pesado para los motores Caterpillar de la Serie 3600 Configurados para utilizar aceite combustible pesado				
Característica	Prueba ASTM	Especificación ISO	Almacenado CIMAC K 55	Almacenado RMK 55
Viscosidad cinemática	"D445"	"3104"	55 cSt a 100°C (212°F) Máximo	
Densidad	"D287"	"3675"	1.010 kg/m ³ (63 lb/pe ³ Máximo ⁽¹⁾)	
		"12185"		
Punto de inflamación	"D93"	"2719"	60°C (140 °F) Mínimo	
Punto de fluidez	"D97"	"3016"	30°C (86°F)	
Residuos de carbón	-	"10370"	22% Máximo (peso)	
Ceniza	"D482"	"6245"	0,15% Máximo Peso	0,20% Máximo Peso
Sedimento total después de la sedimentación	-	"10307-2"	0,10% Máximo (peso)	
Agua	"D1744"	"3733"	1% Máximo (volumen)	
Azufre	"D3605"	"8754"	5% Máximo (peso)	
Vanadio ⁽²⁾	"D3605"	"14597"	600 ppm Máximo	
Aluminio y silicio	"D3605"	"10478"	80 mg Máximo por kg ⁽¹⁾	

Figura 28

- (1) Este límite es SÓLO para motores que tengan un sistema adecuado para el tratamiento de combustible.
- (2) Los compuestos del vanadio y sodio son corrosivos a altas temperaturas. Ver el tema de "Vanadio y sodio". Consulte la fábrica acerca del combustible que tenga más de 200 ppm de vanadio. Además, consulte la fábrica sobre el combustible que tenga más de 30 ppm de sodio. Consulte la fábrica para asegurarse de que el sistema de tratamiento de combustible y el motor están correctamente habilitados para el combustible.

Existen muchos otros factores que hay que tener en cuenta antes de tomar la decisión de cambiar a combustibles pesados. Como los combustibles pesados son los residuos pesados que quedan del proceso de refinación, contienen contaminantes concentrados. En el mejor de los casos, la utilización de combustibles pesados aumentará el trabajo del personal de operación. En el peor de los casos, los combustibles pueden reducir considerablemente la vida útil del motor y sus componentes. Para que su motor funcione correctamente con combustibles pesados, se debe seguir un programa de mantenimiento completo y disponer de un equipo de tratamiento de combustibles de alta calidad.

Se recomienda que consulte siempre con su distribuidor local Caterpillar cuando considere cambiar de combustible.

Aspectos económicos de utilizar combustibles pesados

Los costos más bajos del combustible hacen que los combustibles pesados parezcan más económicos. Las mezclas de combustibles pueden reducir los costos para algunos clientes, pero a menudo hay desventajas importantes. El precio del combustible debe compararse con los contaminantes, sus efectos, la reducción de la vida útil de los componentes del motor, y los costos más altos de mantenimiento y personal. Analice completamente todos los costos antes de que decida usar combustibles pesados. Caterpillar o su distribuidor Caterpillar le ayudarán a realizar esta evaluación.

También se deben estudiar otros métodos de ahorrar combustible. A continuación se encuentra un listado de algunas de las alternativas de ahorros.

- Motores más modernos y de consumo eficiente de combustible.
- Menor velocidad. (Los motores pueden funcionar a 1.200 rpm, en vez de a 1.800 rpm; 1.000 rpm, en vez de a 1.500 rpm; etc.).
- Hélice más eficiente (rueda más grande con paso reducido) o generador u otra unidad impulsada más eficiente.
- Recuperación del calor de desecho.
- Mezclas más ligeras.
- Utilización de motores de gas natural en vez de diesel.
- Petróleo crudo en vez de combustible diesel.

Costos de instalación relacionados con el uso de combustibles pesados

Típicamente, los costos de instalación de un motor que usa combustible pesado son entre un 25 y un 85% mayores que los de un motor que usa combustible No. 2 o combustible diesel marino. Algunos de los requisitos especiales de instalación se citan en el CD LERV1925, "Determinación de los componentes del sistema de combustible para motores que usan combustibles pesados", Hoja de especificaciones de motores 61.3. Otros costos se derivan de los equipos de tratamiento de combustibles.

Típicamente, también aumenta el tiempo de inactividad. Los operadores deben pasar más tiempo atendiendo a los motores y al equipo de tratamiento de combustibles. Deben entender el sistema y estar capacitados en el funcionamiento de los motores como también en el funcionamiento del equipo de tratamiento de combustibles.

Mezclas de combustibles (pesados)

Cómo se aplica su garantía Caterpillar al uso de combustibles pesados

Si decide usar combustibles pesados, surgirán ciertas ventajas y desventajas económicas. Aunque sus costos de combustible pueden ser entre un 5 y un 40% menores si usa mezclas de combustibles, estos ahorros no se adquieren sin costo. Debido a los contaminantes, la vida útil de los inyectores de combustible, las válvulas y los anillos de pistón puede acortarse significativamente. Puede ser necesario reemplazar estos componentes desgastados, pero no están cubiertos por la garantía Caterpillar.

Caterpillar no ofrece una garantía por el reemplazo de piezas con una vida útil reducida debido al uso de combustibles pesados. La garantía Caterpillar para su motor está disponible de su distribuidor.

Recomendaciones de Caterpillar sobre los combustibles pesados

Los clientes que deseen determinar los efectos de un combustible particular sobre un motor Caterpillar deben consultar a su distribuidor Caterpillar. Los motores Caterpillar pueden consumir una gran variedad de mezclas de combustibles y combustibles pesados, pero existen ciertas ventajas y desventajas en muchas situaciones. Asegúrese de consultar a su distribuidor Caterpillar antes de utilizar mezclas de combustibles más pesados.

El distribuidor puede ayudarle a evitar problemas y gastos innecesarios. Por ejemplo, el nivel de azufre del combustible tiende a aumentar drásticamente con los combustibles más pesados. Con algunos combustibles, tal vez sea económico instalar piezas especiales para ayudar a contrarrestar los efectos del azufre del combustible. Otro contaminante de los combustibles es el vanadio (especialmente si también hay sodio presente), que puede requerir cambios de diseño o ajuste de una configuración diesel estándar.

Mezclas de combustibles

Pueden personalizarse muchas características del combustible mezclando diferentes combustibles. Una mezcla de combustibles puede ayudar a mejorar el arranque y el calentamiento del motor, reducir los depósitos y el desgaste, mejorar las emisiones y, a veces tener un efecto sobre la potencia y la economía.

Por lo general, los combustibles más ligeros son más limpios y facilitan el arranque del motor. Los combustibles más pesados tienen valores de calentamiento más elevados (por volumen) mejor número de cetano, etc.

Por ejemplo, tal vez sea necesario añadir más combustible destilado a la mezcla de combustibles residuales para reducir el nivel de contaminantes. Si se compra una mezcla de combustible residuales que tienen 120 PPM de vanadio, y si este combustible se mezcla de modo que se reduce su contenido de vanadio a 100 PPM, se aumentará la vida útil de las válvulas de escape.

Los motores de las familias 3600 y 3500 puede utilizar mezclas de combustibles en forma económica, siempre y cuando las instalaciones de tratamiento del combustible sean adecuadas, y se disponga del personal capacitado para operar este equipo.

Se debe analizar las mezclas de combustibles

Los laboratorios químicos en todo el mundo pueden evaluar las propiedades de los combustibles. En Estados Unidos, estos laboratorios generalmente se encuentran en las páginas amarillas del directorio telefónico, en la sección de "Laboratorios". Algunas compañías y agencias reguladoras también proporcionan servicios de análisis de combustible.

A continuación se citan varias compañías que realizan los análisis de combustibles. Comuníquese con ellos o con laboratorios similares para obtener sus precios y los servicios disponibles.

Southwest Research Institute
Attn: Manager, Engine Fuels and Lubricants
6220 Culebra Road
P.O. Drawer 28510
San Antonio, Texas 78228 EE.UU.
Teléfono: (210) 684-5111
Fax: (210)-522-3547
www.swri.org

DNV Petroleum Services
Det Norske Veritas
Veritasvein 1
1322 Høvik
Noruega
Teléfono: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
www.dnvps.com

Lloyd's Register Laboratory
734 London Road
Essex RM30 3NL
Londres, Inglaterra
Teléfono: +44 01708 680200
Fax: +44 0-1708-680264

Ashland Specialty Chemical Company
Drew Marine Division
One Drew Chemical Plaza
Boonton, New Jersey 07005 EE.UU.
Teléfono: (201) 263-7600
Fax: (973) 263-4485
www.ashchem.com

Tabla (límites)

Refiérase a la tabla sobre Petróleo crudo en la página 37.

Problemas y causas

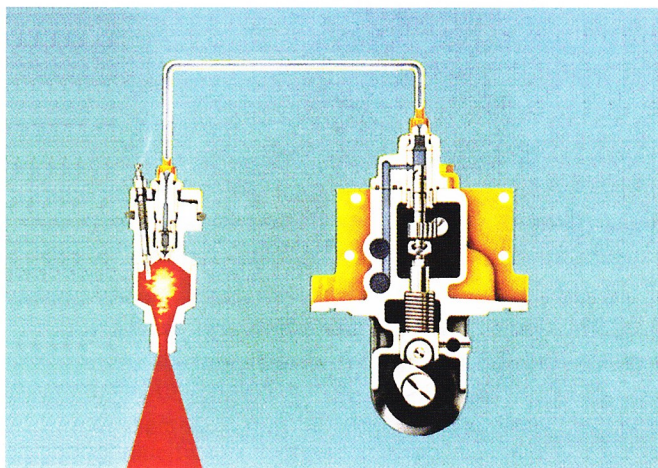
Refiérase a Problemas y causas de la Tabla de combustibles de petróleo crudo en la página 38.

Sistemas de combustible Cat

La tecnología de los sistemas de combustible está avanzando rápidamente. Las presiones mayores de los inyectores permiten que el combustible se atomice en gotas más pequeñas, lo cual produce mayor potencia, menor consumo de combustible, y emisiones reducidas. Para crear estas presiones mayores de inyección, hay menos tolerancia entre las piezas, y hay mayor demanda en el combustible para lubricar el sistema de combustible. Es cada día más importante mantener limpio el combustible y asegurar que tenga las propiedades requeridas, o el resultado será el desgaste prematuro y la avería del motor.

Los motores Caterpillar utilizan varios tipos de sistemas de inyección de combustible. Muchos de los motores más antiguos cuentan con inyección de Cámara de precombustión (PC), mientras que la mayoría de los motores modernos utilizan uno de los sistemas de Inyección directa (DI): bomba y tubería, Inyector Unitario Mecánico (MUI), Inyector Unitario Electrónico (EUI), o Inyector Unitario Electrónico de Accionamiento Hidráulico (HEUI).

Un sistema de combustible con cámara de precombustión tiene dos cámaras entre la boquilla del combustible y el pistón. La combustión empieza en la primera cámara. Esto produce un flujo turbulento de una mezcla combustible/aire en la segunda cámara más grande, donde se completa la combustión. Se muestra una ilustración de un sistema de precombustión en la Figura 30, a continuación.



Cámara de precombustión.

Casi todos los motores Caterpillar ahora tienen sistemas de inyección directa. Generalmente, un sistema de inyección directa consume menos combustible, pero es más sensible a la calidad del combustible que el sistema con cámara de precombustión. Un sistema de inyección directa inyecta el combustible directamente en la cámara de combustión por medio de varios pequeños orificios en la boquilla del inyector de combustible. El combustible está altamente atomizado, y se inflama de manera eficiente.

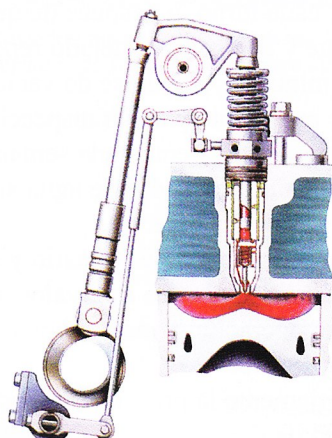


Figura 30: Inyector Unitario Mecánico (MUI).

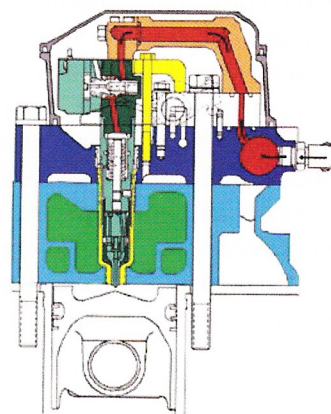


Figura 31: Inyector Unitario Electrónico de Accionamiento Hidráulico (HEUI)

Los inyectores unitarios se pueden activar mecánicamente, electrónicamente, con presión hidráulica, o con una combinación de estas tres. Los inyectores unitarios pueden inyectar combustible con mayor precisión y a mayores presiones, lo cual permite la combustión más completa del combustible. A continuación se muestran dos tipos de inyectores.

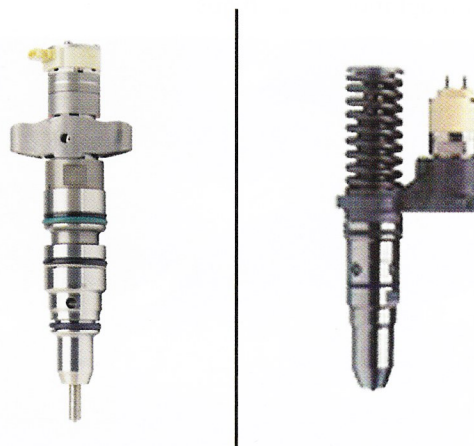


Figura 32: Inyector Unitario Electrónico (EUI) e Inyector Unitario con Accionamiento Mecánico (MEUI)

Mantenimiento del sistema de combustible

El mantenimiento correcto del sistema de combustible es crítico para hacer que el motor funcione bien. El mantener su sistema de combustible libre de contaminantes es cada vez más importante. Las presiones de inyección de los motores de hoy son mucho mayores que las presiones de los sistemas de combustible anteriores. Los componentes tienen tolerancias mucho más estrechas que presentan menos espacio para el paso de las partículas. Cuando hay partículas presente, se causa el desgaste prematuro o aun la avería del sistema de combustión.

Los filtros de combustible Cat® de alta eficiencia están especialmente diseñados para las presiones mayores de inyección y los componentes más precisos, utilizando un medio de filtración super fino para quitar más del 98 por ciento de las partículas que miden 2 micrones o más. En comparación, los filtros de combustible estándar capturan partículas de 15 micrones o mayores. El uso de los filtros de alta eficiencia produce rendimiento máximo, vida útil más larga del componente, menos reparaciones y costos de operación del motor más bajos.



Figura 33: Se necesita combustible limpio y de alta calidad para lubricar las piezas móviles de los inyectores unitarios modernos. La válvula de contrapunta del inyector unitario del lado derecho muestra desgaste por causa de contaminantes en el sistema de combustible.

Sugerencias para el mantenimiento del sistema de combustible

- Tome precauciones especiales al cambiar los filtros de combustible. (Primero limpie la caja del filtro, después quite el/los filtro/s viejo/s sin que entre polvo en la caja).

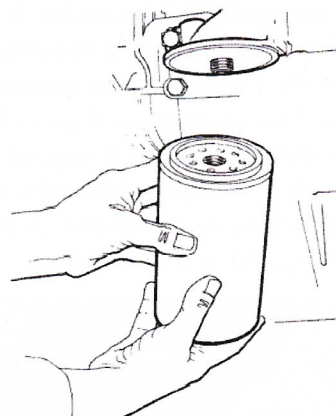


Figura 34: No deje que entre polvo al cambiar los filtros de combustible

- Lubrique y limpie la empaquetadura del filtro nuevo con combustible diesel LIMPIO. Instale los nuevos filtros SECOS. Ceba el sistema de combustión. Las instrucciones para este procedimiento están en su Manual de operación y mantenimiento, o en el Manual del propietario.
- Nunca vierta combustible en el elemento del filtro nuevo antes de instalarlo. El combustible contaminado causará daños a los componentes del sistema de combustible.
- Después de cambiar los filtros de combustible, purgue siempre el sistema de combustible para sacar las burbujas de aire del sistema.
- Cuando sea práctico, llene el tanque de combustible después de cada día de operación para reducir a un mínimo la condensación del agua. Los tanques de combustibles llenos ayudan a prevenir la condensación, eliminando el aire cargado de humedad. No obstante, no llene demasiado el tanque; si aumenta la temperatura, el combustible se dilata y puede rebosar.
- Drene el agua y sedimento del tanque de combustible al comienzo de cada turno, o después de que se haya llenado el tanque y que se haya dejado reposar durante 5 a 10 minutos. Asegúrese de vaciar una taza al comienzo de cada turno para su inspección. Drene los tanques de almacenamiento cada semana.
- Instale y mantenga un separador de agua antes del filtro primario de combustible.
- Limpie el filtro de combustible primario y cambie el filtro de combustión final a los intervalos indicados en su Manual de operación y mantenimiento, o en el manual del Propietario.
- Compruebe diariamente la presión diferencial para detectar un filtro de combustible restringido o taponado.

- Use filtros de combustible Caterpillar legítimos para asegurarse de calidad, consistencia y limpieza. Existen grandes diferencias entre los filtros. Aun si el filtro se adapta a su motor, es posible que no sea el filtro correcto. Hay muchas diferencias importantes entre los filtros Caterpillar y los filtros de imitación. Para mayor información sobre las diferencias entre y las consideraciones sobre los filtros de combustible, comuníquese con su distribuidor Caterpillar.
- Almacene correctamente los nuevos filtros para prevenir el ingreso del polvo y la suciedad en el filtro antes de que se use.
- Corte los filtros usados después de cada cambio de filtro. La única forma de inspeccionar completamente los filtros es con el uso de la Herramienta para cortar filtros 6V7905, y cortarlos después de que se han usado (después de cada cambio de filtros). Esto le permitirá inspeccionar los componentes internos del filtro, ver los contaminantes, y también comparar las marcas de filtro para determinar su calidad y su eficacia de filtración.



Figura 35: Corte los filtros usados para ver los contaminantes. Utilice un Cortador de filtros 6V7905 para cortar la caja del filtro.

Mantenimiento del sistema de combustible

Mantenimiento de los motores que utilizan combustibles pesados

Los motores que operan con combustibles pesados deben inspeccionarse y se deben mantener. Se debe observar estrictamente los intervalos de servicio. Los operadores deben estar capacitados para realizar una inspección completa de servicio.

Actividades periódicas "Según se necesiten"

- Pruebe el combustible cuando se entregue. Identifique los niveles de contaminantes de inmediato, y notifique al personal de operaciones apropiado.
- Antes de almacenar, pruebe la compatibilidad entre el combustible en los tanques y el combustible que se esté comprando. De ser posible, mantenga el combustible en tanques separados.
- Haga un análisis S•O•S de fluidos en forma regular para determinar si se encuentran partículas de desgaste en el aceite, y mantenga un nivel adecuado de Número de base total.
- Solicite un análisis infrarrojo de los aceites usados para determinar los efectos de la combustión de combustibles pesados en el aceite del cárter.

Actividades diarias

- Registre las temperaturas del motor para asegurarse de temperaturas adecuadas del agua de las camisas, del posenfriador y del aire de admisión.
- Si está equipado con un accesorio para lavar con agua el turbocompresor, lave la turbina de escape del turbocompresor. Es necesario eliminar los depósitos del lado de la turbina del turbocompresor. (Para los motores de la Familia 3600, se dispone de un accesorio para esta función).
- Inspeccione los termopares de escape y registre las temperaturas de escape. Fíjese si hay válvulas de escape desgastadas.

NOTA: Mida la proyección del vástago de las válvulas cuando estén nuevas; utilice un punto estacionario como punto de referencia, tal como la cara de la empaquetadura de la tapa de válvulas. Registre las mediciones de cada válvula para hacer comparaciones con las mediciones que se obtengan después. Si la proyección del vástago de la válvula tiene juego de más de 12,5 mm (0,050 pulgadas), considere desmontarla para conocer la razón.

Otra forma de observar el desgaste de la cara de la válvula consiste en medir y registrar las variaciones de la luz de las válvulas durante un período de tiempo.

- Controle las diferencias de presión entre los filtros de combustible y aceite cada turno. Compruebe el taponamiento de los filtros.
- Drene el fondo de los tanques de sedimentación y combustible a diario. Observe si hay exceso de agua o sedimento.

Cada 1000 horas

- Compruebe en una culata el asiento de las válvulas de escape, y la acumulación de carbón. Compruebe los inyectores de combustible para ver si las boquillas rocían de forma adecuada. Asegúrese de que los rotaválvulas operen correctamente.
- Limpie el turbocompresor (turbina de escape) (motores de la Familia de motores 3600, sin lavadores).

Operación del motor con baja carga

Si espera operar su motor con carga parcial durante períodos prolongados, cambie a combustible diesel No. 2 o a aceite diesel marino. (Asegúrese de que los inyectores no funcionen sin combustible durante el cambio).

La siguiente tabla muestra la relación entre la carga del motor y el tiempo. Le ayudará a decidir qué tipo de combustible debe utilizar en aplicaciones de cargas ligeras.

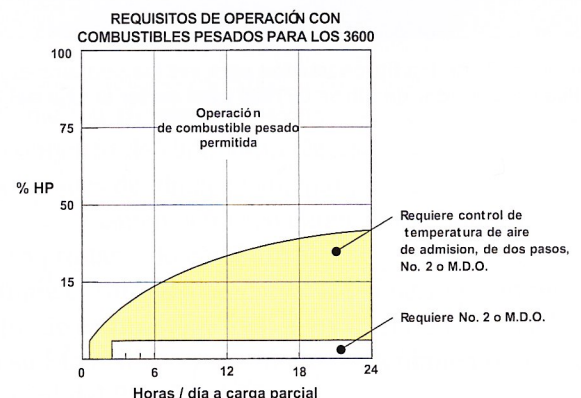


Fig. 36: Tabla con tiempo y números.

Otras sugerencias sobre combustibles pesados

A continuación encontrará algunas sugerencias que debe tomar en cuenta al utilizar combustibles pesados:

- Corte los filtros usados para ver los contaminantes. Mientras aumentan los niveles de contaminación, la calidad del combustible diesel generalmente disminuye.
- Mientras disminuye la calidad del combustible, se hace aun más importante disponer de buenos sistemas de tratamiento de combustible. El sistema de tratamiento a veces se puede compensar por la mala calidad del combustible.
- Con frecuencia, los motores diesel no pueden operar con combustible que proceden directamente del tanque de combustible (almacenado).
- La viscosidad no tiene ninguna relación con la calidad. No utilice el espesor o la viscosidad del combustible como su única guía para determinar la calidad del combustible.
- Los recibos del combustible almacenado en tanques generalmente no proveen una indicación satisfactoria de la calidad del combustible.
- Pruebe el combustible inmediatamente, o haga que los resultados se envíen tan pronto como sea posible, preferiblemente antes que tenga que almacenarse el combustible. Esto le permitirá hacer los ajustes necesarios al sistema de tratamiento de combustible.
- Compruebe y calibre su viscosímetro cada 6 a 12 meses.
- Trate de reconocer y corregir los problemas de una partida de combustible tan pronto como sea posible después de haberla recibido.
- Guarde una muestra de dos litros (medio galón) cada vez que reciba una partida nueva. Póngale una etiqueta para futura referencia.
- Divida los tanques de combustible en tanques de almacenamiento, de sedimentación y de servicio. Esto es especialmente importante si no está seguro de la compatibilidad de los combustibles. Trate de limitar la transferencia de combustibles para prevenir las mezclas.
- Es posible que tenga que arrancar y parar el motor con combustible diesel número 2D cuando utilice ciertos tipos de combustible.

Publicaciones sobre combustibles disponibles de Caterpillar

Las siguientes publicaciones están disponibles de su distribuidor local Caterpillar. Es posible que algunas de las publicaciones tengan un costo nominal. Algunas pueden estar actualizadas o han sido discontinuadas. Estas publicaciones deben pedirse directamente de su distribuidor. Su distribuidor también puede ayudarle al contestar preguntas sobre los combustibles disponibles en su área de operación.

CD ROM sobre sistemas de combustible EUI (todos los motores EUI)
REN1391-01

CD sobre sistemas de combustible HEUI HI300 (motores 3126B)
REN1390-01

CD sobre sistemas de combustible 3500B MEUI (motores 3500 MEUI)
REN1395

Publicación sobre Mejoras de durabilidad del sistema de combustible
SENR 9620, CD PEXT9044

Publicación PEHP 7046 sobre Control de contaminación en el combustible

Todas las "Hojas de especificaciones de motores" están incluidas en la publicación LERV1925 CD ROM de "Manual técnico de motores" Caterpillar

Calentadores de combustible para operación en temperaturas frías, publicación LEKQ4065* (Hoja de especificaciones de motores 64.5, para combustible diesel No. 1 y No. 2 solamente)

Instalación de grupo de calentador de combustible
8N9754, SEHS7653-02 (Instrucción Especial)

Análisis de averías - Inyectores y tubería de combustible SEBD0639

El aceite lubricante y su motor, SSBD0640

El uso del tubo de flujo de combustible 2P8278 para comprobar el exceso de aire en el combustible diesel - SMHS9208 (Instrucción Especial)

Determinación de tamaño de componentes de sistema de combustible para combustibles pesados, publicación LEKQ9173* (Hoja de especificaciones de motores 61.3)

Procedimientos de operación de los motores 3500 y 3600 con combustibles pesados - publicación LEKQ1177* (Hoja de especificaciones de motores 61.4)

Separador de agua del combustible para motores 3208 y 3300 con sistemas de combustible de dosificación con manguito - publicación LEKQ3383* (Hoja de especificaciones de motores 64.1)

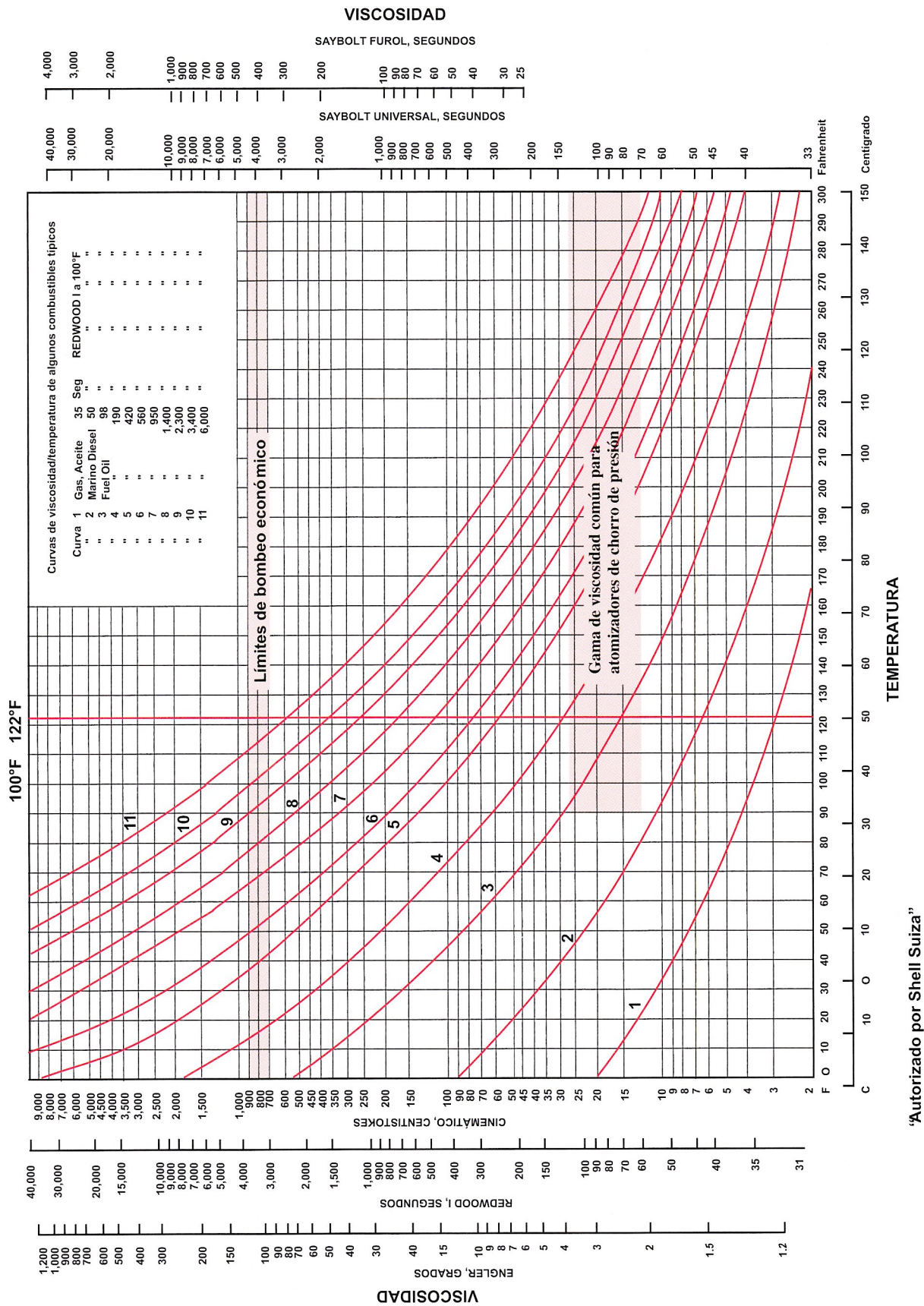
Prácticas de conservación de combustible - publicación LEKQ3106* (Hoja de especificaciones de motores 60.2)

Otras publicaciones

Notas ABS de combustibles pesados (1984)
American Bureau of Shipping
45 Eisenhower Dr.
Paramus, New Jersey. 07652
EE.UU.
Teléfono: (201) 909-0499
Atención: Departamento de pedidos de libros
www.eagle.org

*Disponible en CD ROM LERV1925

Figura 37



“Autorizado por Shell Suiza”



© 2003 Caterpillar Inc.
Impreso en E.U.A (12/03)

SSBD0717-04