

nos han inducido a concebir la constitución de la tierra del siguiente modo, como único medio, en nuestra opinión, de poder explicar tan grandioso fenómeno hidrológico:

1.º Una corteza sólida, formando una gran bóveda casi esférica, con espesor variable, según la naturaleza de las rocas que la constituyen en cada punto, especialmente las situadas en su parte inferior, por ser las que han de resistir mayores subpresiones.

2.º Una zona líquida de gases licuados por la

presión, aceites minerales y agua, recibiendo grandes presiones hidrostáticas, producidas por las columnas de agua descendiendo de las altas regiones continentales por las chimeneas de volcanes apagados, fallas y diaclasas.

3.º Un núcleo central, formado de rocas en estado plástico especial por efecto de las enormes presiones a que se hallan sometidas, distribuidas en capas con arreglo a sus densidades, de menor a mayor, en dirección hacia el centro de la tierra.

Eugenio SUÁREZ GALVÁN  
Ingeniero de Caminos

# Laboratorios de Electro-mecánica

## Ensayos de la Sección Térmica

La Escuela de Caminos, como programa que tiene a desarrollar para el nuevo curso, se propone dar a sus enseñanzas técnicas la mayor aplicación práctica posible, especialmente en aquellas materias que fueran susceptibles de completarse con ensayos y trabajos de investigación en el *Laboratorio de Electro-mecánica*, instalado hace años por iniciativa del entonces director D. Luis Gaztelu, marqués de Echandía, y en el de *Automovilismo*, cuya implantación ha sido iniciada por acuerdo del último director, D. Alfredo Mendizábal.

El actual director de nuestra Escuela, D. Vicente Machimbarrena, que desde hace tiempo se ha ocupado especialmente de trazar la orientación moderna pedagógica en que nuestra enseñanza técnica hoy se desarrolla, ha iniciado con gran entusiasmo la preparación de planes y programas para que se hagan por profesores y alumnos, entre otros trabajos, pruebas y ensayos de investigación, semejantes a los que algunos profesores hemos seguido con gran interés en nuestras asistencias de pasados años a los Laboratorios de varias Escuelas profesionales extranjeras, principalmente suizas y alemanas.

Considerando oportuno el que sean conocidos por nuestros compañeros algunos de estos estudios, aunque muchos de ellos pequen de estar algo enmohecidos por el tiempo, a continuación desarrollamos uno que estimamos interesante y que se realizó antes de la guerra en la Sección Térmica del Instituto de Ensayos Mecánicos y Técnicos de la *Escuela de Ingenieros* de Dresden, y que tuvimos ocasión de seguir suficientemente de cerca, con el deseo de que pudiera servir de norma a los que deseábamos realizar en nuestro país y en nuestra Escuela, un poco retrasados ambos en este género de investigaciones.

Los ingenieros H. Scheit y Bobeth de aquel establecimiento de enseñanza dieron forma a este trabajo de

investigación, y de ellos tomamos casi íntegramente los resultados que a continuación se consignan (1).

## ESTUDIO DEL PROCESO DE TRABAJO DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS

### I.—Introducción

En el período a que hemos hecho referencia anteriormente, era interesante tema la comparación de los motores de explosión de dos y de cuatro tiempos. Se había comprobado que mientras en la fabricación industrial de estas grandes máquinas los motores de dos y de cuatro tiempos se desarrollaban en el mismo grado de importancia, había alcanzado el de cuatro tiempos, considerado como máquina de gran velocidad, una positiva ventaja sobre el de dos tiempos, indudablemente debido a su aplicación como motor de arranque para vehículos automotores, ya que con su peso propio reducido alcanzaban un rendimiento elevado y un aprovechamiento muy económico de su combustible.

En la época de referencia parecía oponerse a los esfuerzos industriales de aplicar el motor de dos tiempos como máquina de gran velocidad, la esencial dificultad de su sistema, pues solamente se disponía de una carrera de su émbolo para realizar los períodos de escape y admisión de nueva carga de la mezcla combustible; mientras que en el de cuatro tiempos se utilizaban para aquellos períodos de distribución dos recorridos completos del émbolo.

Esta circunstancia era la que dificultaba generalmente el tener un servicio activo de la bomba de alimentación en los motores citados y que se acentuaba en los que funcionaban con bombas accionadas por manivelas acunadas al eje motor.

Aunque existía la posibilidad de perfeccionar el proceso de alimentación del motor, no se lograba con ello que el de dos tiempos alcanzara la velocidad de una máquina rápida propiamente dicha, que desarrollase 2 000 o más revoluciones por minuto. A lo más, sensiblemente, no se conseguía sobrepasar un límite

(1) Véase el Z. V. D. I. de 1.º de junio de 1912.

de marcha de 1 000 revoluciones por minuto. Por otra parte, se juzgaba que la máquina de marcha rápida no podía constituir el único ideal industrial, y se estimaba justo que pudieran ser utilizados en la práctica motores con reducido número de revoluciones. Pero como el motor de dos tiempos se estimaba superior al de cuatro en cuanto a la uniformidad de su marcha y a la simplicidad de su construcción, y estas ventajas permitían una mayor seguridad de funcionamiento, aparecían para la ampliación de su empleo suficientes condiciones fundamentales, especialmente para su aplicación más segura a máquinas fijas y para la propulsión de embarcaciones y aviones.

Sobre este punto concreto parecía haberse tomado una decisión industrial, al comprobar que numerosas fábricas habían iniciado la construcción de motores de dos tiempos con combustible de aceite bruto. América aplicaba continua y activamente estos motores en sus embarcaciones, y Alemania había procedido a ese tenor en sus talleres. En muchas partes, pues, se trabajaba en el perfeccionamiento del motor de dos tiempos con esperanzas de éxitos industriales.

Siendo muy escasos en la época de nuestra información los ensayos realizados en estos motores, comparados con las extensas publicaciones de carácter técnico que sobre el mismo tema se conocían, no dejaba de tener valor la investigación hecha en la sección de pruebas del Instituto de Ensayos Mecánicos y Técnicos de la Escuela de Ingenieros de Dresden, destinadas a motores de vehículos automotores y para dirigibles, y tal vez, aun en los momentos actuales, no deje de ser útil y conveniente, aunque no fuera más que por consideraciones exclusivamente pedagógicas.

## II.—Características del motor ensayado

El motor objeto del ensayo fué uno de navegación, monocilíndrico, con refrigeración de agua, alimentado con bencina, procedente de la casa americana *Ferro Machine and Foundry Co.*, de Cleveland (Ohio), con

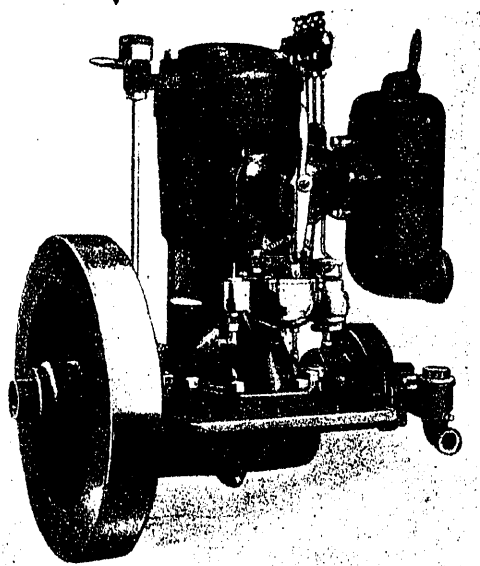


Fig. 1.<sup>a</sup> Motor de dos tiempos de la Ferro Machine and Foundry Co.

potencia nominal  $N_n = 4$  CV y un número de revoluciones por minuto  $n = 800$ . El diámetro del cilindro era de  $3 \frac{3}{4}$  pulgadas inglesas = 95,25 mm.

La carrera del émbolo de  $3 \frac{1}{2}$  pulgadas inglesas = 88,90 mm.

La distribución se realizaba en este motor mediante el mismo émbolo con el auxilio de válvulas; la alimentación se efectuaba por bomba accionada por manivela, y la inflamación, por bujía.

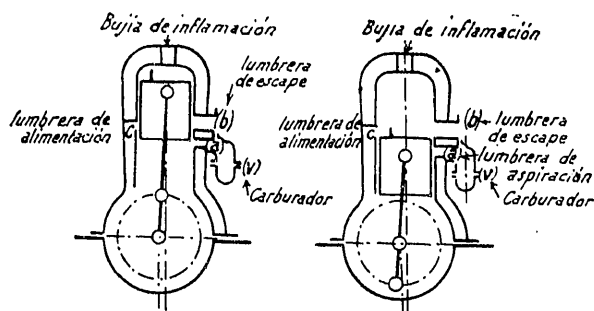
El volumen por embolada era  $V_e = 633$ , 1 cm<sup>3</sup>.

El de la cámara de compresión,  $V_c = 189,2$  cm<sup>3</sup>.

Y el grado de compresión, por tanto:

$$E = \frac{V_e + V_c}{V_c} = 4,35$$

La sencilla disposición exterior del motor se representa en la figura 1.<sup>a</sup>, y su funcionamiento se deter-



Figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> Fases de trabajo del motor.

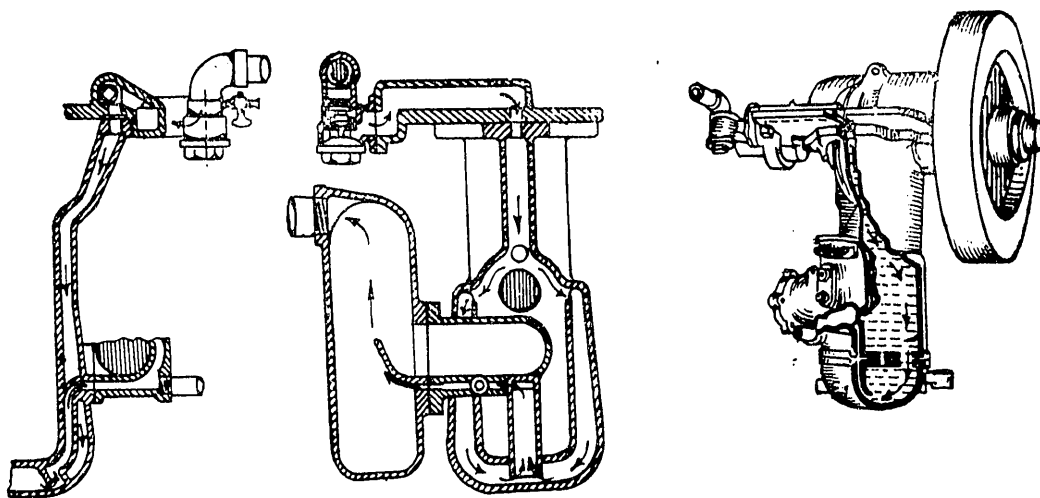
mina suficientemente con la inspección de las figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>.

Al elevarse el émbolo se comprime la carga en la cámara superior del cilindro de trabajo, mientras que en la de manivela se produce una aspiración; tan pronto como el borde inferior del émbolo deja libre la lunbrera de admisión *a*, es aspirada en la cámara de manivela la mezcla de combustible fresco que procede del carburador *o*. Producida la inflamación descendiéndolo rápidamente el émbolo, comprimiendo previamente el volumen de mezcla ya almacenado en la cámara de la manivela; y tan pronto como el borde superior del émbolo deja libre la lunbrera *b*, empieza el período de escape. Posteriormente se descubre la lunbrera de admisión *c*, y entonces es posible el paso de la carga de combustible fresco desde la cámara de manivela a la de trabajo del cilindro. Una lengüeta o reborde *w*, dispuesto convenientemente sobre el mismo émbolo, conduce los gases frescos hacia la parte superior de la cámara de trabajo, con el fin de impedir un escape directo hacia la salida *b*, permitiendo tan sólo que barran los residuos producidos por la combustión anterior. Al cerrarse estas lunbreras durante la elevación del émbolo, continúa la compresión de la carga. El proceso de alimentación es, por tanto, semejante al usado generalmente para este género de motores, cuando la bomba de alimentación es el mismo émbolo; pero el aparato, en su construcción, presentaba un sinnúmero de acertadas modificaciones respecto a los semejantes conocidos, que demostraban la mano de un hábil constructor. Entre ellas debe citarse el sistema especial de refrigeración (figuras 4.<sup>a</sup> a 6.<sup>a</sup>), en el que el agua se elevaba primeramente por medio de una pequeña bomba alternativa, accionada por un excéntrico, y era conducida por un canalizo dispuesto en la masa de fundición, que constituía la envoltiente de la caja de manivela o *carter*; circulaba alrededor de la cámara cilíndrica de trabajo; era lle-

vada a la cabeza de la envolvente por otro conducto igualmente dispuesto, hasta la altura de la lumbrera de escape; envolvía la tubuladura de este escape y entraba, finalmente, en el tubo de desagüe. En esta tu-

tuberías adecuadas a los diversos puntos de lubricación.

Entre los elementos auxiliares merecía atención especial el carburador (fig. 8.<sup>a</sup>), no sólo por su forma re-



Figuras 4.ª a 6.ª Refrigeración de agua.

buladura se injertaba un conducto o canal auxiliar, mediante el cual se podía mezclar directamente el agua de refrigeración con los gases de escape en un depósito de mezcla, interpuesto en la tubería de evacuación. Para que de este modo se pudiera realizar

ducida de construcción, sino por disponer, en vez de un flotador normal metálico hueco, de uno de corcho, y hacerse regulable la abertura de la tobera por medio de la maniobra de una válvula con obturador de aguja. Esta disposición ofrecía positivas ventajas en los ensayos, pues con ella hubo posibilidad de regular la mezcla del motor en el caso de rendimiento máximo con consumo mínimo de bencina.

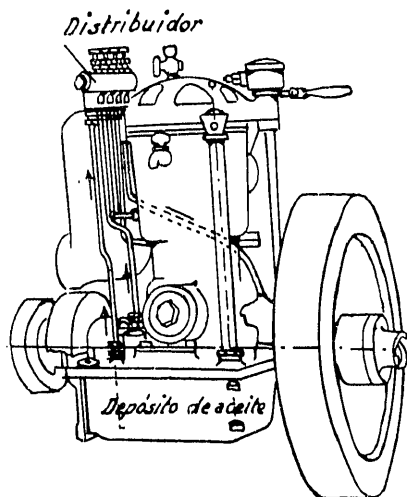


Fig. 7.ª. Lubricación.

una pulverización fina del agua, se conducía ésta hacia una lengüeta que desbordaba en la dirección de la corriente de los gases de escape. Esta mezcla con el agua tenía por fin refrigerar los gases de escape y producir, por la reducción de presión originada, una aceleración de expulsión de los gases de la cámara de trabajo.

También era interesante y sencillo el sistema de lubricación que se indica en la figura 7.<sup>a</sup>. El depósito del aceite dispuesto en una caja de fundición en la parte baja del *carter* estaba en conexión, por medio de un canal provisto de una válvula de retención, con la cámara de la manivela, de manera que la presión producida en ésta se transmitía al depósito de aceite. De este modo, la citada presión hacía elevar el aceite hasta un distribuidor, desde donde se conducía por

### III.—Instalación de ensayos

La figura 9.<sup>a</sup> representa la disposición de los aparatos que se utilizaron para los ensayos. El motor de dos tiempos *a* se dispuso acoplado por medio de un eje articulado a un freno *b* de corrientes de Foucault. La construcción de este freno (fig. 10) se realizó como elemento independiente de la instalación, disponiendo en él un peso corredizo que permitía regular fácilmente la carga del motor. Para poder apreciar el consumo de bencina, el depósito *c* de este combustible

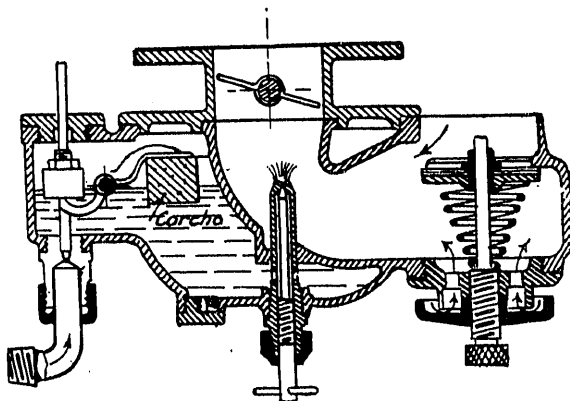


Fig. 8.ª Carburador.

se colocó sobre una báscula decimal *d*. El aire necesario se aspiraba haciéndolo pasar previamente por un contador de gas *e*, y la cantidad que de él se consumía podía medirse en el aparato. Se disponía, además, de un electromotor *f* con sus resistencias de regulación *g*,

para hacer el arranque del motor en el caso de estar cerrada la admisión de bencina. Un indicador tipo Maihakscher y otro óptico procedente de la Elsas-

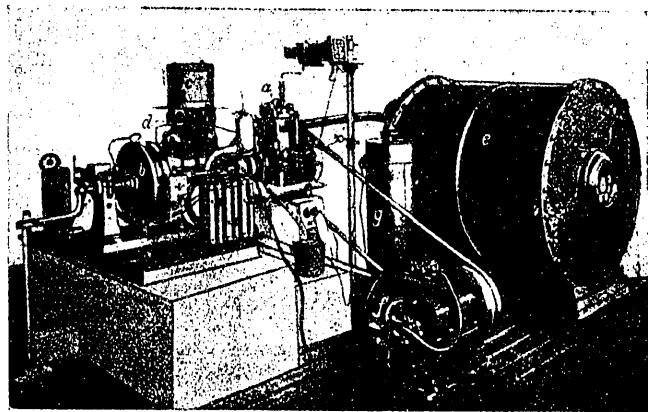


Fig. 9.ª Instalación de ensayo.

sische Elektrizitätswerke, de Estrasburgo, servían para hacer las observaciones del proceso de trabajo en el cilindro y en la cámara de manivela.

El rendimiento útil del motor en CV se determinaba por la conocida fórmula

$$N_e = 0,01395 a \cdot n$$

en la que  $a$  era la longitud en metros del brazo de palanca efectivo del peso corredizo y  $n$  el número de revoluciones por minuto que daba el disco del freno.

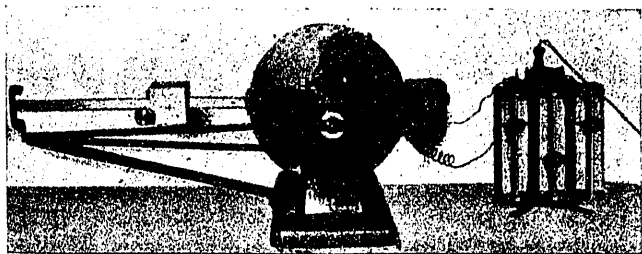


Fig. 10. Freno de Foucault.

El de revoluciones del motor se determinaba leyendo periódicamente su valor en un aparato contador dispuesto en el eje de aquél, mientras que para regular su marcha y mantenerlo en un número constante de revoluciones se utilizaba un taquímetro ordinario.

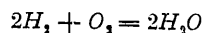
#### IV.—Estudio del combustible

##### a) Determinación de la cantidad teórica de aire necesario para la combustión

Exigió esta determinación el hacer un análisis elemental de la bencina, que se efectuó en el laboratorio químico de la instalación de ensayo. En un pequeño matraz graduado se dispuso hasta su mitad *tripoli* en polvo, calentado previamente, sobre el que se echó la bencina a gotas. Pesado el matraz cerrado, antes y después de la carga, se determinó por diferencia la cantidad de bencina objeto del ensayo. Se conectó después la tubuladura del matraz con un tubo de unos 50 centímetros de largo que contenía óxido de cobre, que se calentó al rojo, y se unió a aparatos receptores destinados a recoger el agua y el ácido carbó-

nico, tales como un tubo con cloruro de calcio, otro con nitrato de cal y un tercero con lejía de cal, así como una trompa de agua para producir una corriente de aspiración. El cuello del matraz se unió con la tubuladura inferior de un depósito de condensación, colocado en la parte alta de la instalación, con el fin de recoger sin perderse los vapores de bencina desprendidos al calentar el tubo al principio de la operación.

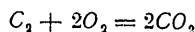
Mediante la disposición de aspiración se recogió aire durante una hora próximamente, con muy poca velocidad, y se terminó luego la combustión introduciendo oxígeno y calentando el matraz de la bencina, regenerando el óxido de cobre. Una botella lavadora con una solución de cloruro de paladio, interpuesta delante del aparato de aspiración, permitió contrastar el proceso de combustión. El análisis realizado demostró que la bencina contenía 15,84 por 100 de  $H$ , 83,10 por 100 de  $C$  y 1,06 por 100 de impurezas, que se separaron evaporando la bencina con ácido sulfúrico concentrado. Como la combustión del  $H$  y del  $C$  estaba representada por las fórmulas



es decir,

$$4 + 32 = 36$$

y



es decir,

$$24 + 64 = 88$$

exigió

$$1 \text{ parte en peso de } H \quad 8 \text{ partes en peso de } O$$

y

$$1 \text{ parte en peso de } C \quad 8/3 \text{ partes en peso de } O$$

Según esto, fueron precisas:

para

$$15,84 \text{ partes en peso de } H \quad 126,72 \text{ partes en peso de } O$$

y para

$$83,10 \text{ partes en peso de } C \quad 221,60 \text{ partes en peso de } O$$

$$\text{En total} \dots \dots 348,32 \text{ partes en peso de } O$$

Y, por tanto, para quemar un kilo de bencina de la composición descrita, fueron necesarios

$$3 \text{ 483 kg de oxígeno.}$$

que correspondían a un caudal de aire de 14,<sup>91</sup> kilogramos, o con relación a una atmósfera y a la temperatura de 15°, una cantidad de 12,55 m<sup>3</sup>.

##### b) Determinación de la potencia calorífica

La potencia máxima calorífica se determinó por el calorímetro Junker, según cuatro ensayos sucesivos, que dieron los valores siguientes:

$$\left. \begin{array}{l} 10 \text{ 953 calófrs.} \\ 11 \text{ 087 } \\ 11 \text{ 055 } \\ 11 \text{ 120 } \end{array} \right\} \text{ por término medio, 11 054 calorías.}$$

Además, se recogió 1,2 kgs de agua de combustión, que necesitaron 720 calorías de calor de vaporización. Por tanto, se obtuvo como potencia inferior calorífica 10 334 calorías.

### V.—Ensayos realizados

#### 1.—Determinación del grado de admisión

Como se ha indicado al principio de esta nota, el proceso de carga de un motor de dos tiempos se efectúa durante una fracción de la carrera de su émbolo y, por tanto, en condiciones mucho más desfavorables que en el motor de cuatro tiempos. Es, naturalmente, de una influencia esencial para el rendimiento del motor la potencia de la bomba de carga, y por esta razón se dispuso, en primer lugar, su determinación para diferente número de revoluciones del motor. En la máquina objeto del ensayo, que funcionaba con bomba de carga de manivela, no era de esperar un grado de admisión muy favorable, a causa de los espacios perjudiciales realmente exagerados de que disponía.

Para determinar esta potencia en la bomba, se comenzó por aspirar el aire de combustión por intermedio del contador de aire ya citado, y se leyó su volumen en el indicador correspondiente. El caudal correspondía con gran aproximación a la potencia de la bomba, ya que podía dejarse de tener en cuenta el volumen ocupado por la bencina aspirada del carburador, que no se evaporaba por completo, sino se mezclaba con el aire aspirado en forma de un polvo fino líquido. Para mantener en la tubería de aspiración resistencias muy reducidas y para obtener la potencia más favorable, se abrió por completo la llave de estrangulación del carburador, y ello obligó, como consecuencia, a regular la entrada de bencina y maniobrar la tobera de alimentación con el fin de conseguir de este modo la proporción de mezcla más favorable, de acuerdo con el número de revoluciones producidas por el motor. En cada ensayo se determinaron, por medio de tanteos, la disposición más conveniente de la tobera para cada número de revoluciones del motor y la regulación más favorable para cada caso del instante de inflamación.

El número de revoluciones del motor se variaba modificando su carga, y para ello se actuaba sobre el peso corregido del freno de Foucault.

Los resultados de los ensayos principales se consignan en el cuadro I y en los números 1 a 7, así como se representan en la figura 11, según la línea *a*. El trazado de esta línea demuestra que el grado de admisión

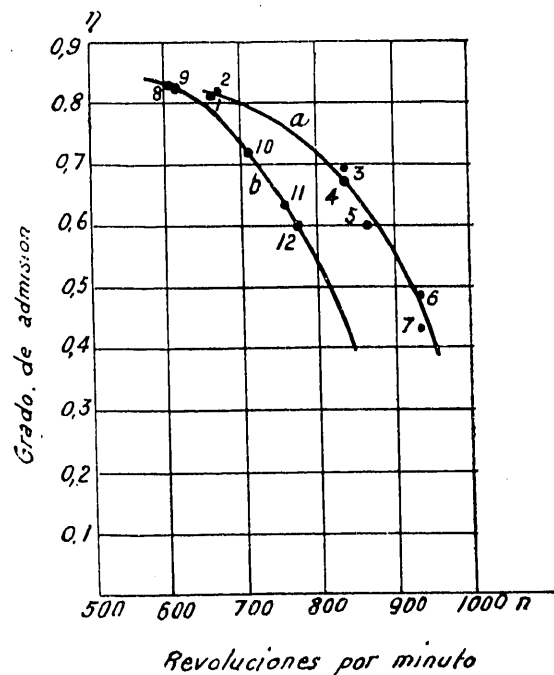


Fig. 11. Relación entre el grado de admisión de la bomba de alimentación y el número de revoluciones del motor.

de la bomba es relativamente elevado para un número reducido de revoluciones del motor; pero indica que al aumentar éste disminuye aquél muy rápidamente. Puede suponerse que este resultado es parcialmente consecuencia de las resistencias producidas en la marcha del motor, que crecían con la velocidad del aire en la tubería de aspiración, y aun tal vez fueran debidas a la iniciación de vibraciones que se comprobaron en la columna de aire aspirado.

### Cuadro I

| 1                                                  | 2                         | 3                          | 4                      | 5                                      | 6                       | 7                      | 8                | 9                                              | 10                      | 11                                 | 12               | 13                                              | 14                                               | 15                                           | 16                                   | 17                          |
|----------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Número del ensayo                                  | Núm. de revol. por minuto | Rendimiento útil del motor | Presión media efectiva | Grado de admisión con relación al aire | Proporción de la mezcla | Consumo de combustible | Consumo de calor | Cantidad de calor llevada al rendimiento útil. | Grado de efecto térmico | Consumo de combustible (bencina) B | Consumo de calor | Consumo de aire (capacidad de la bomba de aire) | Consumo de aire (13° l at para un kg de bencina) | Temperatura del aire en el contador de aires | Temperatura de la cámara de manivela | Momento de giro transmitido |
|                                                    |                           | N-HP                       | Atm                    | n °.                                   | P                       | Kg/h                   | Cal/h            | C/h                                            | °.                      | Kg/HP-h                            | Cal/HP-h         | m³/h                                            | m³/kg                                            | C°                                           | C°                                   | Kg/m                        |
| Motor de dos tiempos funcionando con carga propia  |                           |                            |                        |                                        |                         |                        |                  |                                                |                         |                                    |                  |                                                 |                                                  |                                              |                                      |                             |
| 1                                                  | 664                       | 2,32                       | 2,48                   | 0,811                                  | 0,996                   | 1,66                   | 17 180           | 1468                                           | 0,085                   | 0,716                              | 7415             | 20,45                                           | 12,53                                            | 15,0                                         | 44,0                                 | 2,50                        |
| 2                                                  | 671                       | 2,81                       | 2,95                   | 0,817                                  | 0,938                   | 1,80                   | 18 620           | 1777                                           | 0,095                   | 0,641                              | 6630             | 20,80                                           | 11,79                                            | 15,0                                         | 37,7                                 | 3,00                        |
| 3                                                  | 833                       | 3,25                       | 2,77                   | 0,688                                  | 1,089                   | 1,62                   | 16 780           | 2055                                           | 0,123                   | 0,499                              | 5170             | 21,80                                           | 13,71                                            | 15,1                                         | 43,5                                 | 2,80                        |
| 4                                                  | 834                       | 2,91                       | 2,48                   | 0,688                                  | 1,035                   | 1,65                   | 17 080           | 1839                                           | 0,108                   | 0,567                              | 5860             | 21,16                                           | 13,02                                            | 15,8                                         | 41,3                                 | 2,50                        |
| 5                                                  | 865                       | 3,08                       | 2,53                   | 0,601                                  | 0,957                   | 1,67                   | 17 290           | 1949                                           | 0,113                   | 0,542                              | 5620             | 19,72                                           | 12,03                                            | 15,0                                         | 41,5                                 | 2,55                        |
| 6                                                  | 929                       | 2,86                       | 2,18                   | 0,483                                  | 0,951                   | 1,45                   | 15 010           | 1809                                           | 0,120                   | 0,508                              | 5260             | 17,04                                           | 11,96                                            | 14,5                                         | 44,7                                 | 2,20                        |
| 7                                                  | 933                       | 2,48                       | 1,88                   | 0,433                                  | 0,867                   | 1,43                   | 14 800           | 1569                                           | 0,105                   | 0,577                              | 5975             | 15,36                                           | 10,90                                            | 14,2                                         | 39,1                                 | 1,90                        |
| Motor de dos tiempos accionado por motor eléctrico |                           |                            |                        |                                        |                         |                        |                  |                                                |                         |                                    |                  |                                                 |                                                  |                                              |                                      |                             |
| 8                                                  | 608                       | —                          | —                      | 0,829                                  | —                       | —                      | —                | —                                              | —                       | —                                  | —                | 19,15                                           | —                                                | 16,0                                         | 34,2                                 | —                           |
| 9                                                  | 611                       | —                          | —                      | 0,828                                  | —                       | —                      | —                | —                                              | —                       | —                                  | —                | 19,19                                           | —                                                | 16,0                                         | 32,9                                 | —                           |
| 10                                                 | 709                       | —                          | —                      | 0,717                                  | —                       | —                      | —                | —                                              | —                       | —                                  | —                | 19,30                                           | —                                                | 15,3                                         | 33,9                                 | —                           |
| 11                                                 | 754                       | —                          | —                      | 0,628                                  | —                       | —                      | —                | —                                              | —                       | —                                  | —                | 17,96                                           | —                                                | 15,8                                         | 34,8                                 | —                           |
| 12                                                 | 774                       | —                          | —                      | 0,596                                  | —                       | —                      | —                | —                                              | —                       | —                                  | —                | 17,52                                           | —                                                | 16,0                                         | 39,9                                 | —                           |

Pero la causa esencial del resultado pareció ser debida a que las lumbreras de aspiración se descubrían solamente al final de la carrera y que su duración de apertura disminuía al aumentar el número de revoluciones del motor. Se estimó como seguro que una máquina en la que los elementos de distribución no estuvieran servidos por el mismo émbolo de trabajo y sí lo fuesen por válvulas, que pudieran permanecer abiertas durante todo el período de aspiración, podrían dar lugar a un grado de admisión más favorable en el motor; pero también se comprobó que en este caso habría de prescindirse de la sencillez de construcción que caracterizaba el motor objeto del ensayo.

Como también influyen en el rendimiento de la bomba de alimentación las resistencias que se producen en la tubería de presión y las originadas al introducir la carga en el cilindro de trabajo, y ambas dependen de la presión al final de la expansión, se realizó un ensayo paralelo, haciendo que la bomba de alimentación funcionara con una contrapresión variable. Para esta operación se cerró la alimentación de gasolina y se hizo trabajar al motor exclusivamente como si fuera una bomba, accionado por el electromotor (figura 9.ª) y se dispuso la inyección del aire en el ci-

lindro del motor directamente por el escape, actuando como contrapresión la presión exterior. Los resultados que se obtuvieron se consignan en los números 8 a 12 del citado cuadro I y se representan en la figura 11 según la línea *b*. La comparación en esta figura de las dos líneas *a* y *b* demuestra que el grado de admisión en el segundo caso disminuye con desigualdad y más rápidamente que en el primero al aumentar el número de revoluciones del motor. En funcionamiento normal parecía descender la presión al final de la expansión en el cilindro del motor hasta por bajo de la presión exterior; y como consecuencia del escape de los productos de la combustión, se producía en el cuerpo de la bomba un efecto de aspiración que favorecía la admisión de la carga en el cilindro del motor, o que, por lo menos, existían facilidades para la nueva admisión, evitando sus atascos, sin duda debido a la gran velocidad con que salían al exterior los gases de la combustión. No se pudo determinar en el indicador este proceso de una manera evidente, a causa, probablemente, de la disposición y dimensiones de las lumbreras y del tubo de escape, los cuales hubieran debido estar dispuestos de manera más favorable en el motor de ensayo.

J. C. R.

## Regla logarítmica Rieger para el cálculo de resistencia de las construcciones de hormigón armado

La resolución de largas ecuaciones y fórmulas complicadas que entran en los cálculos para la comprobación o redacción de un proyecto de obra de hormigón armado, decidió al ingeniero de puentes y Calzadas J. Rieger, profesor en la Escuela Politécnica de Brno (Tchecoslovakia), al estudio y formación de una regla logarítmica que, después de catorce años de un asiduo y meritorio trabajo, vio terminada, no sin vencer grandes obstáculos en su fabricación, lo que hizo encarecer con exceso sus primeros ejemplares.

En ellos no se resolvían los problemas relativos a la flexión compuesta, así como tampoco la determinación de las dimensiones de una pieza, conocidos los esfuerzos para unos coeficientes de trabajo límites, sirviendo tan solo para la resolución del problema inverso, o sea la comprobación de aquellos coeficientes en proyectos ya formulados. Estas deficiencias fueron subsanándose en ediciones de la regla sucesivas, hasta que una cuarta, presentada recientemente, resuelve el problema en toda su generalidad tratando los problemas relativos a la flexión compuesta, que son los más laboriosos, pudiendo redactarse con su ayuda un proyecto completo. Es, pues, para los proyectistas de obras de esta clase de fábrica, de una gran utilidad, ya que a la economía de tiempo que su uso reporta se une la evitación de los errores materiales que lleva consigo la resolución de ecuaciones complicadas.

La gran aceptación que, sobre todo en Francia e Inglaterra, ha tenido la regla entre los ingenieros especialistas, ha hecho que haya podido reducirse mucho el precio de su fabricación, habiendo sido reconocida su utilidad por el Ministerio de Travaux pu-

blics, recomendando su empleo a los Services des Ponts et Chaussées.

Tiene además la regla logarítmica Rieger la ventaja de poder emplearse en todos los países, con distintas instrucciones para el cálculo del cemento armado y sin distinción de coeficientes, presentándola acompañada de un detallado folleto descriptivo de su empleo.

No es ésta sola; algunas otras se han fabricado y empleado, entre ellas las alemanas de Janesch-Schnell, las del Dr. Lewe; pero sólo resuelven sencillos problemas, como son los correspondientes a vigas de sección rectangular con armadura única sujeta a tracción, mientras la del sistema Rieger no sólo se aplica, como hemos dicho, a todos los problemas para aquella sección, sino también para las de sección en T, o sean los forjados con nervios, determinando además los esfuerzos normales, los cortantes y las flechas que con distintas cargas se producen.

Vamos a describir en líneas generales los procedimientos de cálculo que el manejo de la regla exige, y para ello pueden dividirse los usuales en tres grupos.

### A) Flexión sencilla

a) Dadas las dimensiones de la sección y armadura y el momento flector, determinar los coeficientes de trabajo.

b) Inversa del anterior, o sea determinar las dimensiones de la sección y su armadura, conociendo el momento flector que ha de resistir y los coeficientes límites de trabajo que admitimos.

c) Determinación de esfuerzos cortantes.