

## Tesis de Posgrado

# Estudios Teóricos y prácticos sobre combustibles para motores diesel por enriquecimiento de la mezcla explosiva

Barone, Héctor Américo

1947

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Barone, Héctor Américo. (1947). Estudios Teóricos y prácticos sobre combustibles para motores diesel por enriquecimiento de la mezcla explosiva. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0550\\_Barone.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0550_Barone.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Barone, Héctor Américo. "Estudios Teóricos y prácticos sobre combustibles para motores diesel por enriquecimiento de la mezcla explosiva". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1947.

[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0550\\_Barone.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0550_Barone.pdf)

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires

Para la Biblioteca de  
la Facultad de Ciencias  
Exactas

Hutorapuz

10 Agosto 1948.

HECTOR AMERICO BARONE

*Publicación de Trabajo de Tesis de la Escuela de Doctorado en Química  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Cátedra de Química Industrial  
Universidad Nacional de Buenos Aires*

*don. del Autor*

ESTUDIOS

TEORICOS Y PRACTICOS

SOBRE COMBUSTIBLES PARA MOTORES DIESEL

POR

ENRIQUECIMIENTO DE LA MEZCLA EXPLOSIVA

PRIMERA PARTE

PREPARACIÓN, ESTABILIZACIÓN Y PRIMERA PARTE DE LOS  
ENSAYOS SOBRE EL MOTOR, DE SUSENSIONES ALEMANAS  
*QUASI-COLOIDALES* EN CONCENTRACIONES CRECIENTES

*Tesis 550*

1947 - JULIO - 1948

Trabajos realizados en los laboratorios de física y sala de máquinas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires, y en los laboratorios de química y sala de máquinas del Departamento de Mecánica de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la Universidad Nacional de La Plata.

Dedicado a mi madre,

a mis hermanos,  
a mi prometida,  
a los míos.

A los integrantes de la  
mesa examinadora.

A la Universidad.

Al apreciado Ingeniero  
Alejandro Estrada.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Ingeniero Alejandro Estrada.

Agradezco también a los señores Juan Cacciolo y Juan Priasco, tanto por sus insustituibles aportes experimentales, como por la buena voluntad puesta por ambos.

Agradezco a los señores integrantes de la mesa examinadora la solicitud que prestaron a este trabajo.

Agradezco a todas aquellas personas que directa o indirectamente contribuyeron a la elaboración de esta obra.

*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*  
*Universidad Nacional de Buenos Aires*  
*Escuela de Doctorado en Química*  
*Cátedra de Química Industrial*

*Padrino de Tesis*

Ingeniero DON ALEJANDRO J. M. ESTRADA

*Mesa Examinadora General*

Ingeniero *José M. Bados*

Doctor *Carlos Gini Lacorte*

Ingeniero *Mario Suárez Anzorena*

Ingeniero *Gerardo Lasalle*

Ingeniero *Lorenzo Baralis*

Ingeniero *Juan L. Albertoni*

Ingeniero *Carlos A. Cincunegui*

Ingeniero *Alfredo Natale*

Ingeniero *Américo Rava*

Reunión de la mesa: 5/10

Puntaje: 10 (diez)

Calificación: *Satisfactoria*



## CAPÍTULO PRIMERO

- *Bibliografía.*
- *Antecedentes del trabajo.*
- *Consideraciones generales.*
- *Plan de trabajo.*

## BIBLIOGRAFÍA

PETER L. KLEIN.

Patente alemana cita en el *Chemical Abstracts* (Cl. 46 a 6.7) y (Cl. 23 a 1.01).  
"With graphite oil suspensions as ad. mixts." Ch. A. 1944.

Técnicas generales del A.S.T.M. Part III-A.

*Analytical Chemistry*, Tradwell-Hall, Vol. II (Cuantitativa).

Química Industrial *Gini Lucorte* (Industrias Orgánicas).

*Biblioteca del Departamento de Mecánica de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la Universidad Nacional de La Plata:*

- I. Especificaciones *Lister Power* P 10.
- II. Instructions for installing and operating *Taylor Hi-Eff* hydraulic Dynamometer.
- III. Hi-Eff Dynamometers assure dependable data.

Consultas generales:

*Chemical Abstracts* (de 1906 a 1944).  
Enciclopedia del Comité International des Constantes, 12901.

## ANTECEDENTES DEL TRABAJO

Desde los comienzos de este siglo, e intensificándose a partir de 1937, existió en todos los países industriales la tendencia a utilizar, en ciertos casos, *suspensiones combustibles*, con el objeto de aprovechar una cierta cantidad de sólidos como *reemplazo* de otra tanta cantidad de líquidos. La causa de esa actitud se halla en la carencia, de algunos países muy industrializados (como Alemania, Francia e Italia) de un fácil acceso a la obtención de *petróleo*, y en cambio sus grandes recursos de combustibles sólidos, y sus mayores posibilidades de hacerse de grandes "stocks" de *grafito* y *negro de humo* que de aceites combustibles. Es claro, que el negro de humo de contenido despreciable de cenizas (del orden de 0,01%) se obtiene tan solo del petróleo, pero a su vez es bien cierto que puede obtenerse de las fracciones residuales descartadas como combustibles de motores.

Consultando la publicación *Chemical Abstracts* en sus ediciones desde 1906 a 1944 (en los capítulos *Coal, Fuels, Combustion*), pueden observarse una gran cantidad de trabajos referentes al uso de suspensiones combustibles. Las menores dificultades se obtienen cuando su uso es para calderas y turbinas, pero ya al querer emplearle en el motor aparecen tal número de contrariedades, que hacen que el alcance sea limitado. Sin embargo hay un motor que es capaz de tolerar, conservando un gran porcentaje de su eficiencia, suspensiones de tal naturaleza. *Es el motor Diesel.*

Los trabajos más interesantes con respecto a las suspensiones combustibles son:

C. A. COLE: "Burning pulverized coal and oil mixed". *American Gas Light J.*, 100 (299-300). Traducción del alemán.

Año 1934: "For Diesel engines, coal tar as fuel". (1168, 6).  
"From coal and oil mixt.". P. (3888, 8).

Año 1937: TAKEO ITAKURA: "From coal and oil mixt.". *Japan* 40, Suppl. binding 280-1.

*Un resumen de dicho trabajo es el siguiente: "...una mezcla combustible al 30 % de carbón bituminoso con las siguientes propiedades: densidad a 15°C, 1 028; viscosidad Redwood a 20°C. 400 seg; cenizas, 1 %; poder calorífico sup. 9 750 cal/kg, se prepara con buen*

carbón bituminoso cuyo contenido de cenizas ha sido reducido al 3.5% y cuyas partículas, medidas con precisión por métodos adecuados, resultaron ser de un tamaño entre 0.1 y 1 micromicrón, y una fracción pesada de aceites combustibles nafténicos, con el adicional de un 10% de resinas emulsificantes, teniendo así una estabilidad de 450 días." (Este material fué preparado para ser usado en calderas.)

Año 1941: "Internal combustion and pulverulent from pressure exts. of coal or brown coal". P. 602, 7.

Año 1944: PETER L. KLEIN: "With graphite oil suspensions as ad mixte. P. 469, 9. Patente alemana Ger. 729,895. Dec. 3 1942 (Cl. 46 a 6, 7).

*Un resumen de dicho trabajo es el siguiente: "... Se mezcla grafito y aceite liviano en gran concentración y adicionándole alcohol metílico se hierve al reflujo; luego se destila el alcohol y se utiliza como combustible diesel adicionado a aceites pesados."*

Año 1944: PETER L. KLEIN: "With graphite..." Patente alemana Ger. 738,688. July 22 1943. (Cl. 23 a 1, 01). Addn. to Ger. 690, 680. (C. A. 36, 2714, 9).

*Se resume así: "... La mezcla concentrada de aceite liviano y grafito se calienta con metílico bajo presión."*

NOTA: Las cifras y abreviaturas que acompañan las notas del capítulo "Antecedentes...", se refieren a la ubicación en los tomos de la obra *Chemical Abstracts* o datos ajenos, y han sido tomadas textualmente de los anuarios y decenios considerados.

## CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DEL PRESENTE TRABAJO

De acuerdo con los datos bibliográficos (TAKEO ITAKURA, Japan 40; *Suppl. Binding* 280-1), cuando las partículas son hasta de 1 micromicrón y en presencia de un 10% de resinas emulsificantes, se logra una estabilidad de 450 días sin otro procedimiento que la perfecta homogeneización. De acuerdo con nuestras mediciones con micrómetro ocular, las mayores partículas observadas eran mucho mayores que la máxima requerida para la libre estabilización, llegando casi al micrón de diámetro. Este valor, que referido a milímetros es de la magnitud 0.001, es suficiente para la libre afluencia a través del gusano del filtro del motor por nosotros utilizado, en concentraciones muy pequeñas (inferiores al 1% en peso de sólido en el gasoil) pues utilizando un sólido de partículas de un diámetro medio de 10 micrones (0.1 mm) en una suspensión al 1% se observó empero una disminución de densidad de 0.001 gr/cm<sup>3</sup>. En el trabajo veremos que a pesar de ello, a medida que se aumenta la concentración, y a partir ya del 1% se produce un retardo en la afluencia del combustible, cuya atribución daremos en teoría.

Entonces, para poder utilizar nuestra suspensión de combustible en el motor, deben cumplirse dos requisitos fundamentales: el 1º, que las partículas suspendidas sean del orden de magnitud comprendido entre 0.1 micromicrón y 1 micrón; y el 2º, que esté estabilizada, ya sea por su tamaño intrínseco (de 0.1 a 1 micromicrón) o por métodos fisico-químicos (de 1 micromicrón a 1 micrón). El primero es un problema que nosotros no abordaremos, pero cuya vía de solución radica en dos etapas: A) molienda mecánica; B) atonización. Esta última, de acuerdo con las últimas técnicas norteamericanas, se logra por medio de la desadsorción que bruscamente se produce cuando la vena "flúida" de polvo de carbón e hidrógeno a presión pasa a un ambiente de presión normal.

El problema de la estabilización es desde el punto de vista de la química industrial, el más interesante, y fué tratado por un sinnúmero de técnicos, pero nunca en el terreno que nos ocupa, con tanta certeza como PETER L. KLEIN, el resumen de cuyos trabajos dimos anteriormente.

Basados en la experiencia precitada vamos a tratar de lograr la estabilización del *negro de humo de petróleo*, no en aceites pesados como hizo KLEIN, sino en aceites livianos, con el objeto de tratar de hacer extensible el uso de esas suspensiones estables a motores más livianos del tipo diesel. Es decir, vamos a tratar en primera instancia de preparar una suspensión de *negro de humo* en gasoil, en forma estable, con el objeto de generalizar el uso de estas mezclas que sólo se utilizan para el diesel pesado. A tal efecto expondremos la siguiente hipótesis:

H.) Si experimentalmente se verificó que la estabilización del grafito en aceites combustibles pesados se logra por reflujo de aquél, con una fracción más liviana en presencia de alcohol metílico, se podría suponer, generalizando la técnica, que la estabilización del mismo u otro material subdividido amorfo o quasi amorfo del mismo tenor en cenizas y carbono, en un aceite liviano, se lograría por reflujo del sólido con metílico y una fracción más liviana aún que la del combustible con el que se va a hacer la suspensión.

Suponiendo exacta esta hipótesis, prepararemos una serie de suspensiones *negro de humo* en gasoil. Con ellas estudiaremos en primer lugar el problema de la estabilización. Además, es lógico suponer que estas mezclas no son adecuadas al uso del motor tal como se lo acondiciona para el gasoil, debido a que en este caso, precisamente, a fin de evitar el pasaje en el flúido de sólidos en suspensión, se los acomoda con filtros adecuados, y a su vez, los orificios de las toberas y de todas aquellas partes del motor que lo exigen en su estructura, están adecuados al líquido y sus diámetros no permiten el libre circular del material suspendido, salvo sea la magnitud de éste del orden *coloidal*. Por ello, antes de comenzar las prácticas en el motor, ya sabemos de antemano que éste va a experimentar deficiencias en la marcha que han de recaer

casi exclusivamente en la afluencia del combustible. Pero para poder tener una idea mesurada de la magnitud de las modificaciones que hay que realizar al motor para que no se coarte la marcha con este combustible, debemos probarlo sin modificación, y conociendo las concentraciones de las suspensiones, el tamaño de las partículas y las deficiencias de la marcha en determinadas condiciones, se tendrá una base para la adaptación del motor y las características más favorables de las mezclas a utilizar.

## PLAN DE TRABAJO

Con el objeto de dar ordenamiento y sentido a este estudio, detallamos a continuación el plan de trabajo que nos hemos trazado de antemano:

### PRIMERA PARTE:

- a) Elección de los combustibles para formar la suspensión quasi-coloidal.  
*Referencias:* Como combustible líquido hemos de utilizar el *gasoil* de Y.P.F., cuyas especificaciones son las siguientes:

Dens. 15°C .....	0.845 a 0.855
Viscos. SU 38 C .....	35 a 40 seg
Inflam. P.M. ....	Mín. 50°C
Punto congel. ....	Máx. -10°C
Azufre .....	Máx. 0.10 %
Sedimentos .....	Máx. 0.02 %
Poder Cal. Sup. ....	Mín. 10,900 cal/kg

#### *Destilación A.S.T.M.:*

1ª gota .....	190 a 200°C
1 a 5 % .....	210°C
65 a 70 % .....	280°C
80 a 85 % .....	320°C

Como combustible sólido utilizamos el *negro de humo*\* liviano para aceites, cuyas especificaciones son las siguientes:

No deja residuos en tamiz de 320.

Cenizas menos de 0.1 g g %.

- b) Análisis cuantitativo y determinaciones fisicoquímicas de los combustibles.

\* Obtenido de la firma "E. Masciorini & Cía." por amable atención del Dr. Margheritis, técnico de la empresa y Jefe de Trabajos Prácticos de *Química Industrial, II Curso*, de nuestra Facultad.

**Experiencias:**

- 1) Punto de inflamación del *gasoil*.
- 2) Viscosidad del *gasoil*.
- 3) Cenizas del *gasoil*.
- 4) Poder calorífico del *gasoil*.
  - A) Poder calorífico superior.
  - B) Poder calorífico inferior.
- 5) Tamaño medio de las partículas del *negro de humo*.
- 6) Humedad del *negro de humo*.
- 7) Materias volátiles del *negro de humo*.
- 8) Cenizas del *negro de humo*.
- 9) Determinación de fósforo en cenizas del *negro de humo*.
- 10) Poder calorífico del *negro de humo*.
  - A) Poder calorífico superior.
  - B) Poder calorífico inferior.

**SEGUNDA PARTE:**

- a) Preparación de las suspensiones.  
*Concentraciones:* Homogeneización del 1, 5, 10 y 15 % en peso de *negro de humo* en *gasoil*.
- b) Estabilización de las suspensiones.
- c) Determinación de las densidades de las suspensiones.
- d) Cálculo de los poderes caloríficos de las suspensiones en base a los valores experimentales del *gasoil* y del *negro de humo*.

**TERCERA PARTE:**

- a) Determinaciones en el motor.  
*Técnicas empleadas:*
  - 1) Adaptación de un doble tanque de combustible para la consecutiva alimentación con *gasoil* y mezcla.
  - 2) Puesta a punto del *dinamómetro hidráulico*.
  - 3) Puesta a punto del motor.
  - 4) Determinaciones de potencia y consumo, preliminares a carga normal para ajustar las condiciones experimentales.
  - 5) Marcha del motor con una suspensión de un tenor de 1% en peso, y comparación de las densidades del combustible inyectado y el sobrante del cárter. (Con el objeto de estudiar la retención, siendo las partículas de un promedio de 10 veces la magnitud de las empleadas en el trabajo.)
  - 6) Desarme del filtro y extracción del gusano para estudiar la retención.
  - 7) Limpieza del motor, marcha con *gasoil* y puesta a punto para la prueba comparativa.
  - 8) Determinaciones comparativas de potencia y consumo con *gasoil* y cada una de las suspensiones.

**CUARTA PARTE:**

- a) Tabulación de los valores obtenidos.
- b) Gráficos de la evolución de los valores de la potencia y consumo en función del tiempo de marcha.

**QUINTA PARTE:**

Conclusiones correspondientes a la preparación y estabilización de las suspensiones combustibles.

Crítica parcial por su aplicación en el motor no acondicionado para su uso.

Observaciones finales. ·



## CAPÍTULO II

- *Analítica cuantitativa de los combustibles.*
- *Podere*s* caloríficos de los combustibles.*
- *Tamaño de las partículas del negro de humo.*
- *Estabilización de las suspensiones.*

## PRIMERA PARTE EXPERIMENTAL

*Determinaciones analíticas cuantitativas de los combustibles.  
Determinaciones fisicoquímicas. Proceso de estabilización.*

### TÉCNICAS EMPLEADAS

#### *Negro de humo\**

**Humedad:** De  $\frac{1}{2}$  kg de *negro de humo* (envasado en frasco con tapa esmerilada), pesamos la cantidad de 20 gr, en cápsula de porcelana con tapa, y dejando luz con ella se lleva a estufa a  $110^{\circ}\text{C}$  hasta constancia de peso.

**Materias volátiles:** Luego de tarar el producto de la determinación anterior se lleva a la mufla durante 2 minutos a  $950^{\circ}\text{C}$ , dejando luz con la tapa, y luego, cerrándola bien, 7 minutos a la misma temperatura.

**Cenizas:** Se expone durante 1 hora a  $500^{\circ}\text{C}$  y durante 2 horas subsiguientes a  $750^{\circ}\text{C}$ . Si quedare un residuo negro, debe removerse con un ansa de platino y se vuelve a la mufla previa adición de 2 ó 3 gotas de alcohol etílico.

**Fósforo en cenizas:** Se taran 0.500 gr de cenizas en un crisol de platino y se adicionan 5,00 ml de agua + 3,00 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  conc. y 5,00 ml de HF. Remover con ansa de platino y calentar a sequedad al vapor agregándole 1 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  conc. y evaporando de nuevo a sequedad, y todo ello una vez más. Flamear el crisol a la llama hasta que el residuo adquiriera color marrón vivo. Enfriar y agregar 10 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  al tercio, calentando a ebullición, filtrando y recibiendo el filtrado en un vaso de ppdd. de  $150\text{cm}^3$ . Se agrega a él *molibdato de amonio* (en la proporción de 10 gr de molibdato, 40 ml de agua, 8 ml de hidróxido de amonio). Dejar decantar varias horas, filtrar por Gooch, y lavar con 10 ml de nitrato de amonio. El precipitado amarillo se disuelve en amoníaco y se precipita con  $(\text{Cl}_2\text{Mg} + \text{ClNH}_4)$  en medio amoniacal. Se calcina y se pesa como  $\text{P}_2\text{O}_7\text{Mg}$  de acuerdo a las técnicas usuales\*\*.

\* Técnicas de la III Parte del A.S.T.M., asimiladas al material empleado.

\*\* Técnica de la *Química Analítica Cuantitativa*, de TREAWEEL-HALL.

## RESULTADOS OBTENIDOS

*Humedad:*

Cristalizador + N. H. ....	84,632 gr
Cristalizador .....	64,531 gr
Peso de N.H. ....	20,101 gr
Cristaliz. + N. H. — H <sub>2</sub> O .....	83,855 gr
Humedad (H <sub>2</sub> O) .....	0,777 gr
Humedad .....	3,865 %

*Materias volátiles:*

Crisol + tapa + N. H. seco .....	187,825 gr
Crisol + tapa .....	168,475 gr
N. H. seco .....	19,350 gr
Crisol + tapa + N. H. seco — M. V. ....	186,697 gr
Materias volátiles .....	1,128 gr
Materias volátiles .....	5,828 %

*Cenizas:*

Crisol + tapa + N. H. seco — M. V. ....	186,697 gr
Crisol + tapa + cenizas .....	168,479 gr
Cenizas .....	0,004 gr
Cenizas .....	0,021 %

*Fósforo en cenizas:* 12,350 % (técnica precitada).

## VERIFICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL GASOIL

Densidad 15°C .....	0,848 gr/cm <sup>3</sup>
Viscosidad SU/38°C .....	36,4 seg
P. inflamación .....	53° C
Contenido de azufre .....	0,08 %

DETERMINACIÓN DE LOS PODERES CALORÍFICOS SUPERIOR  
E INFERIOR DEL GASOIL Y NEGRO DE HUMO Y CÁLCULO DE  
LOS PODERES CALORÍFICOS DE LAS SUSPENSIONES

*Aparato empleado:* Calorímetro de MAILER-KRÖKER

**Detalles generales y técnica general.** El calorímetro de MAILER-KRÖKER consta en principio de un recipiente hermético de metal dentro del que se coloca una cantidad pesada del combustible, el que se quema

en un ambiente de oxígeno a presión por la incandescencia de un alambrecito de hierro de tara conocida, siendo los productos de combustión  $CO_2 + H_2O$ . Esta última, junto con el agua que retiene el combustible como humedad, se vaporiza aprovechando parte del calor cedido en la combustión. El resto del calor generado es absorbido por una masa de agua que rodeando al recipiente precitado se halla contenida en otro, con una tapa adecuada para poder introducir un termómetro y los contactos de la resistencia interior (alambrecito). Por corrección del calor absorbido por el agua de adentro para evaporarse aplicada al poder calorífico superior, se obtiene el poder calorífico inferior. Las fórmulas se dan más adelante. En cuanto a la técnica general consiste en anotar para regulares intervalos de tiempo los incrementos de temperatura producidos, un momento antes y otro después, además del lapso durante el cual la temperatura asciende como resultados de la combustión. Para corregir el calor absorbido por el agua vaporizada en la combustión, se arrastra ésta al estado de vapor, por calentamiento al baño de aceite, y se retiene en un tubo en U conteniendo cloruro de cal, haciendo pasar antes y después del calentamiento, que se prolonga por 40 minutos, una corriente de aire seco a poca presión, y obteniendo el valor del agua existente por diferencia de pesadas.

PODER CALORÍFICO DEL GASOIL

RELACIÓN TIEMPOS/TEMPERATURAS		OTROS DATOS EXPERIMENTALES	
0	..... 19,94	Temperatura del local ..	20°C
1	..... 19,95	(G + g): Tara alambre + combust.	0,453 gr
2	..... 19,95	g: Alambre .....	0,010 gr
3	..... 19,95	G: Combustible .....	0,443 gr
3½	..... 20,10	A: Agua del calorím. ....	2,200 gr
4	..... 20,70	a: Constante del c. ....	385
4½	..... 21,30	Ti: Temp. inicial .....	19,95°C
5	..... 21,55	Tf: Temp. final .....	21,79°C
5½	..... 21,69	Uf: Peso tubo U final ....	41,675 gr
6	..... 21,75	Ui: Peso tubo U inicial ....	41,338 gr
6½	..... 21,75	m: Agua de combustión ...	0,337 gr
7	..... 21,755		
8	..... 21,755		
9	..... 21,745		
10	..... 21,73		
11	..... 21,72		

Cálculos:

$$P.C.S. = \frac{(A + a)(Tf - Ti) - 1,6 \cdot g}{G}$$

$$P.C.S. = 10\,991 \text{ cal/kg}$$

$$P.C.I. = P.C.S. - \frac{m}{G} \cdot 600 = 10\,535 \text{ cal/kg.}$$

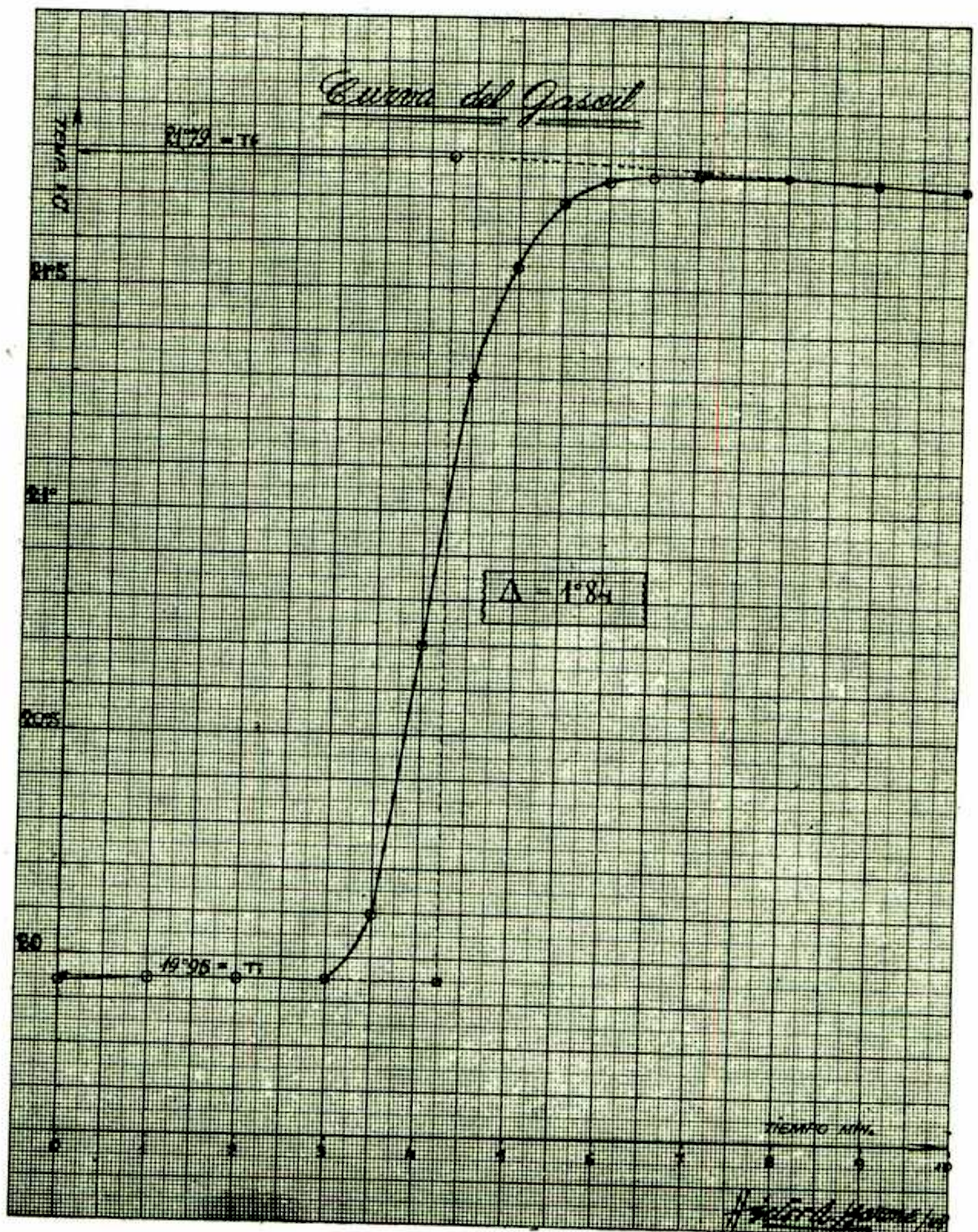
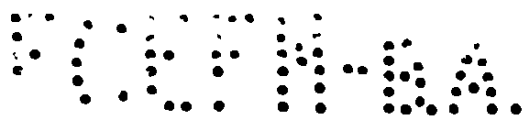


GRÁFICO I

Curva para el poder calorífico del gasoil.



PODER CALORÍFICO DEL NEGRO DE HUMO

RELACIÓN TIEMPOS/TEMPERATURAS		OTROS DATOS EXPERIMENTALES	
0	..... 20,54	Temperatura del local ..	20°C
1	..... 20,53	(G + g): Tara alambre + combust.	0,280 gr
2	..... 20,525	g: Alambre .....	0,024 gr
3	..... 20,52	G: Combustible .....	0,256 gr
3½	..... 20,52	A: Agua del calorím. ....	2,200 gr
4	..... 20,62	a: Constante del c. ....	385
4½	..... 20,93	Ti: Temp. inicial .....	20,50°C
5	..... 21,10	Tf: Temp. final .....	21,25°C
5½	..... 21,19	Uf: Peso tubo U final ....	42,127 gr
6	..... 21,22	Ui: Peso tubo U inicial ....	42,101 gr
6½	..... 21,23	m: Agua de combustión ...	0,026 gr
7	..... 21,235		
7½	..... 21,235	<i>Cálculos:</i>	
8	..... 21,235	P.C.S. = 7 555 cal/kg	
9	..... 21,235	P.C.I. = 7 494,400 cal/kg.	
10	..... 21,23		
11	..... 21,22		

CÁLCULO DE LOS PODERES CALORÍFICOS DE LAS SUSPENSIONES EN BASE DE LOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE PARA EL GASOIL Y EL NEGRO DE HUMO \*

COMBUSTIBLE	PODER CALORÍFICO SUPERIOR. CAL/KG	PODER CALORÍFICO INFERIOR. CAL/KG
<i>Gasoil</i>	10 991	10 535
<i>Gasoil</i> + 1 % de N. H.	10 956,64	10 504,594
<i>Gasoil</i> + 5 % de N. H.	10 819,20	10 382,97
<i>Gasoil</i> + 10 % de N. H.	10 647,40	10 230,94
<i>Gasoil</i> + 15 % de N. H.	10 475,60	10 079,91
<i>Negro de humo</i>	7 555	7 494,400

\* Requeridos para la elaboración del cuadro (Z) dado más adelante.

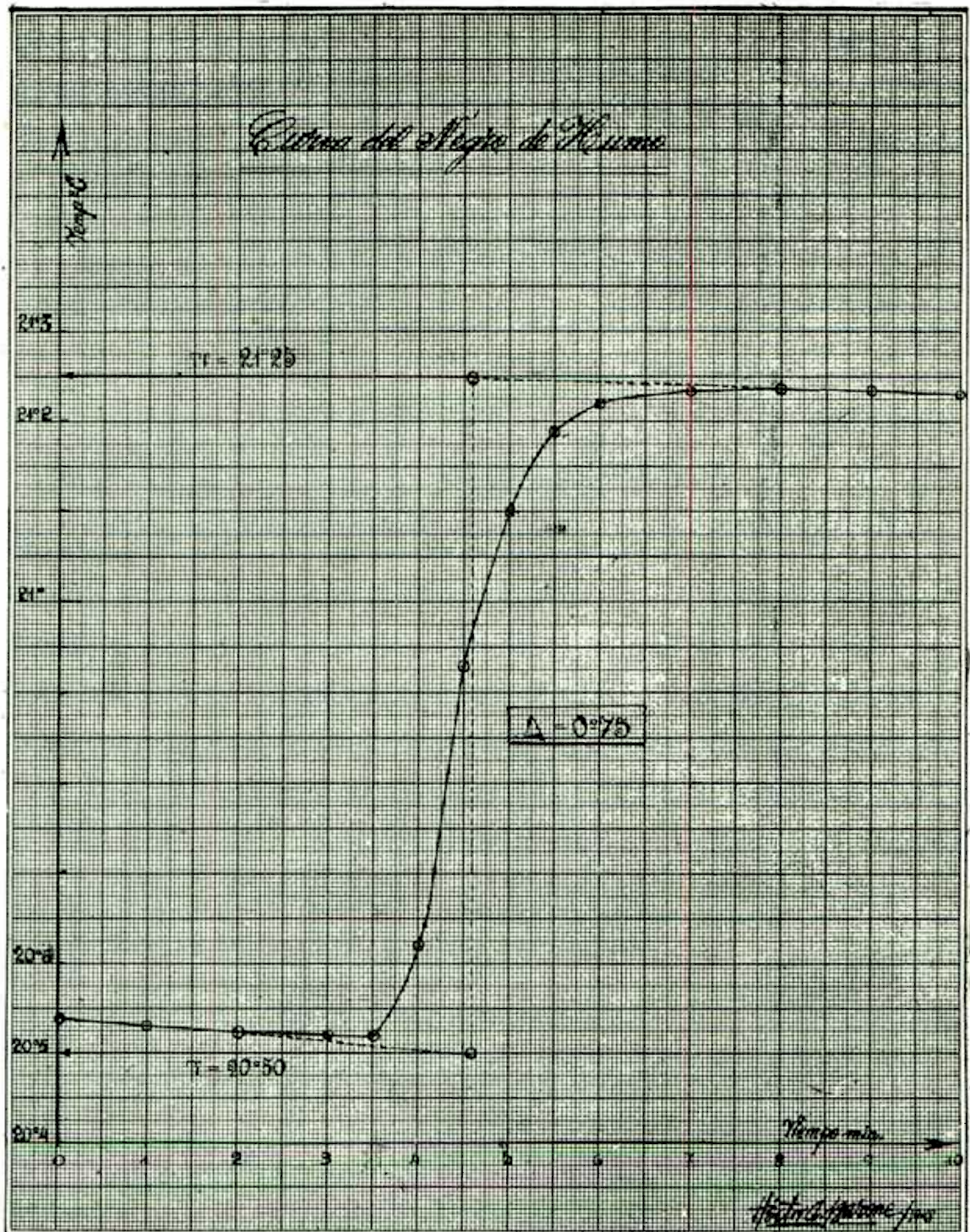


GRÁFICO II

*Curva para el poder calorífico del negro de humo.*

## PROCESO DE ESTABILIZACION DE LAS SUSPENSIONES COMBUSTIBLES

### *Determinación del tamaño de las partículas del negro de humo*

**Aparato y técnica empleados:** Se ha utilizado el micrómetro ocular, nombre que se le da a un microscopio provisto de un ocular micrométrico, y con el cual pueden medirse pequeñas longitudes. Para medir la longitud comprendido entre dos marcas paralelas cercanas, se dispone por encima de ellas y frente a las mismas un microscopio, de manera que las imágenes de las marcas suministradas por el objetivo, se formen en un retículo colocado a la altura del plano focal del ocular. El ocular de RAMSDEN que sirve para la observación, permite a su vez distinguir la imagen de un peine situado muy cerca del plano del retículo por medio de un marco que recibe un movimiento de traslación de un tornillo micrométrico. Este tornillo es puesto en movimiento con un botón, que lleva solidariamente un tambor graduado con el que se puede valorar, gracias a un punto de mira, las fracciones de vuelta del tornillo. Un giro completo de éste, hace moverse el retículo una longitud igual a la distancia entre dos dientes consecutivos del peine. De modo que contando el número de vueltas que corresponde a la medida previa de una longitud conocida  $l$  colocada entre aquellas dos marcas antedichas, se conoce el valor de la longitud limitada por esas dos marcas. Si para medir la longitud desconocida  $L$  doy  $N$  vueltas, habiendo dado  $n$  vueltas cuando medí la longitud conocida  $l$ , la magnitud desconocida se calculará con la fórmula:

$$L = N \cdot \frac{l}{n}.$$

El valor  $\frac{l}{n}$  se llama tara del micrómetro.

El tambor está dividido en 100 partes. Para cubrir una longitud de  $l = 0,500$  mm hay que desplazar el tambor 10 vueltas. Entonces la tara será:  $0,500 \text{ mm} / 10 \text{ vueltas} = 0,050 \text{ mm/vuelta}$ . Por lo tanto:

10 vueltas desplazan . . .	0,500 mm
1 vuelta desplaza . . . . .	0,050 mm
$\frac{1}{10}$ de vuelta desplaza . .	0,005 mm = 5 micrones
$\frac{1}{100}$ de vuelta desplaza . .	0,0005 mm = 0,5 micrones

Como el tambor está dividido en 100 partes, una división del tambor corresponde a 0,5 micrones (0,0005 mm).

**Determinaciones:** Homogeneizamos el polvo de *negro de humo*. Después separamos 5 porciones. De cada una de ellas, con la punta de un ansa tomamos una mínima cantidad de material que espolvoreamos sobre 5 portaobjetos respectivamente. Así tenemos 5 preparados y en



cada uno de ellos mediremos 5 partículas, lo que nos dará un total de 25 determinaciones. Con estos valores hallaremos el tamaño *medio* de las partículas.

PREPARADO NÚMERO	PARTÍCULA NÚMERO	DIV. TAMBOR $d$	NÚM. VUELTAS $N$	$L = N \cdot \frac{l}{n}$ L. mm
I	1	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	2	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	3	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	4	$1\frac{1}{4}$	0,0125	0,000625
	5	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
II	1	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	2	$1\frac{1}{4}$	0,0125	0,000625
	3	$1\frac{1}{4}$	0,0125	0,000625
	4	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	5	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
III	1	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	2	$1\frac{1}{4}$	0,0125	0,000625
	3	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	4	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	5	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
IV	1	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	2	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	3	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	4	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	5	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
V	1	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	2	$1\frac{1}{4}$	0,0125	0,000625
	3	$1\frac{1}{4}$	0,0125	0,000625
	4	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750
	5	$1\frac{1}{2}$	0,0150	0,000750

Tenemos solamente dos valores, pues consideramos sólo dos fracciones:  $\frac{1}{2}$  división y  $\frac{1}{4}$  de división. Como no se trabajó con vernier, mayor subdivisión a simple vista no es posible.

La suma de aquellos valores es:

$$S = 0.017800.$$

Como son 25 determinaciones,

$$(0.017800 \div 25 = 0.000712)$$

Media aritmética de las determinaciones 0.000712 mm

Tamaño medio de las partículas . . . . . 0.000712 mm = 0.712 micrones

## PROCESO DE ESTABILIZACIÓN DE LAS SUSPENSIONES

### ESPECIFICACIONES DE LAS FRACCIONES UTILIZADAS

Fracción pesada básica: *gasoil* de destilación A.S.T.M.:

1ª gota .....	190 a 200°C
1 a 5 % .....	210°C
65 a 70 % .....	280°C
80 a 85 % .....	320°C

Fracción liviana vehiculizante:

*kerosene iluminante* de destilación A.S.T.M.:

1ª gota .....	150°C
Más del 35 % .....	200°C
Punto seco inferior .....	275°C

*Alcohol metílico* estabilizante.

Densidad 20°C .....	0.792
P. Eb. ....	64,50°C

### APARATOS UTILIZADOS

Aparato de vidrio de calentamiento al reflujo, con capacidad de 1 000 cm<sup>3</sup> con refrigerante vertical de serpentina.

Vasos ppdd. de 500 cm<sup>3</sup>  
 Probetas de 1 000 cm<sup>3</sup>  
 Probetas de 50 cm<sup>3</sup>.

### TIEMPO DE LA EXPERIENCIA

Reflujo inicial .....	1/2 hora
Reflujo final .....	1/2 hora
Armado de aparatos, preparación de la materia prima y destilaciones .....	1 hora
Tiempo de observación .....	720 horas

**Técnica general empleada:** Se pesan 150 gr de *negro de humo* en un vaso ppdd. de 500 cm<sup>3</sup> y se le adicionan 100 cm<sup>3</sup> de la fracción *liviana vehiculizante*, integrando ambas hasta homogeneización. Se traslada a un balón de 1 000 cm<sup>3</sup>, se le agrega 100 cm<sup>3</sup> del mismo líquido, que también se pasa al balón, y se repite con 150 cm<sup>3</sup> por dos veces

consecutivas. Así se arrastra todo el material adherido en las paredes de los recipientes.

Se adicionan 200 cm<sup>3</sup> del *estabilizante*. Se arma el aparato a reflujo y se hierve ½ hora.

Se desarma el aparato, se arma uno de destilación y se destila el *estabilizante*. Se adicionan 200 cm<sup>3</sup> de la *fracción pesada* y se destila la *fracción liviana vehiculizante* hasta que se rompe la constancia de los 190°C. Una vez destilado hasta los 190°, se desarma el aparato agregando 300 cm<sup>3</sup> de *estabilizante* y se lleva a reflujo durante ½ hora. Se detiene la ebullición y después se destila el *estabilizante*. Es conveniente homogeneizar la suspensión concentrada obtenida con igual peso de una *fracción pesada* tipo Diesel oil: (densidad 15°C, 0,880 a 0,885; viscosidad SU/38°C, 40 a 45 seg; inflamación P.M. mínimo 50°C; punto cong. máx. —10°C; dest. A.S.T.M. 10% a 238°C).

Se lleva a la proporción requerida agregando *gasoil*.

**Suspensión preparada:** Para preparar una suspensión al 15% teniendo en cuenta que la densidad del *gasoil* es 0,848 gr/cm<sup>3</sup>, debemos mezclar 150 gr de *negro de humo* con 850 de *gasoil*, que representan, deducidos los 169.600 gr correspondientes a los 200 cm<sup>3</sup> del proceso, 802,350 cm<sup>3</sup>.

$200 \text{ cm}^3 \cdot 0,848 \text{ gr/cm}^3 = 169.600 \text{ gr}$  (del *gasoil* del proceso).

Solución al 15% tiene: 850 gr *gasoil* + 150 gr *negro de humo*.

$850 \text{ gr} - 169.600 \text{ gr} = 680.400 \text{ gr}$  de *gasoil* a agregar.

$680.400 \text{ gr} \div 0,848 \text{ gr/cc} = 802.350 \text{ cm}^3$  a agregar para tener una suspensión al 15% en peso de *negro de humo* en *gasoil* (independientemente del diesel oil agregado).

**Test utilizado:** Suspensión al 15% en peso de *negro de humo* en *gasoil*, más igual proporción de diesel oil, sin estabilizar.

**Ensayos comparativos:** En 2 probetas de 50 cm<sup>3</sup> vertimos la suspensión preparada y el Test. Verificamos los depósitos a las 12, 24, 48, 72, 120, 240, 360 y 720 horas.

TABULACIÓN DE VALORES

HORAS <i>h</i>	PRECIP. DEL TEST cm <sup>3</sup>	PRECIP. SUSPENSIÓN cm <sup>3</sup>
0	0	0
12	2,5	0
24	3,8	0
48	4,1	0
72	5,1	0
120	6	0
240	6,8	Débil concentr. infer.
360	7	Ligera .. ..
720	7	Ligera .. ..

## CAPÍTULO III

- *Análisis del proceso de combustión.*
- *Especificaciones del motor.*
- *Potencia y consumo.*
- *Conclusiones generales.*

## ANÁLISIS DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN

Si observamos el diagrama del ciclo de presión de un motor Diesel, podemos distinguir las diferentes fases de la combustión. La curva ABC representa las variaciones que se suceden dentro del cilindro cuando el motor es accionado desde el exterior sin inyección de combustible. El máximo de presión se obtiene en C (punto muerto superior) y en la porción de la curva AC la presión aumenta produciéndose lo contrario desde C a E. Con el motor en funcionamiento normal, se obtendrá la curva ABCDF, considerando: 1º) En el punto B del período de compresión (antes del PMS) la inyección tiene su comienzo. 2º) Por lo anteriormente explicado la inflamación no tiene lugar en el punto precitado, sino que pasa un cierto tiempo, es decir, hasta que el pistón no alcance el punto C en su carrera ascendente. 3º) La porción de la curva BC, no altera la curva obtenida funcionando el motor comandado, o sea que en ningún momento la eleva, por el contrario, puede darse el caso de presenciarse una cierta caída de presión en la cámara de combustión, debido a la absorción de una cierta cantidad de calor por la masa vaporizada del combustible inyectado, con la consiguiente disminución de temperatura y presión. Esta porción de la curva BC recibe el nombre de retardo de ignición. 4º) Durante este lapso el combustible ha seguido llegando a la cámara de combustión, y en el punto C ha llegado, o toda la carga, o la mayor parte de ella, la que se inflama con carácter de explosión. La inmediata combustión, hace que la presión sea rápida y elevada, indicado desde C a D.

Este proceder de rapidez de elevación de presión es la causa del funcionamiento brusco del Diesel, conocido como *golpe Diesel*.

El retardo de encendido presenta los siguientes caracteres: A) Más importante es el retardo, mayor cantidad de combustible se hallará en el interior del cilindro al instante real de la inflamación y más rápida será la elevación de presión. B) De lo precedente resulta evidente una variación correspondiente a la presión máxima. C) La velocidad máxima de combustión durante ese período y la velocidad de incremento de presión dependen de la amplitud del retardo de encendido (en unidades de tiempo) y el de la velocidad relativa con la cual el combustible es inyectado por ese período. D) Todo el combustible inyectado después de C actúa en la combustión con una velocidad sensiblemente igual a la

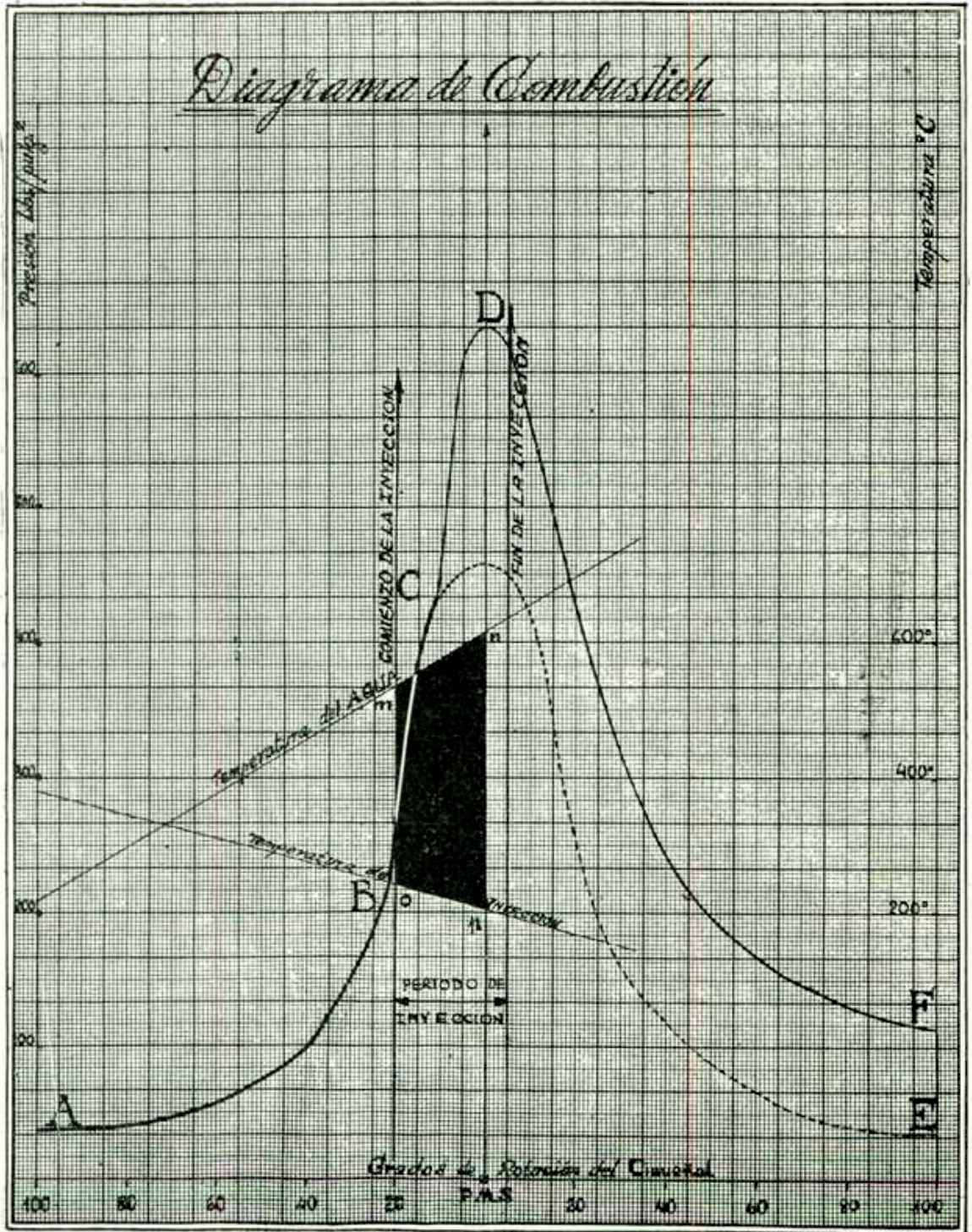


GRÁFICO III

Diagrama de la combustión diesel.

de la inyección. E) Después de PMS, la cámara de combustión tiende a aumentar debido al desplazamiento del pistón en su movimiento descendente, lo que hace que la presión disminuya a partir de D, y los esfuerzos considerables generados en la primera parte de la combustión desaparecen rápidamente. F) El funcionamiento suave del motor depende, por consiguiente, de mantener la velocidad de elevación de presión debajo de cierto valor crítico.

El proceso de combustión puede dividirse en tres etapas. Primera etapa: Retardo de ignición durante el cual, si bien el combustible es admitido, la ignición no ocurre. Probablemente la ignición inicial, ocurre en un punto nuclear donde se ha formado una mezcla perfectamente combustible de aire-combustible, vaporizado. La llama se extiende desde este punto nuclear, de una forma similar a lo que ocurre en un motor a explosión. Este retardo depende de la naturaleza del combustible, de la temperatura y de la presión, de la alta compresión, y del grado de pulverización del combustible. Segunda etapa: Período de rápida combustión, debido al desarrollo mecánico de la llama en el cuerpo principal de la cámara de combustión. La presión alcanzada al final de esta fase depende de la extensión del retardo, de la velocidad de rotación, de la relación de inyección y combustible, de la temperatura y presión, y de la elevada compresión del aire. Tercera etapa: Consiste en la duración del período donde se quema el combustible remanente en la cámara de combustión.

Cuando el motor posee cámara de *precombustión*, los diagramas obtenidos presentan una pequeña variación con los de una sola cámara. La presión máxima de combustión es más baja y prácticamente no existe retardo de ignición en la cámara de combustión principal, ya que el combustible se va quemando *a medida que penetra en ella*. El motor de precombustión posee un mejor funcionamiento en vacío, y una mayor elasticidad de marcha que el motor a inyección directa.

#### MOTOR UTILIZADO EN NUESTRAS EXPERIENCIAS

Las características de nuestro motor son:

MOTOR DIESEL FIJO MARCA "LISTER".

PRECÁMARA DE COMBUSTIÓN.

NÚMERO DE CILINDROS: 2.

DIMENSIONES: Alesaje 114 mm; carrera 140 mm.

RELACIÓN DE COMPRESIÓN: 15 : 1.

NÚMERO DE AROS POR PISTÓN: 4.

ACEITE EN EL CÁRTER: 10 litros.

CONSUMO A PLENA CARGA: 209 gr de *gasoil*/HP.

RPM: 1000.

POTENCIA: 18 HP.

La técnica del funcionamiento se da más adelante.

## DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA EFECTIVA DE UN MOTOR POR EL USO DEL *DINAMÓMETRO HIDRÁULICO*

*Aparato empleado: Dinamómetro hidráulico marca "III-EFF"  
(de la TAYLOR MFG Corporation, Milwaukee, Wisconsin)*

**Especificaciones. Técnica general de aplicación y puesta a punto.** El tipo de Dinamómetro por nosotros utilizado es de absorción hidráulica. Consiste, fundamentalmente, en un *rotor* montado sobre un eje de transmisión, el que se encuentra sumergido en el agua contenida por un *estator*. Cuando gira el eje, que se halla unido en forma solidaria con el eje de transmisión del motor cuya potencia se quiere medir, le imprime al *rotor* un movimiento de rotación, que por frotamiento, es comunicado al agua del *estator*. Esta parte del aparato tiene, en su construcción interna, unas paletas que encajan en la estructura del *rotor*, de tal forma, que por una mayor superficie de contacto (*rotor/agua y agua/estator*), el *estator* es también, por frotamiento, impreso de un movimiento virtual de rotación, que hace que un brazo de palanca, fijado con libertad de movimiento de acomodación al *estator*, sea impulsado hacia abajo, cuando el cilindro (cuerpo del *estator*) al cual está unido tangencialmente, gira sobre su eje de rotación a la derecha. Este brazo de palanca que es llevado hacia abajo, representa una fuerza que aplicada a una báscula puede ser equilibrada por medio de pesas, lo cual se verifica, cuando el fiel de ella se desplaza alternativamente arriba y abajo de una marca fija, cayendo siempre dentro de la escala. Para lograr el equilibrio, debe haber agua dentro del *estator*, en una cantidad que depende de la calibración del aparato, y que se mantiene mediante la regulación del caudal afluyente, porque como el agua se calienta, debe ser eliminada en forma continua, y a su vez, en forma continua, reemplazada por una cantidad igual a la que sale. En resumen, la máquina transforma trabajo mecánico en calor, y este calor es constantemente absorbido por un caudal circulante de agua que llena un doble cometido: *refrigeración* y transmisión de trabajo mecánico en una fuerza medible por frotamiento, rol que desempeña el remanente no transformado en calor. El aparato tiene una válvula general de entrada de agua, y una de salida; además, otras dos válvulas de afinación, a cono y aguja, que permiten ajustar la entrada y salida de agua hasta lograr el equilibrio.

La capacidad de la máquina, está *determinada* por la cantidad de agua y el ascenso de temperatura. La válvula de desagüe es cerrada y luego abierta poco a poco para la *puesta a punto inicial*. La válvula de admisión es entonces abierta despacito, luego de haber desplazado las pesas para obtener la carga deseada. Luego se regula la salida del agua, hasta que la temperatura quede estabilizada, y por último se afina la puntería con las válvulas a cono y aguja, hasta lograr el equilibrio. El test es exacto, si la temperatura permanece constante.



Cuando el motor está en marcha, aún sin que circule agua por el freno, la aguja del cuadrante de la báscula se desplaza, debido a que por frotamiento con el aire, siempre hay un pequeño desplazamiento del estator. Entonces hay que aforar a *cero*, o bien, luego, descontar a todas las determinaciones esa lectura.

El aparato está provisto de un termómetro que indica la temperatura del agua del dinamómetro, y de una canilla de desagüe, que debe cerrarse, cuando una ininterrumpida corriente de descarga sale por ella, y debe ser abierta de nuevo, cuando, reduciendo la carga, cesa. Si no, podría originarse un *vacío*, que produciría perturbaciones en la carga. Las especificaciones correspondientes al aparato son:

Rpm máxima .....	4 500
Longitud del brazo de palanca .....	15 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "
Constante .....	4 000

FÓRMULA PARA CALCULAR LA POTENCIA EFECTIVA DEL MOTOR:

$$\text{HP efectiva} = \frac{\text{rpm corregida} \cdot \text{lectura del dinamómetro}}{\text{constante}} =$$

$$= \left[ \text{HP efectiva} = \frac{\text{rpm} \cdot \text{libras}}{4\,000} \right]$$

SEGUNDA PARTE EXPERIMENTAL

DETERMINACIONES DE POTENCIA Y CONSUMO

Motor Lister y Dinamómetro hidráulico.

*Gasoil* dens. 15°C: 0.848.

Número de cilindros: 2.

Tiempo total de la experiencia: 3 horas.

Tiempos .....	0	0	0	0	0
Minutos .....	0	5	10	15	30
°C amb. ....	20	20	20	20,3	20,5
Rpm aprox. ...	1 190	1 200	1 200	1 200	1 200
Tiempo 1 000 r	50,4	50	50	50	50
Rpm correg. ...	1 190	1 200	1 200	1 200	1 200
Libras .....	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2
HP .....	21,77	21,96	21,96	21,96	21,96
Caudal/seg ..	166,8	166,2	166,2	166,2	166,2
Cm <sup>3</sup> /min ....	89,916	90,252	90,252	90,252	90,252
°C agua .....	62	64,5	65	65	65
°C aceite ....	53	55	57	57	57
Consumo gr/h	4 574,926	4 592,021	4 592,021	4 592,021	4 592,021
Gr/HP .h. ....	214,74	209,108	209,108	109,108	209,108

**Observaciones:** El valor 0 no indica el momento en que se ha puesto en marcha el motor, sino aquel que corresponde al comienzo de las lecturas de potencia y consumo con *gasoil solo*, y concuerda precisamente con el instante en que, dando vuelta la llave de doble vía, se permuta el flujo de *gasoil* con la suspensión correspondiente. El párrafo anterior se aplica a todas las determinaciones mixtas, y por eso en éstas, que son de *gasoil solo*, todos los tiempos son 0. Además, abajo, hemos tomado en cuenta cada 5 minutos, hasta los 15, y luego de 15 a 30 minutos, los valores de la potencia y del consumo no para realizar una curva de potencia o de consumo (por otra parte para esto se deben considerar lapsos mayores), sino para llegar a obtener los valores correspondientes a la marcha a plena carga, cuya constancia ha de servir de base a los cálculos comparativos subsiguientes.

**NOTA:** Para poner en marcha el motor debemos en primer lugar sacar la traba del acelerador, y estando la llave de acceso del combustible abierta, y los robinetes que dan paso a la cámara de combustión con la precámara cerrados, y hacia adentro los de los resortes de los inyectores, se da manija al motor hasta el característico crujido de éstos; entonces se mandan hacia afuera los dos robinetes de los resortes y el motor arranca. Cuando la marcha tomó impulso, se pone en comunicación la cámara con la precámara, y se deja marchar regulando el acelerador, hasta que la temperatura llegue a los 30°C. Se abre entonces la llave del agua de refrigeración, y se regula el caudal para que la temperatura no pase de 65°C. De vez en cuando, hay que desagotar el recipiente donde se acumula el aceite sobrante del cárter, y observar la constancia de la temperatura del agua de refrigeración.

**Especificaciones:**

- Caudal/seg = Número de segundos que tardan en afluir 250 cm<sup>3</sup> de combustible.  
 Cm<sup>3</sup>/min = Número de centímetros cúbicos que afluyen en 1 minuto.  
 Libras = Peso en libras, que colocado en la báscula, equilibra la fuerza que aplica en ella el dinamómetro.

POTENCIA Y CONSUMO CON SUSPENSIÓN AL 1 %  
 (dens. 15°C 0,8510 gr/cm<sup>3</sup>)

Minutos . . . . .	0	5	10	15	30
°C amb. . . . .	19,8	19,8	20	20	20
Rpm aprox. . .	1 200	1 206	1 206	1 202	1 200
Tiempo 1 000 r	50	49,8	49,8	49,9	50
Rpm correg. . .	1 200	1 206	1 206	1 202	1 200
Libras . . . . .	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2
HP . . . . .	21,96	22,07	22,07	21,99	21,96
Caudal/seg . .	166,2	166,2	166,2	166,4	166,8
Cm <sup>3</sup> /min . . . .	90,252	90,252	90,252	90,144	89,916
°C agua . . . . .	65	65	65	65	65,5
°C aceite . . . .	57	57	57	58	58
Consumo gr/h	4 592,021	4 608,264	4 608,264	4 602,752	4 591,110
Gr/HP . h. . . .	209,108	208,80	208,80	209,31	209,06

**Observaciones:** Como el tiempo 0 corresponde al *gasoil* y los demás a la suspensión, para obtener el número de gr en la primer columna, se utiliza, no la densidad 0,8510, sino la del *gasoil*: 0,848 gr/cm<sup>3</sup>.

## CONCLUSIÓN PARCIAL

De acuerdo con las previsiones teóricas, el aumento del poder calorífico para un volumen constante inyectado, da un aumento de HP, aunque el incremento observado es inferior al calculado. Esto quiere decir que la afluencia de combustible se ve *retardada*. Como en determinadas condiciones, las partículas pasan por el filtro, resulta posible que entre en juego *un factor que dependa del aumento de concentración*. Las partículas, por su tamaño relativo con respecto al de los orificios del filtro, pasan por ellos. Pero si filtramos una serie de suspensiones de concentración creciente, se podrá verificar que el tiempo de filtración será mayor, cuanto mayor sea la concentración. En el caso de las suspensiones *quasi coloidales*, se verifica un efecto medio entre el de las suspensiones y el de las soluciones. Es así, que ese retardo puede atribuirse tanto al aumento de densidad, *con intervención del factor viscosidad*, como al aumento de concentración *por aumento del número de partículas por unidad de volumen*, lo que trae implícito la catalización negativa de la libertad de movimiento de las partículas, y el incremento de las acciones de conjunto entre ellas. Además, cabe destacar que en el filtro, por unidad de superficie, es mayor el área cubierta que la descubierta, de tal forma que la libertad de acción, por aumento de concentración, juega un rol muy importante.

## POTENCIA Y CONSUMO CON SUSPENSIÓN AL 5%

(dens. 15°C 0,8631 gr/cm<sup>3</sup>)

Minutos . . . . .	0	5	10	15	30
°C amb. . . . .	19,8	19,8	19,9	19,9	20
Rpm aprox. . .	1 200	1 210	1 200	1 200	1 180
Tiempo 1 000 r	50	49,6	50	50	50,8
Rpm correg. . .	1 200	1 209,6	1 200	1 200	1 182
Libras . . . . .	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2
HP . . . . .	21,96	22,13	21,96	21,96	21,64
Caudal/seg . .	166,2	166,2	166,4	166,4	166,8
Cm <sup>3</sup> /min . . . .	90,252	90,252	90,114	90,114	89,916
°C agua . . . . .	65	65	65	65,5	65,5
°C aceite . . . .	53	54	55	56	56
Consumo gr/h	4 592	4 674,7	4 668	4 668	4 656,3
Gr/HP . h. . . .	209,1	211,2	212,5	212,5	215,1

## POTENCIA Y CONSUMO CON SUSPENSIÓN AL 10 %

(dens. 15°C 0.8782 gr/cm<sup>3</sup>)

Minutos . . . . .	0	5	10	15	30
°C amb. . . . .	18.5	18.5	18.5	18.8	19
Rpm aprox. . .	1 200	1 200	1 190	1 180	1 170
Tiempo 1 000 r	50	50	50.4	50.8	51.2
Rpm correg. . .	1 200	1 200	1 190	1 180	1 170
Libras . . . . .	73.2	73.2	73.2	73.2	73.2
HP . . . . .	21.96	21.96	21.77	21.64	21.41
Caudal /seg . .	166.2	166.2	166.6	166.6	166.8
Cm <sup>3</sup> /min . . . .	90.252	90.114	90.036	90.036	89.916
°C agua . . . . .	64.5	65	65	65	65
°C aceite . . . .	55	56	57	57	57
Consumo gr /h	4 592	4 748.286	4 744.176	4 744.176	4 737.843
Gr /HP . h . . . .	209.108	216.22	217.92	219.23	221.29

## POTENCIA Y CONSUMO CON SUSPENSIÓN AL 15 %

(dens. 15°C 0.8933 gr/cm<sup>3</sup>)

Minutos . . . . .	0	5	10	15	30
°C amb. . . . .	20.1	20.1	20.3	20.5	20.5
Rpm aprox. . .	1 200	1 190	1 170	1 170	1 100
Tiempo 1 000 r	50	50.4	51.2	51.2	60
Rpm correg. . .	1 200	1 190	1 170	1 170	1 000
Libras . . . . .	73.2	73.2	73.2	73.2	73.2
HP . . . . .	21.96	21.77	21.41	21.41	18.30
Caudal /seg . .	166.2	166.6	166.8	166.8	167
Cm <sup>3</sup> /min . . . .	90.252	90.252	89.916	89.916	89.820
°C agua . . . . .	65	65	65	65.5	65.5
°C aceite . . . .	55	56	57	57	57
Consumo gr /h	4 592	4 837.326	4 819.317	4 819.317	4 811.172
Gr /HP . h . . . .	209.108	222.001	225.109	225.109	262.90

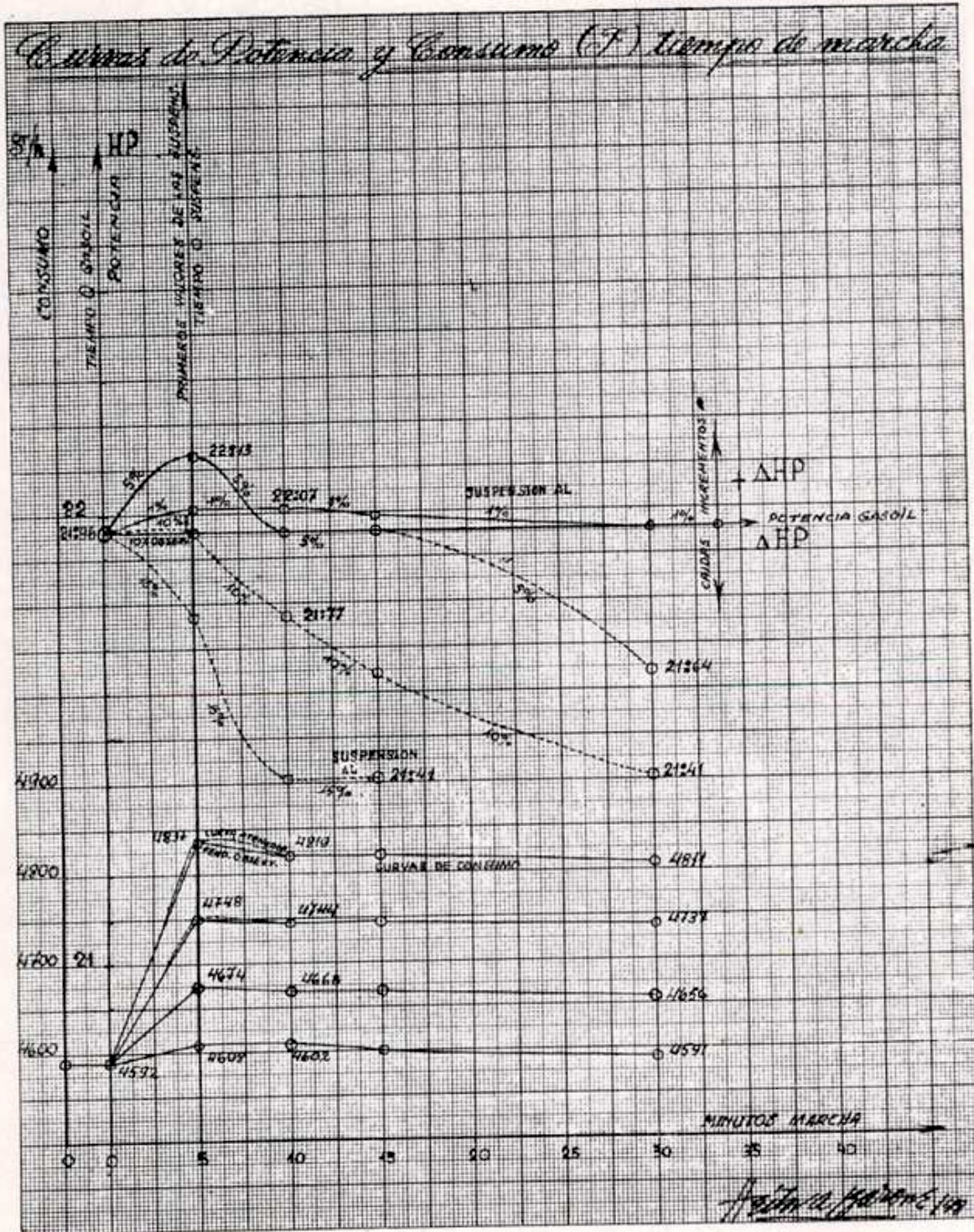


GRÁFICO IV

Diagrama de potencia y consumo del gasoil y suspensiones.

CUADRO Z

COLUMNA	A	B	C	D	E	F
COMBUST.	dens.	PCS	PCI	gr de 10 cm <sup>3</sup>	cal. de 10 cm <sup>3</sup>	Cal. (a)—(b)
<i>Gasoil</i>	0,848	10 991,00	10 535,00	8,480	93,203	--
NH	—	7 555,00	7 494,40	—	—	—
S 1 %	0,8510	10 956,64	10 504,59	8,510	93,241	0,038
S 5 %	0,8631	10 819,20	10 382,97	8,631	93,380	0,177
S 10 %	0,8782	10 647,40	10 230,94	8,782	93,506	0,303
S 15 %	0,8933	10 475,60	10 079,91	8,933	93,578	0,375
<i>Gasoil</i>	<i>dHP</i>	5 min	10 min	15 min		30 min
1 %	0,213	0,110	0,110	0,030	—	0,000
5 %	0,994	0,170	0,000	0,000	—	—0,320
10 %	1,702	0,000	—0,190	—0,320	—	—0,550
15 %	2,107	—0,190	—0,550	—0,550	—	—3,600

*Interpretación:*

Columna A superior: a 15°C, gr/cm<sup>3</sup>.  
 .. B .. Poder calorífico superior, cal. kg.  
 .. C .. " " inferior, " "  
 .. D .. Peso de 10 centímetros cúbicos.  
 .. E .. Calorías de 10 centímetros cúbicos.  
 .. F .. (a) = 10 cm<sup>3</sup> de suspensión.  
 (b) = 10 cm<sup>3</sup> de *gasoil*.

Columna A inferior: *dHP* = incremento de HP calculado, teniendo en cuenta que 1 HP corresponde a 75,9 kgm/seg y éstos a 0,178 cal/seg.

## Columnas

B, C, D y F inferior: Incrementos positivos y negativos obtenidos experimentalmente en reemplazo de los calculados teóricamente.

## CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO

Antes de comenzar nuestras experiencias formulamos una hipótesis. Aclaremos y deseamos, se no sinterprete en forma debida. En ningún momento hemos tratado de verificar, si esas experiencias de PETER L. KLEIN, de estabilizar la suspensión del sólido en una fracción determinada, por reflujo con metílico y otra fracción también determinada, se pueden generalizar para cualquier fracción; sino que, generalizando aquellas experiencias, tratamos de estabilizar otra fracción especificada, con una última también de propiedades definidas. O sea que, de tener nuestras experiencias resultado positivo, quiere decir que esa técnica de estabilización vale para nuestras fracciones, pero no sabemos si valdrá para otras ateniéndose a la misma generalización hipotética inicial. Sea el P. E. b. de una fracción destilada Pa mayor que el Pb de otra fracción del mismo destilado y Pc el de otra menor que Pb y mayor que Pd. Y sucesivamente con Pe, Pf, Pg, etc., llamemos a las fracciones pa, pb, pc, pd, pe, pf y pg respectivamente. PETER L. KLEIN estabilizó una suspensión pa por reflujo con pb. Nosotros decimos: Si pa tiene un Pa mayor que el Pb de pb, vamos a ver, suponiendo esa correlación general para todas las fracciones, si se verifica para pc y pd. El resultado es independiente de que se cumpla con pe, pf, pg, etc. Con estas últimas puede verificarse o no, aparte de que se verifique o no con aquéllas.

Nosotros hemos comprobado que *nuestra hipótesis es válida* no ateniéndonos a la igualdad del tiempo de estabilización (o sea que nuestro tiempo de estabilización no tiene porqué ser igual al del original). En nuestro caso la estabilización es absoluta durante 120 horas y muy grande hasta las 720 horas, al término de las cuales sólo se produjo una débil concentración inferior.

En lo que respecta a la aplicación en el motor hemos visto que de acuerdo a los cálculos teóricos, debería producirse un aumento de potencia dadas las características intrínsecas del material, sin tomar en cuenta el que prácticamente pueda utilizarse o no. En ciertas concentraciones y para determinados lapsos (antes consignados) *el aumento de potencia se produce*. Con los datos consignados no se puede hacer una crítica completa de la aplicación de las mezclas al motor tal cual. Pero lo evidente es que hay un retardo en la afluencia del combustible debido a que éste no circula con libertad. Hemos desarmado el gusano del filtro y se observó la formación de un depósito lodoso amorfo mayor cuanto mayor fué la concentración de la suspensión utilizada. He ahí el índice más evidente de la retención. Es esa retención la que produce la caída de potencia luego de los tiempos de marcha apuntados anteriormente, pues llega menos combustible, y en menor concentración a medida que la retención se incrementa.

Esa dificultad de pasaje se la debe atribuir al aumento de concentración de la mezcla, por las observaciones siguientes: 1º Porque

las partículas en pequeña concentración pasan por el filtro, ya que el aceite sobrante del cárter experimentó, utilizando una suspensión del 1% con partículas 10 veces más grandes, una disminución de densidad de 0,8513 a 0,8511, o sea 0,0002 gr/cm<sup>3</sup>. 2º Porque los efectos son mayores, a igualdad de concentración, a medida que pasa el tiempo, y a desigualdad de concentración, con el incremento de ellas. 3º Porque la caída de potencia va acompañada de una disminución del consumo. Además, si la caída de potencia fuese atribuible al combustible en sí, esa disminución, entonces, debería producirse de inmediato y no en gradiente, y si la causa fuera la mala combustión, los humos no saldrían con la nitidez con que lo hacen, comparable a la del *gasoil*.

Todo ello conduce a la conclusión que, utilizando partículas inferiores al 1/2 micrón, o adaptando el motor al uso de partículas mayores, estas suspensiones *cumplen su cometido*.

NOTA: Cuando se utilizare una suspensión de combustible, dentro de las especificaciones de nuestro trabajo, deben tenerse en cuenta los siguientes detalles: Se debe primero trabajar con *gasoil puro*, hasta que en constantes valores de aceleración y refrigeración, se establezca la marcha del motor, con el objeto de tener para las determinaciones comparativas un *test inamovible*, y que siempre que se vuelva al *gasoil*, se verifiquen los mismos valores de potencia y consumo. En segundo lugar, las determinaciones deben realizarse cuando se haya instalado un sistema de bi-tanque para la alimentación, de tal forma que se pueda pasar de suspensión a *gasoil* y viceversa, en el momento, por sólo accionar una llave de doble vía. Así se asegura que los valores de las variables que influyen en la determinación de potencia y consumo están influenciando por igual los cálculos para *gasoil* y mezcla. Nunca, por tercero y último, se debe parar el motor sin antes haberlo hecho andar con *gasoil* durante casi 1/2 hora, con el objeto de asegurarse de la eliminación de la mezcla, pues a la larga, y sobre todo si no se fuera a poner en marcha por un lapso grande, se pueden formar decantaciones perjudiciales. En este caso, hay que desarmar el filtro, sacar con cuidado el gusano, enjuagar todo con *gasoil*; sacar las toscas superiores de la bomba, retirar los resortes y las válvulas, lavar con *gasoil*, y dejando afluir este combustible de su tanque, hacerlo emanar de la bomba desarmada hasta que no salgan más burbujas. Armar todo, y ponerlo en marcha hasta régimen normal.

HÉCTOR AMÉRICO BARONE.



## INDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS

	PÁG.
Análisis de cenizas del negro de humo .....	21
Análisis del fósforo en cenizas del negro de humo .....	21
Análisis de humedad del negro de humo .....	21
Análisis de materias volátiles del negro de humo .....	21
Análisis del proceso de combustión en el motor diesel .....	33
Antecedentes del trabajo .....	13
Bibliografía .....	12
Conclusiones del estudio .....	43
Consideraciones generales .....	14
Determinaciones con micrómetro ocular para el tamaño de las partículas .....	27
Determinaciones de potencia y consumo con gasoil .....	37
Determinaciones de potencia y consumo con suspensiones al 1 % .....	38
Determinaciones de potencia y consumo con suspensiones al 5 % .....	39
Determinaciones de potencia y consumo con suspensiones al 10 y 15 % .....	40
Especificaciones del motor utilizado .....	35
Estabilización de las suspensiones .....	29
Hipótesis del trabajo .....	15
Plan de trabajo .....	16
Poder calorífico superior e inferior del gasoil .....	22
Poder calorífico superior e inferior del negro de humo .....	22
Poder calorífico de las suspensiones .....	22
Potencia efectiva (fórmula).....	37
Tabla de los incrementos de potencia .....	42
Tamaño de las partículas del negro de humo .....	28
Técnica del micrómetro ocular .....	27
Teoría del dinamómetro hidráulico .....	36
Teoría del micrómetro ocular .....	27

Ejemplares de este trabajo han sido hechos llegar, además de la Secretaría de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires e integrantes de la mesa examinadora, en la República Argentina:

a la Presidencia de la Nación.

Gobernación de la Provincia de Buenos Aires.

Biblioteca de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Biblioteca del Colegio Nacional de Buenos Aires, de la Universidad de Buenos Aires.

Biblioteca de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la Universidad Nacional de La Plata.

Dirección General de Y.P.F.

Secretaría General de Y.P.F.

Ministerio del Interior.

Ministerio de Marina.

Ministerio de Marina, División Laboratorios.

Ministerio de Hacienda.

Dirección General de Oficinas Químicas Nacionales.

Dirección General de Combustibles Sólidos.

La segunda parte de este trabajo, complemento de crítica, que estudia el avance de inyección, cálculo de la potencia indicada por la obtención de los diagramas correspondientes al gasoil y las suspensiones preparadas, con el oscilógrafo de rayos catódicos, el estudio comparativo de los ciclos, el cálculo de los rendimientos en base a la potencia indicada y la efectiva y los análisis de los humos, serán objeto de publicación aparte, en un segundo volumen que se emitirá al respecto particularmente.