

# Algunos Ensayos de Evaluación de Lubricantes

Quim. Ind. RUBEN J. FEBLES  
División Lubricantes ANCAP  
Montevideo - Uruguay

## Objeto:

Esta disertación tiene por objeto describir algunos métodos, equipos y procedimientos para la evaluación de aceites lubricantes, de los cuales elegimos el grupo de aceites para lubricación de motores a combustión interna.

## CLASIFICACION DE LOS METODOS DE ENSAYO

Los métodos para la evaluación de lubricantes los dividimos en tres categorías:

A) Ensayos de laboratorio. Excluyen el ensayo en máquinas. No los discutiremos ni tampoco los criticaremos para no alejarnos del tema elegido.

B) Ensayos mecánicos en escala reducida. Por ej., en banco.

C) Ensayos en la propia máquina.

Los ensayos mecánicos en banco se agrupan en laboratorios especializados, dotados de un buen taller de montaje y ajuste.

Los análisis de laboratorio, de los cuales resulta un conocimiento más o menos exacto de una propiedad dada, nos dan resultados en un instante dado y por lo tanto estático.

No discutiremos el análisis de laboratorio desde otros puntos de vista ya que, repito, nos alejamos del tema.

Si efectuamos dichos ensayos en distintas épocas, no pierden su carácter estático, a pesar de que nos dan una curva de resultados que permite extraer mejores conclusiones que con una sola cifra. Pero interesan mucho más las propiedades de un punto de vista dinámico.

Ciertos ensayos de calificación nos dan una serie de resultados dinámicos, que dan idea de la calidad de un lubricante.

Desde luego que el ensayo en la máquina o mecanismo en el que se va a utilizar el lubricante es el mejor, pero no siempre es posible por razones económicas. Por esta razón se recurre a los ensa-

yos en escala reducida como por ej. los ensayos en banco.

Actualmente se han implantado especificaciones que exigen el empleo de los mismos los cuales han resultado de inmenso valor en el desarrollo de aditivos para inhibir oxidación y corrosión, evitar el pegado de aros, formación de barros, etc. Estos ensayos se efectúan en motores de débil, mediana y gran potencia.

Ellos constituyen actualmente el medio de calificación necesario a todo producto de alta calidad.

Debido a la diversidad de métodos se ha pensado que la normalización de los mismos los volvería más económicos, pero esto es discutible dado que nuevos métodos de ensayo marcan un progreso sobre los anteriores.

Actualmente el acuerdo es unánime, el solo medio de evaluar las propiedades de un aceite es ensayarlo en una máquina en condiciones tales que se aproximen lo más posible a las de servicio.

Hasta 1937 en lo que respecta a aceites para motor el análisis prevalecía sobre el resultado práctico en el mismo y surgieron toda una serie de ensayos de oxidación artificial de los aceites para extraer conclusiones del punto de vista del uso. El desarrollo de los motores diesel diseñados para trabajar en condiciones más severas de temperatura, presión y velocidad complicó aún más el problema. El desgaste se convirtió en un problema considerable. Lo mismo sucedió con el pegado de aros el rayado de las camisas y de los aros, la obstrucción de los aros de aceite, la corrosión de cojinetes, etc.

La solución se encontró en el empleo de los aditivos antioxidantes, anticorrosivos, dispersantes, detergentes, etc.

Las investigaciones comenzadas en EE. UU. por Midgeley, en Francia por Dumanois y en Holanda por Boerlage, introdujeron los motores experimentales que debían orientar las investigaciones en el campo de la lubricación. Aún más la apreciación de los aceites con aditi-



vos no puede ser hecha en el laboratorio y exige los ensayos en motores.

Es debido a un trabajo intenso entre la industria del petróleo y la industria automovilística americana que fueron desarrollándose una serie de métodos de ensayo de aceites en banco y que son mantenidos en el mundo entero como medio satisfactorio de evaluar aceites en condiciones severas.

Estas técnicas de ensayos de aceites lubricantes en motores han sido desarrolladas por el "Coordinating Research Council" bajo la égida del "S. A. E." y del "A. P. I." Es así que nació la especificación 2-104-B en setiembre de 1941, la cual fué oficializada el 6-V-943 y sustituida por la MIL-O-2/04 en noviembre de 1950, que a su vez ha sufrido posteriores modificaciones (MIL-L-2/04-A).

Por algunos años los métodos Chevrolet y Caterpillar, entre otros, fueron usados para la calificación de aceites. Ambos ensayos son muy caros y el Caterpillar además es muy largo.

Estos ensayos fueron codificados por el "C. R. C." y actualmente sólo los ensayos L-1, L-4, I-D y FL-2 son de uso corriente.

En EE. UU. desde hace unos diez años y en Europa (Francia e Inglaterra), han decidido usar ensayos que sean como un tamiz respecto a la oxidación, corrosión y detergencia. Son ensayos de preselección que en muchos casos son de selección.

En EE. UU. varios laboratorios adoptaron el motor Lauson modelo LF-822, 4 tiempos, enfriado a agua, con simple válvula al costado. El modelo usado recientemente es el K-2, 4 tiempos, monocilíndrico y sus condiciones generales son: Potencia = 1,82 HP a 1840 r.p.m.

Existen tres técnicas que tienen de común las condiciones generales y que difieren en:

	Técnicas "A"	"B"	"C"
Temperatura cámara °F	350±5	270±2	350±5
" " aceite °F	180±5	280±5	225±5
Duración horas	100	60	100

Usando la técnica "C" el lauson diferencia sin dificultad, aceites minerales puros, premium (MM) 2-104-B, MIL-L-2104-A y Suplemento I. La diferencia entre estos dos últimos no es muy marcada. El combustible empleado es igual al método CRC L-4 (Chevrolet). El suplemento 2 no puede evaluarse. Hay un considerable grado de correlación entre el mé-

todo "B" y el CRC L-4. El método "B" determina al igual que el método Petter W-I a nafta y el Renault IFP, la estabilidad del aceite a la corrosión de cojinetes. La detergencia y el pegado de aros se determina con el método "A". En todos los ensayos se pesan los cojinetes antes y después de los mismos y se analiza cada tanto el aceite usado efectuándose las determinaciones siguientes: V. S. U., N° de ácido o base, insolubles en pentano.

En Inglaterra encontramos los métodos Petter AV-I y W-I, el primero diesel monocilíndrico y el segundo también monocilíndrico, pero a nafta. En Francia encontramos ambos métodos y además toda una serie de ensayos con motores franceses entre los cuales señalamos el Renault 662/2.

Antes de seguir adelante con estos métodos, pasaremos a efectuar una breve reseña crítica de los ensayos CRC L-4 y CRC L-1.

Los aceites HD para servicio pesado anteriores a la guerra pasada, eran fuertemente detergentes y con estabilidad a la oxidación y corrosión mediocres. Durante la guerra surgió la especificación U. S. Army basada fundamentalmente en el ensayo Chevrolet de 36 horas y el ensayo Caterpillar de 480 horas. Los aceites de ese tipo a partir de ese momento servirán para motores diesel y para motores a nafta en determinadas condiciones (tipo o servicio MS).

El ensayo L-1 Caterpillar es severo, pero da una débil indicación del comportamiento de un aceite en servicio poco severo. Es excelente para determinar la calidad de un aceite para motores diesel, pero no da buenos resultados en lo que concierne a aceites MS para coches de turismo. Ensayos efectuados con aceites que no cumplen la especificación

MIL-O-2104, por ej. dieron en coches resultados muy buenos. Inversamente un aceite que cumple dicha especificación dió resultados mucho menos buenos. Los ensayos se efectuaron en las mismas condiciones y durante el mismo recorrido (50.000 Km.) con cambios regulares.

Se ha revelado en el curso de estos ensayos que es necesario clasificar los



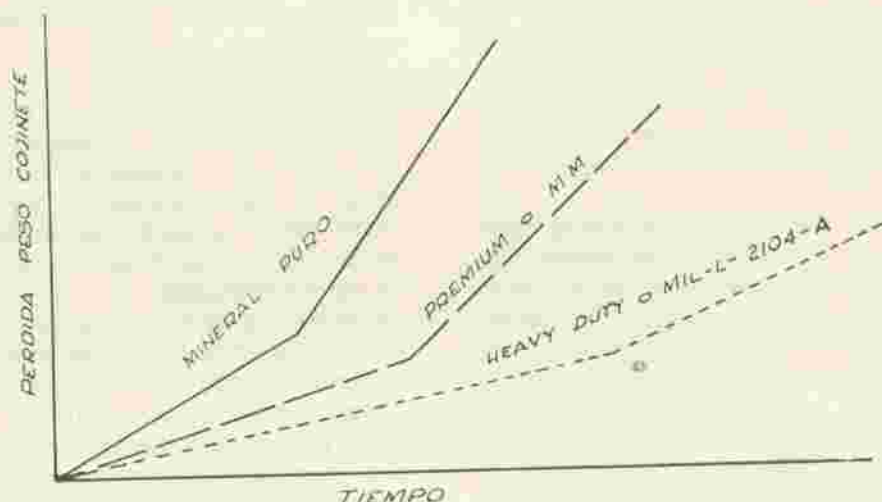
MS, del punto de vista de sus efectos sobre válvulas, bujías, depósitos en la cámara de combustión y desgaste. No existe ningún ensayo motor americano, oficializado, capaz de dar en laboratorio una clasificación de estas cualidades. El Caterpillar no da indicación sobre motores a nafta y el Chevrolet es de corta duración como para predecir todo esto.

Es peligroso recurrir a ensayos de laboratorio acelerando las condiciones existentes en el ensayo L-4, por ej. funcionamiento a alta temperatura o bien a baja temperatura como en el ensayo FL-2 ya que no corresponde a la realidad.

Además en el ensayo Chevrolet L-4 se ha observado que hay mala reproducibilidad en lo que concierne a la pérdida de peso por corrosión lo cual es un criterio importante del ensayo. Según los americanos la reproducibilidad será mejor si se montan siempre los cojinetes de

ción sobre el comportamiento del aceite, que la pérdida de peso final. Para eliminar el inconveniente de desmontar los cojinetes cada 6 horas, por medio de una derivación se hace pasar aceite del motor sobre un pequeño trozo de cojinete de Cu-Pb de 18x7-8 mm. Este trozo es mantenido dentro de un sistema de montaje fácilmente accesible. El ensayo es de buena reproducibilidad durante el período de inducción. Después del mismo tampoco hay reproducibilidad, pero lo que interesa realmente es ese período que indica cuánto resisten los aditivos del aceite, de allí que interesa más la curva que el resultado final.

Finalmente los deseos particulares de la Armada de EE. UU. no pueden dictar el curso de desarrollo de los aceites para motor destinados al coche de turismo, que incluso tiene otras exigencias muy distintas a las del vehículo militar. Las



ensayo en la misma muñequilla del cigüeñal correspondiente al cilindro N° 5. El centro de Investigaciones de Thornton no cree que la reproducibilidad sea afectada por la posición de los cojinetes. En función de ello el mencionado centro determina la curva de pérdida de peso de los cojinetes en función del tiempo (desmontan cada 6 horas los cojinetes de Cu-Pb). Las condiciones de marcha y del combustible son las mismas que las del ensayo CRC-L-4.

La reproducibilidad de los depósitos es superior a la reproducibilidad de los resultados de corrosión de los cojinetes lo cual es pobre en el L-4.

La curva de pérdida de peso como la determina Thornton da más informa-

especificaciones actuales son nacidas de la guerra en una época donde se necesitaba poner rápidamente a punto métodos que presentaran garantías de empleo con suficiente seguridad. Hay que reconsiderar la cuestión en función de los progresos realizados.

A título informativo solamente, sin que ello signifique apoyarla o criticarla, dare el punto de vista de la escuela belga sobre el ensayo CRC L-4. Se ataca a fondo el método y en su misma base. Dicen: 1º) Con cojinetes de buena calidad no se produce jamás una corrosión sensible de cojinetes aún cuando los aceites empleados no contengan los llamados inhibidores. 2º) A la temperatura de 138°C artificialmente alcanzada, en el

ensayo, temperatura que es notablemente superior a la que puede alcanzar el aceite en un motor en las condiciones severas de la práctica, se sobrepasa intencionalmente la temperatura crítica a la cual todos los aceites minerales sin inhibidores atacan químicamente. De acuerdo con esto el inhibidor serviría sólo para hacer pasar el ensayo Chevrolet a un aceite que lo contuviera.

Pasaré a describir los ensayos llamados de preselección (en motores pequeños). Antes de ello debemos aclarar que de los ensayos deseamos obtener información sobre:

- 1) Resistencia de los aceites al "pegado" de aros.
- 2) Resistencia de los aceites a la oxidación.
- 3) Resistencia de los aceites a la corrosión.
- 4) Resistencia de los aceites a la formación de lodos.
- 5) Resistencia de los aceites a la formación de carbón duro en las zonas de combustión.
- 6) Resistencia de los aceites a provocar el desgaste.
- 7) Aptitud de los aceites a la detergencia.

Veamos primero los ensayos en motores a nafta.

#### ENSAYO PETTER W-1.

Tenemos los ensayos ingleses y los franceses. Los métodos ingleses determinan la pérdida de peso de los cojinetes de Cu-Pb; predicen la "performance" de un aceite con aditivos en el CRC L-4. La corrosión obtenida en las condiciones del método es aproximadamente 1/10 de la obtenida con el CRC L-4. A pesar de ello el ensayo clasifica mejor los aceites ya que su Poder discriminante es dos veces y media mayor que el del CRC L-4. El Poder Discriminante es la relación de variación entre varios aceites a un aceite determinado. Además, pese a ese valor de 1/10 obtenido y la diferencia en el área de cojinetes y la deterioración del aceite es mayor que en el CRC L-4 debido al bajo contenido de aceite usado en el cárter (1 pinta). El ensayo muestra para el refinador, el grado de refinación del aceite base en función del grado de corrosividad de los cojinetes de Cu-Pb. Un aceite mal refinado por disolventes dará una pérdida de peso de cojinetes de Cu-Pb, arriba de 3.000 mg. mientras

que un aceite normal de alta calidad correctamente refinado deberá dar entre 100 y 250 mg. para dar una máxima respuesta al tratamiento con aditivos. El ensayo Fulmer da una buena respuesta al bre corrosión, detergencia y oxidación, permite clasificar aceites bases y aceites con aditivos. El cojinete de Cu-Pb según el método el cual emplea el motor Petter W-1, es más conveniente como catalizador de oxidación que para determinar la corrosión por pérdida de peso. El tipo de cojinete de Cu-Pb usado es distinto al del CRC L-4.

Las condiciones de ensayos del método inglés son:

Temperatura aceite  $137^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (SAE 20, 30, 40 y 50).

$130^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (SAE 10).

Velocidad 1500 rpm.

Carga 3,3 Bhp.

Tiempo 36 horas.

Temperatura enfriamiento, entrada  $148^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura enfriamiento, salida  $150^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

El cárter es calentado mediante un calentador eléctrico colocado debajo del mismo.

El valor máximo de pérdida de peso de cojinetes que para las especificaciones admitidas para el CRC L-4 es de 200 mg. corresponde a 25 mg. en el ensayo Petter W-1.

**Ensayos efectuados en Francia con el motor mencionado.** Tenemos tres ensayos cuyas condiciones son:

Ensayo L A-2 L A3

Duración 64 horas 48 horas.

Rpm. 1540 1540.

Potencia HP 3,6 3,6.

Temperatura aire admisión  $50^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$   
 $50^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura aceite cárter  $130^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$   
 $130^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura enfriamiento  $100^{\circ}\text{C}$   $160^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Presión aceite 1050 gr.  $\text{cm}^2$  1050 gr.  $\text{cm}^2$ .

Cantidad de aceite 1588 gr. 1588 gr.

Combustible Nafta 74-76 octanos Nafta 74-76 octanos sin plomo.

Describiré brevemente estos métodos.

Ensayo L A-2. Se le emplea para evaluar aceites minerales puros. Se efectúa la inspección del pistón a las 32 horas y al final del ensayo.

Ensayo L A-3. Se le emplea para evaluar aceites con aditivos. Al igual que en el método anterior se inspecciona el pistón a las 16.32 y 48 horas (fin del en-



sayo). Es un ensayo de limpieza de pistón. Avalúa los aceites MIL-L-2104-A o MIL-C-2104 con respecto a su tendencia a formar lacas y depósitos de carbón en el pistón a altas temperaturas de operación bajo condiciones en que el combustible tiene poca ingerencia en tal formación. Para los aceites minerales puros muy severa y siempre tendremos un pistón muy sucio.

#### ENSAYO RENAULT 662-2.

Emplea el motor 662-2 el cual fué elegido por su sensibilidad a distintos tipos de aceites minerales puros y con aditivos. Es un ensayo de apreciación general. Permite apreciar la resistencia de un aceite a la oxidación, su aptitud de detergencia y la tendencia a la formación de depósitos duros. No busca poner en evidencia el efecto corrosivo del aceite, que no es de temer en los cojinetes anti-fricción a base de estaño con que están equipados la mayoría de los motores franceses.

Las características principales son:

4 cilindros, 4 tiempos, válvulas a la cabeza, enfriamiento por agua, 748 cc. de cilindrada, relación de compresión 6,7/1 y potencia máxima 17 HP a 3500 rpm.

Las condiciones del ensayo son:

Duración 50 horas en 5 periodos de 10 horas.

Régimen 3500 rpm.  $\pm 10$ ; Potencia 9-10 de la potencia máxima a 3500 rpm. (15,3).

Temperatura aceite cárter  $85^{\circ} \pm 2^{\circ}C$   
Temperatura salida del agua  $80^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ .

Temperatura entrada del agua Min.  $70^{\circ}C$ ; Temperatura de escape  $600 \pm 2^{\circ}C$ .

Presión 2,6-3,2 ks.  $cm^2$ .

**Veamos ahora los ensayos efectuados en motores diesel.**

#### ENSAYO FOWLER DE PEGADO DE AROS.

Emplea un motor Fowler monocilíndrico, diesel de 1500 rpm. de una potencia de 24 HP al freno, que trabaja con gas oil de 1% de S y una temperatura de aceite de  $75^{\circ}C$ . La temperatura de enfriamiento de la camisa es de  $80^{\circ}C$  a la entrada y  $85^{\circ}C$  a la salida. Es un ensayo de alta carga y velocidad; se prolonga hasta que se produce el pegado de aros. Se emplea aceites de referencia, minerales puros y tipo MIL-L-2104-A los cuales producen el pegado de aros a las 2 y 11 horas respectivamente.

#### ENSAYO GARDNER DE LIMPIEZA DE PISTON

Avalúa el aceite del punto de vista de los depósitos de carbón y lacas en el pistón, a mediana velocidad. Usa aceites de referencia: el mineral puro de un mérito de 4 y el MIL-L-2104-A un mérito de 9. Emplea un motor Gardner, tipo L-2, monocilíndrico, diesel. La duración del ensayo es de 25 horas, la velocidad 1000 rpm; con una potencia al freno de 10. La temperatura del aceite en el cárter es de  $65^{\circ}C$  y las de enfriamiento son  $8^{\circ}$  y  $82^{\circ}C$  para la entrada y la salida respectivamente. El combustible es gas oil con 1% de azufre.

#### ENSAYO CROSSLEY DE BLOQUEO DEL ARO DE ACEITE

Avalúa los aceites en función del bloqueo del aro de aceite por depósitos de carbón. Con aceites minerales puros se obtiene un 60% de bloqueo del aro de arriba y 30% en el de abajo. Con aceites con aditivos de valores menores. Emplea un motor Crossley BVD-1, monocilíndrico, diesel de 1500 rpm. La duración total del ensayo es de 90 horas divididas en 20 ciclos de 4,5 horas cada uno.

#### ENSAYO PETER AV-1

Es usado para ensayar aceites con aditivos. Las cualidades que se determinan son:

a) Prevención de depósitos excesivos de carbón, lacas y otros materiales en ranuras de aros y aros mismos los cuales pueden causar pegado de aros.

b) Prevención de formación de carbón, lodo y lacas en la superficie del pistón o en el motor de lo cual puede resultar un ataque del pistón o del cojinete.

c) Prevención de corrosión de cojinetes.

d) Reducción del desgaste de camisas, aros, ranuras de aros y otras partes de la máquina.

Todos estos inconvenientes se producen con distintos grados de severidad, a distintas temperaturas de enfriamiento y del aceite y bajo condiciones de carga y velocidad diferentes. Varían además con el diseño del motor. Generalmente las condiciones de ensayo y las máquinas usadas son elegidas para obtener resultados relacionados con el promedio

de las condiciones de servicio. La especificación americana reconoce este hecho y especifica, los ensayos CRC L-1 (para evaluar a, b, d) en condiciones de carga temperatura y velocidad moderadas en un diesel monocilíndrico durante 480 horas y el CRC L-4 a alta temperatura, durante 36 horas en un motor Chevrolet de 6 cilindros (para evaluar "c" y paralelamente lodos y barnices).

Las características principales del motor son:

Monocilíndrico Cilindrada 553 cc; Régimen 1500 rpm.; Potencia a 1500 rpm. 5HP; Relación de compresión 19:1. Es del tipo de camisa húmeda intercambiable, con lubricación a presión.

Las condiciones del ensayo son:

Duración 120 horas; Potencia 4,87 HP. Líquido de enfriamiento kerosene, circuito invertido; Temperatura de salida  $85^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; Temperatura de entrada  $78^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; temperatura de aceite en el cárter  $55^{\circ}\text{C}$ ; volumen de aceite 4 lts. Para cada ensayo es necesario un pistón con sus correspondientes aros. Se suprime en el pistón el primer aro de aceite para facilitar la elevación de temperatura de la superficie del pistón. El desgaste se determina por la pérdida de peso del primer aro. Los aceites a ensayar son SAE 30 al 50 inclusive.

El combustible empleado es gas oil, el cual difiere según se trate de evaluar un aceite mineral puro, un MIL-L-2104-A o un Suplemento 1. En el primer caso el % de S es de 0,2, en el segundo caso 0,4 y en el tercero 1.

### **CORRELACION ENTRE LOS ENSAYOS PETER AV-1 y CATERPILLAR CRC L-1.**

1º) Las temperaturas de las ranuras de los aros en el Peter AV-1 son más elevadas que en el Caterpillar. ( $220^{\circ}\text{C}$  promedio para la ranura del aro de cabeza contra  $180^{\circ}\text{C}$  para el Caterpillar) en las condiciones de ensayo de los dos métodos.

2º) La temperatura media de la superficie del pistón del Peter es aproximadamente igual a la del porta-aros del Caterpillar.

3º) Las condiciones generales del Peter AV-1 son más próximas a la realidad que en el Caterpillar.

#### **Correlación.**

1º) Para que un aceite 2-104-B, empleando gas oil con 0,2% de S, pase el

Caterpillar CRC L-1, el mérito mínimo de la superficie del pistón deberá ser 25 **sin ningún aro pegado.**

2º) Para que un aceite MIL-L-2104-A, empleando gas oil con 0; 4% de S, pase el ensayo citado, el mérito mínimo de la superficie del pistón en el ensayo Peter AV-1 deberá ser de 25 a 27, **sin pegado de aros.**

3º) Para un aceite tipo Suplemento 1, el mérito mínimo de la superficie del pistón deberá ser 27, empleando un gas oil con 1% de S, para lograr que pase el Caterpillar.

#### **Factores que afectan la reproducibilidad del ensayo Peter AV-1.**

a) Gasto del líquido de enfriamiento (kerosene).

b) Temperatura de salida del líquido de enfriamiento.

c) Potencia del motor. Desde luego que el sistema de inyección deberá estar en perfecto estado.

En consecuencia se vigilarán bien estos factores.

#### **Para terminar describiré otras posibilidades muy interesantes del método de ensayo Peter AV-1.**

Sirve para determinar la susceptibilidad de un aceite a un determinado aditivo. La susceptibilidad de un aceite es distinta según se trate de susceptibilidad a los aditivos anticorrosivos, antioxidantes o detergentes. La susceptibilidad a los antioxidantes es más importante que la de los otros, porque si el aceite no responde a ellos, los detergentes y dispersantes, llega un momento que no actuarán más, por oxidación del aceite que incrementa el % de productos de oxidación a un límite tal que el detergente-dispersante es incapaz de mantener en suspensión todos los productos de oxidación.

Además de indicar la respuesta de un aceite base a determinados aditivos, indica también la respuesta a cantidades crecientes de un mismo aditivo.

La solución de la susceptibilidad la da el ensayo Peter AV-1 y la confirma el ensayo Peter V-1 en lo que respecta a la oxidación estudiada particularmente.

Finalmente el ensayo PETER AV-1 al igual que el ensayo PETER V-1 es un ensayo de corta duración y relativamente económico siendo por lo tanto aconsejable como solución básica de una Estación de ensayos en Motores en nuestro país.



#### BIBLIOGRAFIA

Institute of Petroleum. Engine tests of lubricating oils. Panel Petter W-I Working Groupe. Minutes of meeting N° 1 held at Brittanic House on 24-4-54.

Institut Français du pétrole. Méthodes Renault 662-2 y L A-2 y L A-3.

Les méthodes d'essai d'endurance des huiles pour moteurs; (Institut Français du pétrole) 21-5-53. R. Courtel y A. Schilling.

Use of the Petter AV-I diesel engine for testing additive treated oils.

A. Towle y P. Vaile. 22 de abril de 1953.

Operating procedure for Petter V-I. Engine oxidation resistance test.

Fulmer test procedure N° I. Revised method noviembre 1953.

A symposium on engine testing of lubricating oils. Report of a meeting held by the Institute of Petroleum. 22 de abril de 1953.

Research technique for study of the oxidation characteristic of crankcase oil. CRC 1952.

National Petroleum Association. Cleveland 20 abril 1951 Meeting.

L'A. B. C. du graissage. J. Groff Revue de l'Institut Français du Pétrole. 1951-1955.