LUIS MÁRQUEZ
Dr. Ing. Agrónomo

LA LUBRICACIÓN Y LOS LUBRICANTES

Medida de las 'prestaciones' que ofrece un lubricante

El segundo artículo dedicado a este tema se centra en los criterios a seguir en el momento de la elección del lubricante más apropiado para una determinada actividad. Los fabricantes de aceites y los de los equipos mecánicos que los utilizan se encargan de evaluar sus prestaciones estableciendo distintos niveles de calidad.



No es fácil elegir el aceite más apropiado para una determinada aplicación a partir de las características del aceite base y de los aditivos. Por ello se han establecido diferentes procedimientos para evaluar las prestaciones del aceite, fijando niveles de calidad para los diferentes usos que se les puede dar.

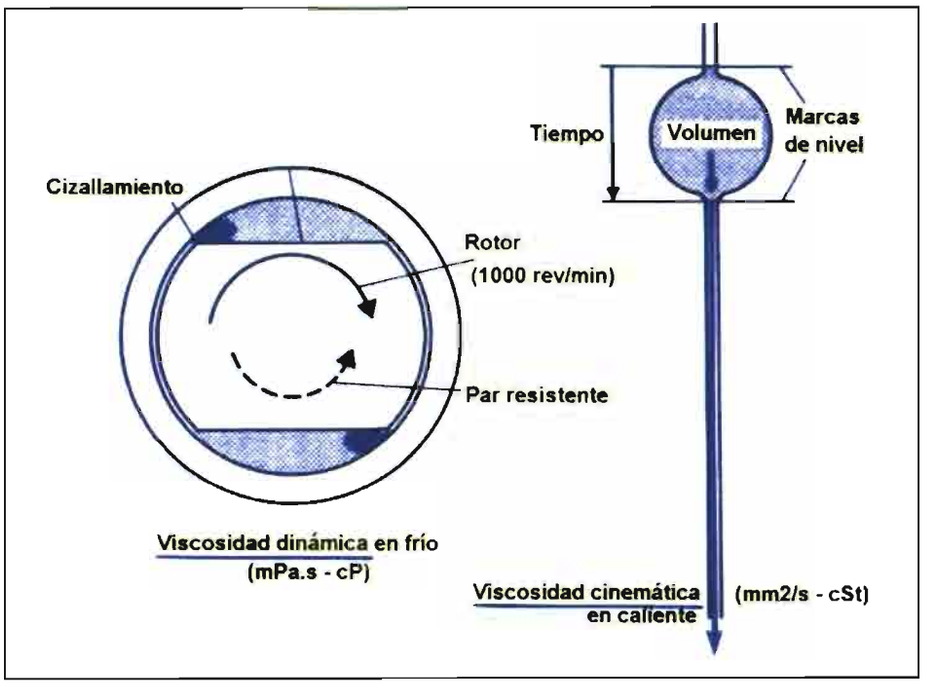
Esta evaluación de los lubricantes la realizan, en colaboración, los fabricantes de aceites con los de los equipos mecánicos que los emplean, lo que exige definir las características del equipo de pruebas y su tarea específica.

En cualquier caso, el efecto del lubricante no se manifiesta a corto plazo, sino que influye sobre toda la vida útil de la máquina, para lo cual debe mantener una viscosidad correcta en todas las condiciones de funcionamiento y una estabilidad de comportamiento para el período de cambio establecido.

Por otra parte, es posible obtener lubricantes multifuncionales o 'universales' para algunos tipos de máquinas, siempre que no se produzcan exigencias opuestas para determinados elementos y se encarezca la fabricación de modo considerable.

A partir de un aceite base, al que se le añaden aditivos mejoradores del índice de viscosidad y otros complementarios, se puede comenzar la evaluación en laboratorio y en condiciones reales de trabajo, para ver su comportamiento. Unas pruebas que, para un aceite de máxima calidad, pueden durar de 2 a 3 años, con un coste total que alcanza el millón de euros.

FIGURA 1. MEDIDA DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE



El coste de estas evaluaciones a hecho necesario trabajar con procedimientos normalizados de ensayo, de manera que los resultados entre las diferentes pruebas sean comparables. Estos procedimientos tienen su origen en instituciones con influencia mundial, o regional, como son el Instituto Americano del Petróleo (API), la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE), el Comité de Constructores de Automóviles del Mercado Común (CCMC), o Asociación de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA), que es su actual denominación, la Organización Internacional de Normalización (ISO), etc.

NIVELES DE CALIDAD DE LOS ACEITES EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE EMPLEO

La continua evolución de la tecnología mecánica y de las exigencias en la lubricación de los equipos, obligada a una continua puesta al día de los procedimientos de evaluación de las prestaciones de los aceites lubricantes, provoca el establecimiento de 'clases' que se adapten a las diferentes exigencias del material.

Dos son los aspectos más importantes que hay que valorar en un aceite lubricante: la viscosidad y su variación con la temperatura de trabajo y la resistencia a la degradación en diferentes condiciones de empleo.

La viscosidad puede considerarse como una propiedad básica, ya que es indicativa de la facilidad de movimiento del aceite. La resistencia a la degradación marcará su eficacia sobre la máquina y el tiempo en que puede permanecer el lubricante en servicio (cambio de aceite) en las condiciones de trabajo establecidas.

El establecimiento de las diferentes categorías de aceites se hace sobre la base de los tipos de aplicaciones de los mismos: motores, transmisiones, sistemas hidráulicos, etc.

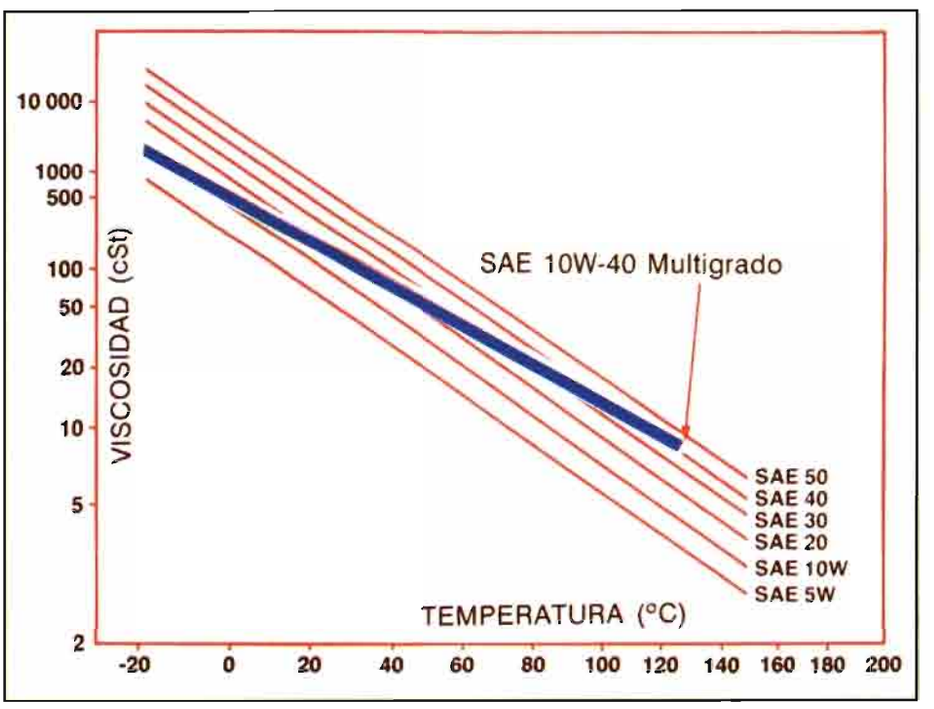
LUBRICANTES PARA MOTORES

Los procedimientos para valorar las características funcionales de los lubricantes se vienen modificando ha medida que aumentan las exigencias de la tecnología utilizada. En las líneas que siguen a continuación se van a analizar solamente las clasificaciones modernas, que son las que se emplean en la actualidad.

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES PARA MOTOR SEGÚN LA VISCOSIDAD

El sistema de clasificación de empleo generalizado es el que utiliza la

FIGURA 2. ACEITES MONOGRADO Y MULTIGRADO







numeración SAE (creada por la Sociedad de Ingenieros de Automoción), que se comenzó a aplicar en 1920, aunque se ha modificado de manera continua para adaptarse a las nuevas exigencias.

Según este procedimiento, a efectos de viscosidad, se distinguen dos tipos de productos: los denominados 'aceites de verano' y los 'aceites de invierno'.

Para los 'aceites de verano' se establecen cuatro categorías o 'grados' que van del más fluido (SAE 20) al más viscoso (SAE 50). Cada una de estas categorías queda definida por una viscosidad cinemática (en centistokes) medida a 100ºC, que debe mantenerse entre un mínimo y un máximo. (Figura 2).

Para los 'aceites de invierno' se definen 6 grados que van desde el 0 al 25 con intervalos de 5 en 5, marcados complementariamente con la letra W. En cada uno de estos grados, además de cumplir unas exigencias de viscosidad cinemática a 100°C (valores mínimos), debe ser posible el desplazamiento del aceite por bombeo cuando se encuentran a baja temperatura, a niveles inferiores cuanto menor es su grado SAE. Así, un aceite 0W podría bombearse a -35ºC y un SAE 25W a –10ºC. Otra manera de definir la exigencia de fluidez en frío es mediante la fijación de la viscosidad a baja temperatura, utilizando para estos caso la medida que se conoce como viscosidad 'dinámica', lo cual se hace en unidades conocidas como centipoises -cP-. (La viscosidad dinámica es igual a la viscosidad cinemática multiplicada por el peso específico del aceite).

La diferencia entre 'aceite de verano' y 'aceite de invierno' no indica que los primeros sólo puedan utilizarse en esta estación (periodo cálido) y los de invierno en los periodos fríos, aunque en sus orígenes pudiera reflejar esta forma de empleo. Ahora sólo son maneras de diferenciar la viscosidad de los aceites y su adaptación a climas en los que se van a producir, o no, bajas temperaturas que dificultarían el arranque del motor.

Los aceites incluidos en cualquiera de los grados de viscosidad anteriormente definidos se conocen como 'monogrado', y tienen que sustituirse si se producen cambios en las condiciones climáticas en las que trabajan los motores. Los aceites que abarcan más de dos grados de viscosidad SAE se conocen como 'multigrados', permitiendo su empleo durante todo el año porque su viscosidad es satisfactoria a alta y a baja temperatura. Así, un aceite SAE 15W-40 se comporta a alta temperatura como un SAE 40 y a baja como un SAE 15W.

Esta 'estabilidad' de la viscosidad en frío y en caliente se consigue mediante el empleo de aditivos que actúan sobre el índice de viscosidad (VI). A medida que hay mayor diferencia entre los grados SAE que incluye el aceite (por ej.: SAE 5W-30 ó SAE 10W-40) hay que recurrir a aceites de base especialmente refinados que tienen un VI natural más alto de lo normal, o a utilizar aditivos sintéticos más eficaces, pero también más costosos.

Hay que insistir que la clasificación en función de la viscosidad SAE sólo define esta característica sin que pueda tomarse como indicador de la 'calidad' del aceite.

NIVELES DE 'CALIDAD' DE LOS ACEITES LUBRICANTES PARA MOTOR

En la actualidad, para España, dos son los sistemas de clasificación que más se emplean: el del API y el del CCMC, aunque existen otros que especifican la 'calidad' del lubricante para aplicaciones particulares.

La actual clasificación API utiliza para caracterizar un tipo de aceite un

FIGURA 3. EQUIVALENCIA ENTRE LAS DIFERENTES FORMAS DE EXPRESAR LA VISCOSIDAD Y OTRAS UNIDADES

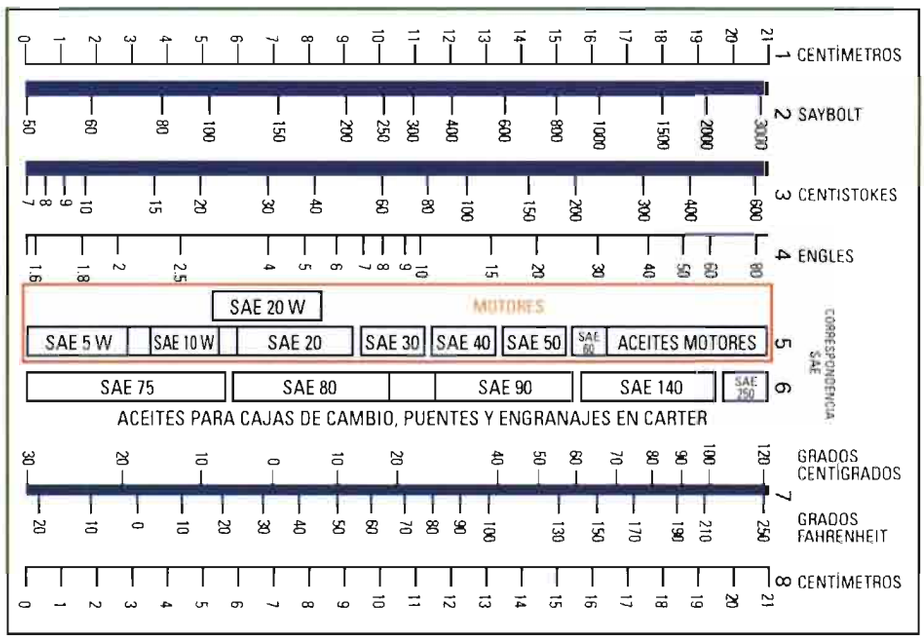
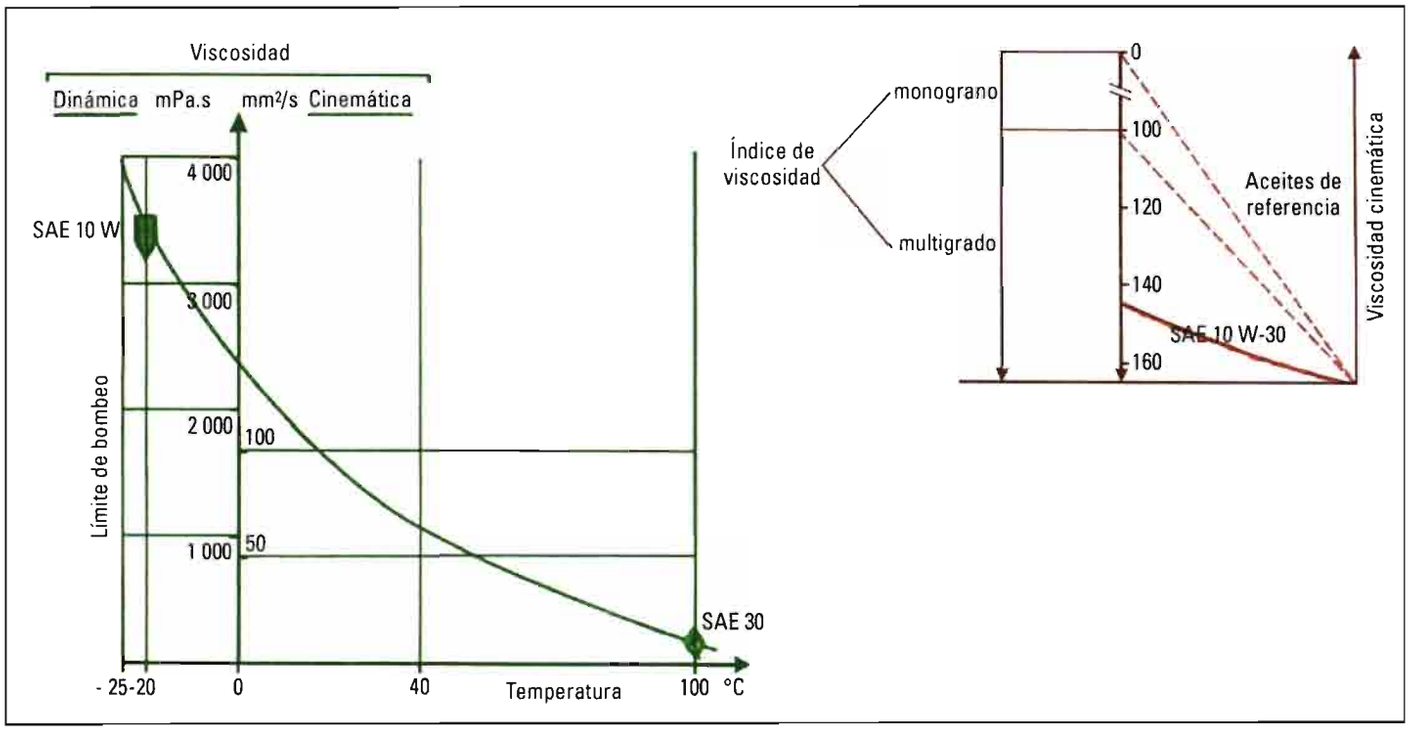


FIGURA 4. VARIACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ACEITE



sistema compuesto por dos letras: la primera de ellas marca el tipo de motor considerado (S: motores de gasolina; C: motores diésel) y la segunda el nivel de calidad sobre la base de condiciones de trabajo mas duras, utilizando el orden secuencial del alfabeto, indicando el menor nivel con la letra A. Así, las especificaciones serán: API SA (para motores de gasolina, en condiciones de servicio de mínima agresividad para el lubricante), API CC (para motores diésel en condiciones de moderada agresividad para el lubricante).

Para ver si un tipo de lubricante es apropiado para unas determinadas condiciones de empleo (servicio) se somete a una secuencia de operaciones en banco de pruebas sobre diferentes motores, establecidas por las Normas ASTM (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales).

Un determinado lubricante puede comportarse de manera correcta en diferentes condiciones de servicio incluyendo motores de gasolina y diésel. Esto se refleja con un marcado como el siguiente API SF/CD, lo que indica que el aceite cubre las exigencias establecidas en los niveles API SF (motores de gasolina) y API CD (motores diésel).

> ***La calidad de un aceite se verifica sometiéndole a una secuencia de operaciones del motor en un banco de pruebas***

Además de esta forma de establecer las diferentes categorías de empleo de los lubricantes, cada vez es más frecuente encontrar la que preconiza el Comité de Constructores de Automóviles del Mercado Común (CCMC), que tiene en cuenta que las condiciones de operación de los motores de automóviles en Europa son diferentes de las que se encuentran en los EEUU.

Según este procedimiento de clasificación, para motores de gasolina hay establecidos cinco niveles, del CCMC G1 al CCMC G5, y para los diésel, del CCMC D1 al CCMC D5, completados con otras dos categorías la PD1 y la PD2.

Dentro de estos niveles, los que se encuentran en uso, para motores de gasolina, son los G4 y G5 (actualmente la calidad más alta). El nivel G5 puede considerarse como equivalente a la calidad API SG, aunque tiene establecidos unos niveles de volatilidad más estrictos para controlar el consumo de aceite.

Para los motores diésel las clases utilizadas son la D4, D5 y PD2. La D5 define un aceite que supera lo establecido por la categoría API CC, y la PD2 reconoce los requerimientos específicos para los motores turboalimentados de pequeña cilindrada que se utilizan en automóviles.

Además de utilizar estas especificaciones, los diferentes fabricantes de motores y vehículos realizan pruebas complementarias que sirven para 'homologar' un determinado lubricante para los motores de su fabricación.

Otras especificaciones de calidad muy utilizadas son las que emplea el ejército de los EEUU, de entre las cuales se puede destacar la designada como MIL-L-46152D, para aceites de motor utilizables en cualquier tipo de motor de gasolina o diésel, y la MIL-L-2104E, para aceites de motor utili-zables en cualquier tipo de motor diésel, incluidos los turboalimentados y los de dos tiempos (motores semidiésel).

En la Figura 5 se presentan las equivalencias entre las diferentes 'calidades', junto con las recomendaciones de empleo de cada una de ellas.

FIGURA 5. CALIDAD DEL ACEITE (API-MOTORES)

CLASIFICACIÓN API	ADECUADO PARA LAS CONDICIONES DE:	EQUIVALENCIA CCMC	EQUIVALENCIA MIL-L
SA-SB-SC-SD	Motores de diseño antiguo		
SE	Motores de gasolina de los años 1972 a 1980		46152D
SF	Motores de gasolina de los años 1980 a 1988	G4	(M. de gasolina y diésel)
SG	Motores de gasolina de diseño más reciente	G5	
CA	Motores diésel en trabajos ligeros		
CB	Motores diésel en trabajos moderados		
CC	Motores de gasolina y diésel en trabajos modernos		
CD	Motores diésel en condiciones duras (turboalimentados)	D4	
CE	Motores diésel en condiciones muy duras (turboalimentados)	D5	2104E (todo tipo de motores diésel)
	Motores pequeños turboalimentados	PD2	

REVISIÓN DE LA NORMATIVA EUROPEA

Atendiendo a que las condiciones de operación de los motores de automóviles en Europa son diferentes de las que se encuentran en los EEUU surgió el CCMC (Comité de Constructores del Mercado Común) cuyos miembros eran BMW, DAF, Mercedes Benz, FIAT, MAN, Porsche, PSA, Renault, Rolls Royce, Rover y Volkswagen, estableció un procedimiento de clasificación (anteriormente indicado).

En 1991 la CCMC fue disuelta y en su lugar surgió la ACEA (Asociación de Constructores Europeos de Automóviles) integrada por los mismos componentes de la CCMC y además se incorporaron: Ford Europa, General Motors Europa, AB Volvo y Saab-Scania.

En 1992 se creó un grupo europeo formado por: ACEA, ATC (fabricantes de aditivos), ATIEL (compañías petrolíferas/fabricantes de lubricantes) y CEC (normalización. Definiendo los procedimientos de ensayo). Su objetivo era el desarrollo de aceites de motor mediante un proceso estadístico de calidad eficiente utilizando métodos de ensayo predeterminados.

Así nació EELQMS (Sistema Europeo de Gestión de Calidad de Lubricantes de Motor Europeos) que proporciona el proceso para el desarrollo de aceites de motor utilizando los códigos de prácticas ATIEL y ATC, efectivos desde octubre de 1995, y que incluye también un pre-registro de ensayos de motor en el ERC (Centro Europeo de Registros), un grupo de trabajo independiente con gran experiencia en seguimiento de ensayos.

Así es como entraron en vigor el 1 de enero de 1996 y se irán implantando en el mercado progresivamente las secuencias ACEA que son las nuevas especificaciones europeas para aceites de motor que reemplazan a las de la CCMC.

Estas secuencias cubren tres aplicaciones (figura 6):

A: Aceites de motor de turismos de gasolina.
B: Aceites de motor de turismos diésel
E: Aceites de motor de vehículos industriales

Las nuevas especificaciones ACEA miden algunos nuevos ensayos en motores modernos y mantienen muchas de las existentes pero incrementando los requisitos anteriormente exigidos: los ensayos de laboratorio que se realizan son los siguientes:



FIGURA 6. CALIDAD DEL ACEITE (ACEA-UE)

MOTORES GASOLINA	MOTORES DIÉSEL LIGEROS	MOTORES DIÉSEL PESADOS
A3-96 • Calidad superior. Estabilidad térmica y oxidativa superior. • Mejores prestaciones de motor que la antigua CCMC G5. • Estabilidad al cizallamiento sin cambiar de grado de viscosidad y baja volatilidad.	**B3-96** • Calidad superior. Mejor limitación a la formación de hollín y protección. • Antidesgaste. • Mantenimiento del grado de viscosidad. • Mejores prestaciones de motor que la antigua CCMC PD2.	**E3-96** • Calidad superior con excelentes propiedades en cuanto a formación de hollín. • Mejores prestaciones de motor (pulido de camisa, limpieza, formación de depósitos, y desgaste) que la antigua CCMC D5.
A2-96 • Muy buena calidad estándar. • Mejores prestaciones de motor que la antigua CCMC G4. • Estabilidad a la oxidación equivalente a G5. • Define la línea básica de calidad del aceite.	**B2-96** • Muy buena calidad estándar. • Mejores prestaciones de motor que la antigua CCMC PD2.	**E2-96** • Muy buena calidad estándar. • Mejores prestaciones de motor (limpieza y desgaste) que la antigua CCMC D4.
A1-96 • Nivel de calidad para bajas viscosidades. Ahorro de combustible. • Estabilidad al cizallamiento sin cambiar de grado de viscosidad. • Estabilidad a la oxidación similar a G5. • Mismos límites que para A2-96 con excepción de la viscosidad a 150°C en condiciones de elevado cizallamiento. • Debido a la limitada protección antidesgaste algunos constructores de turismos podrían restringir la utilización de aceites A1-96 de baja viscosidad.	**B1-96** • Nivel de calidad para baja viscosidad. Ahorro de combustible. • Mismos límites que para B2-96 con excepción de la viscosidad a 150°C en condiciones de elevado cizallamiento. • Debido a la limitada protección antidesgaste algunos constructores de turismos podrían restringir la utilización de aceites B1-96 de baja viscosidad.	**E1-96** • Calidad estándar. Mejor protección antidesgaste que la antigua CCMC D4.

- Viscosidad SAE según la norma SAE J300.
- Estabilidad al cizallamiento.
- Viscosidad a alta temperatura (150°C) bajo elevado cizallamiento.
- Pérdidas por evaporación.
- Cenizas sulfatadas.
- Compatibilidad del aceite con los elastómeros de las juntas.
- Tendencia a la formación de espuma.

Los ensayos de motor incluyen:

- Oxidación del aceite a baja temperatura (espesamiento del aceite).
- Formación de depósitos de barnices.
- Desgaste de levas y cilindros.
- Pegado de segmentos y formación de barnices en los pistones.
- Depósitos a baja temperatura.

> ***"Las condiciones de operación de los motores de automóviles en Europa son diferentes que las que se encuentran en Estados Unidos"***

- Desgaste y rayado del tren de válvulas.
- Formación de depósitos carbonosos. Formación de hollín.
- Ahorro de combustible.
- Detergencia.
- Limpieza de pistones.
- Dispersancia a baja temperatura.
- Consumo de aceite.

ELECCIÓN DEL LUBRICANTE APROPIADO

La experimentación que hay que realizar para poder aceptar un determinado tipo de lubricante necesita tiempo y resulta costosa. En ella intervienen los fabricantes de los equipos y

las empresas productoras de lubricantes, junto con organismos independientes que ensayan los lubricantes con una normativa rigurosa.

A partir de estos ensayos se publican tablas que relacionan los niveles de viscosidad y calidad de los lubricantes que llegan al mercado, según los apartados establecidos en las normas de utilización generalizada (SAE, API, CCMC, etc.) y a veces otras de utilización más restringida.

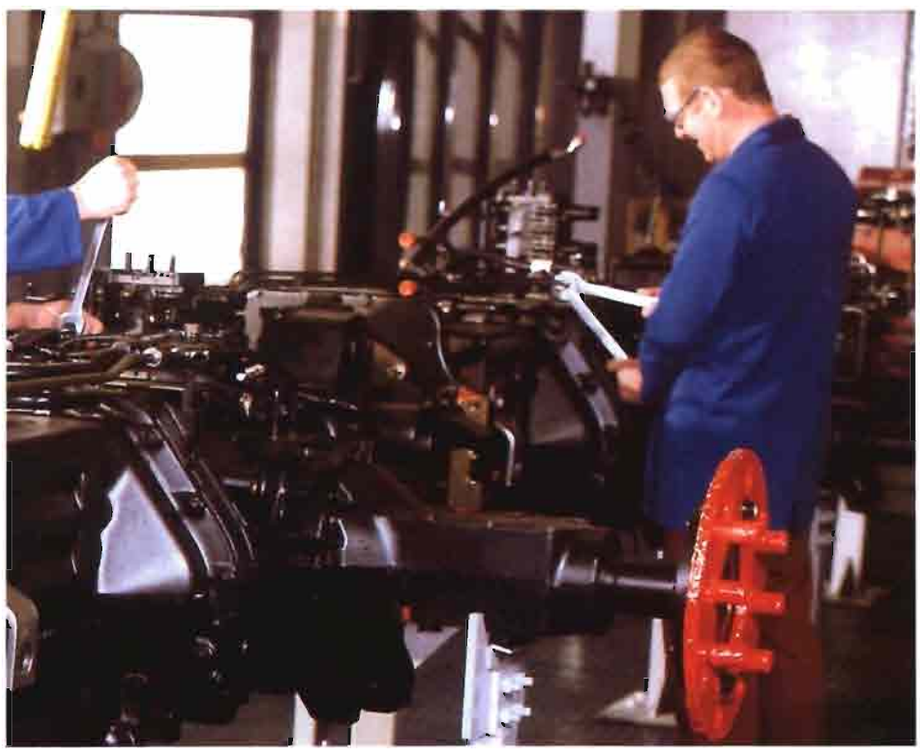
Por otra parte, los fabricantes de equipos mecánicos, utilizando su propia experiencia, incluyen en el manual del utilizador las recomendaciones de lubricación en función de la utilización de la máquina considerada, definiendo los tipos de lubricante y la periodicidad de los cambios.

Es conocida la contaminación del aceite durante el servicio, con pérdida de actividad de los aditivos. La vida útil del lubricante dependerá del tipo del lubricante utilizado, unida al diseño del equipo, condiciones de trabajo y factores de carga, cantidad de combustible utilizado, rellenados para mantener a nivel, eficacia de los filtros, tipo de combustible, etc.

Esto hace difícil que el usuario pueda decidir la oportunidad del cambio, por lo que, si no se dispone de un control mediante análisis continuo del estado del aceite, se recomienda el cambio periódico, valorado en horas de funcionamiento y/o en tiempo transcurrido.

> ***La utilización del mismo tipo de aceite en motores y transmisiones, o sistemas hidráulicos, sólo puede hacerse en determinadas circunstancias***

El punto de partida para elegir el lubricante más apropiado es consultar las especificaciones establecidas por el fabricante de la máquina, pero hay que considerar que en una explotación agrícola moderna puede haber tractores y máquinas de diferente procedencia y antigüedad, por lo que interesa unificar los lubricantes reduciéndolos a un mínimo de tipos y clases.



Desde luego, desde el punto de vista práctico, esto es imprescindible. Las recomendaciones API o CCMC permiten una primera racionalización, al establecer las equivalencias de los distintos tipos de aceites.

Reducir el número de tipos necesarios en los motores resulta bastante sencillo. Un aceite de altas prestaciones puede ser utilizado en los motores que sólo necesitan aceites de bajas prestaciones. Así, un API CE, puede ser utilizado para motores con especificaciones de lubricación CA, CB, CC o CD. Además, la mayoría de los lubricantes para motores son adecuados tanto para los de gasolina como para los diésel, por lo que un aceite identificado como API CC/SE puede ser utilizado tanto en motores diésel que exijan nivel API CC, como en los de gasolina con exigencia API SE.

Las excepciones que pueden aparecer a esta compatibilidad son las que se producen en motores muy antiguos, construidos antes de que los lubricantes se formularan con aditivos 'detergentes', ya que si hay acumulados depósitos de carbón importantes, el efecto del aceite moderno puede ocasionar la destrucción del motor por lavado de los depósitos que 'sellan' los desgastes.

Tampoco los aceites lubricantes diseñados para motores de 4 tiempos, con independencia de su calidad, resultan apropiados para los motores de 2 tiempos, en los que se necesita que el aceite permanezca en el motor un corto periodo de tiempo y se queme junto con el combustible, lo que exige una formulación especial para minimizar los residuos de la combustión.

La utilización del mismo tipo de aceite en motores y transmisiones, o sistemas hidráulicos, sólo puede hacerse en determinadas circunstancias, sobre la base de recurrir a aceites con aditivos adecuados para estas funciones, lo que se analizará con detenimiento en el artículo final de esta serie.■