



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
de la U. N. L.



ASOCIACION MEXICANA DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICISTAS, A. C.

SEMINARIO DE ING. MECANICA

Ponencia:

**ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE  
LAS MAQUINAS DE  
COMBUSTION INTERNA**

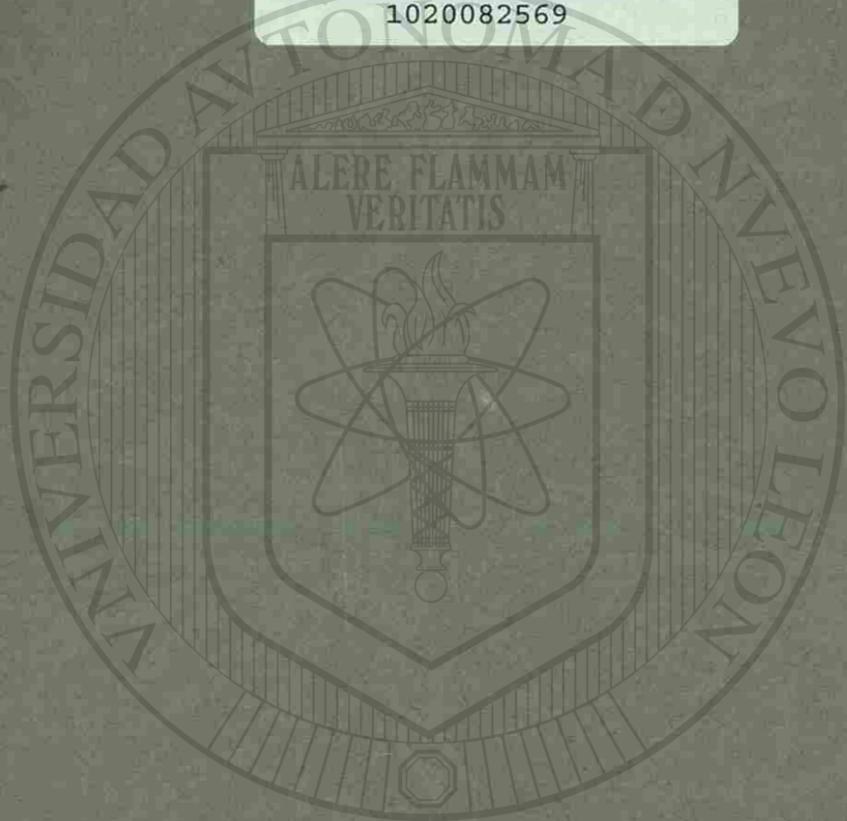
755  
Monterrey, N. L.  
Agosto de 1967.

Presentada por:  
ING. GABINO PEREZ PAGOLA





755



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

31-8-67

27

*[Handwritten signature]*

ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS Y MECÁNICAS A.C.

SEMINARIO DE ING. MECÁNICA

**UANL**

LAS MÁQUINAS DE  
COMBUSTIÓN INTERNA



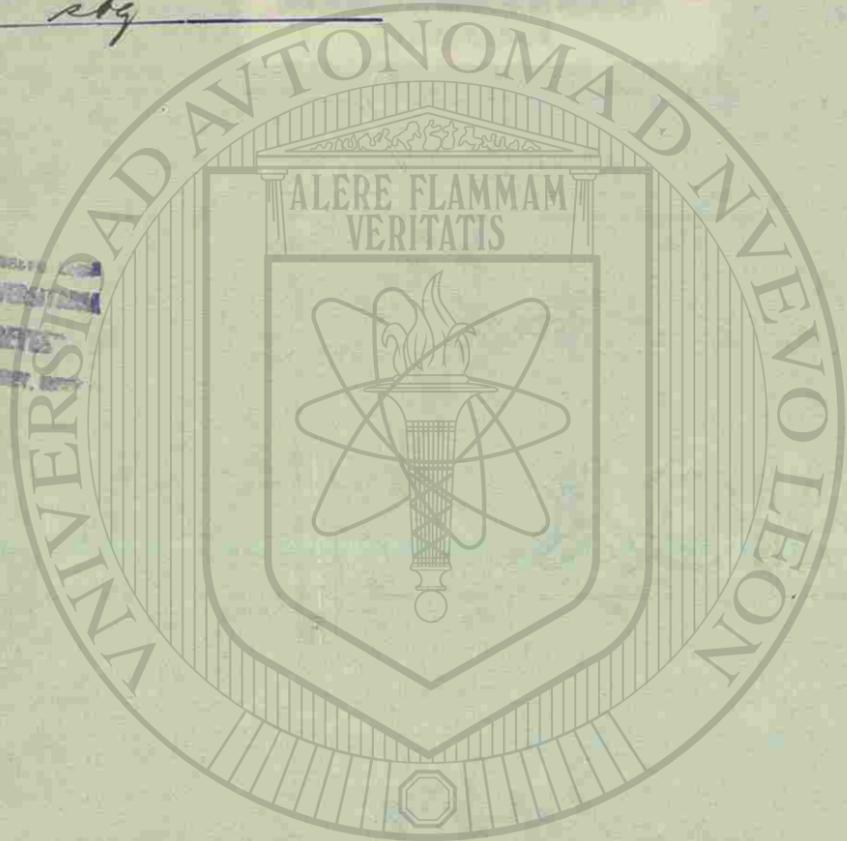
México, N. L. ...  
Agosto de 1967

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
ALFONSO REYES

05458

Núm. Clas 621.43  
 Núm. Autor D 438  
 Núm. Adg. 059358  
 Procedencia -1-  
 Precio \_\_\_\_\_  
 Fecha Abril 1968.  
 Clasificó bcg  
 Catalogó shy

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
 BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
 "ALFONSO REYES"  
 Cdad. Monterrey, N.L.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
 de la U. N. L.



El objeto principal de este trabajo es el de presentar...  
 ASOCIACION MEXICANA DE INGENIEROS MECANICOS Y ELECTRICISTAS, A. C.  
 nería.

El número de estas máquinas aumenta constantemente y sus aplicaciones abarcan prácticamente todas las actividades humanas. Se puede asegurar, sin temor a equivocarse que durante los próximos años...

SEMINARIO DE ING. MECANICA

una máquina de combustión interna a vapor que antes se perfeccionó...  
 como la máquina nuclear y otros.

Ponencia:

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE  
 LAS MAQUINAS DE  
 COMBUSTION INTERNA

- 10.- Breve enumeración de los antecedentes más importantes.
- 20.- Un análisis de la situación actual de las máquinas...

Monterrey, N. L.  
 Agosto de 1967.

Presentada por:  
 ING. GABINO PEREZ PAGOLA

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
 "ALFONSO REYES"



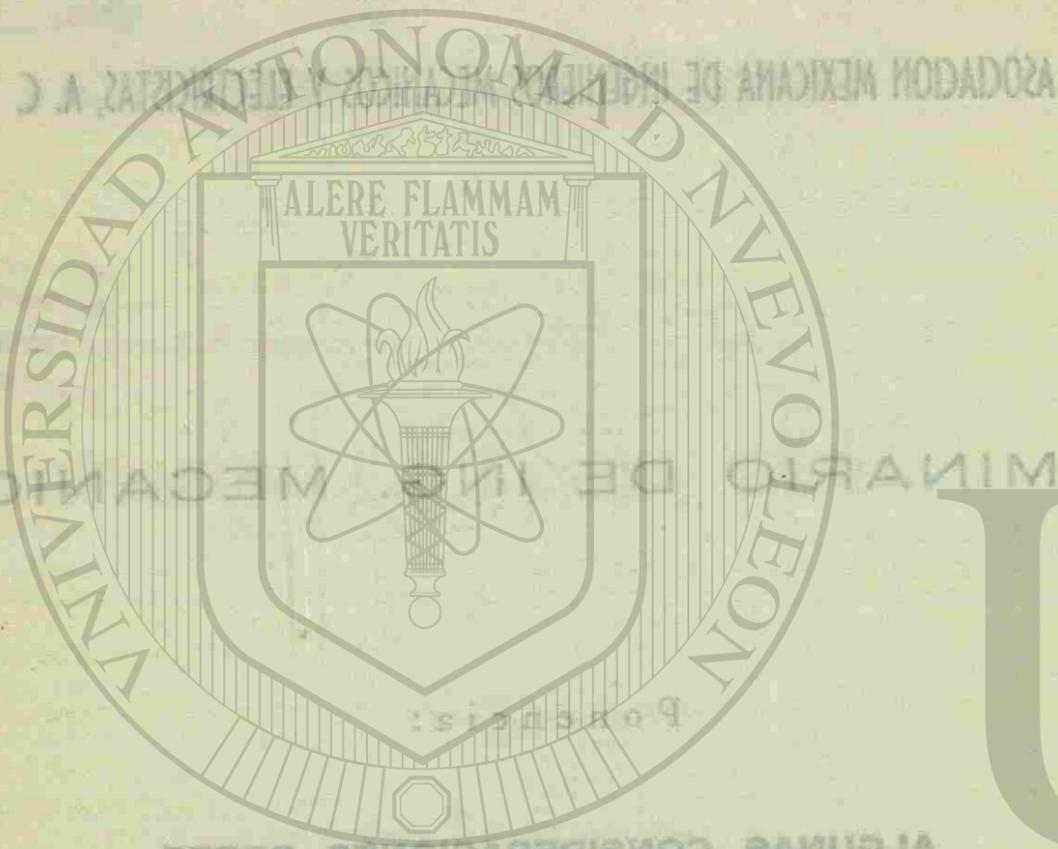
Capilla Alfonsina  
 Biblioteca Universitaria



059358

TJ755  
P4

Facultad de Ingenierías Mecánicas y Eléctricas  
de la U. N. L.



ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE  
LAS MÁQUINAS DE  
COMBUSTIÓN INTERNA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO UNIVERSITARIO

ING. GABINO PEREZ  
Monterrey, N. L.  
Agosto de 1957.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
ALFONSO REYES

10.- Ant ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LAS MAQUINAS DE  
COMBUSTION INTERNA

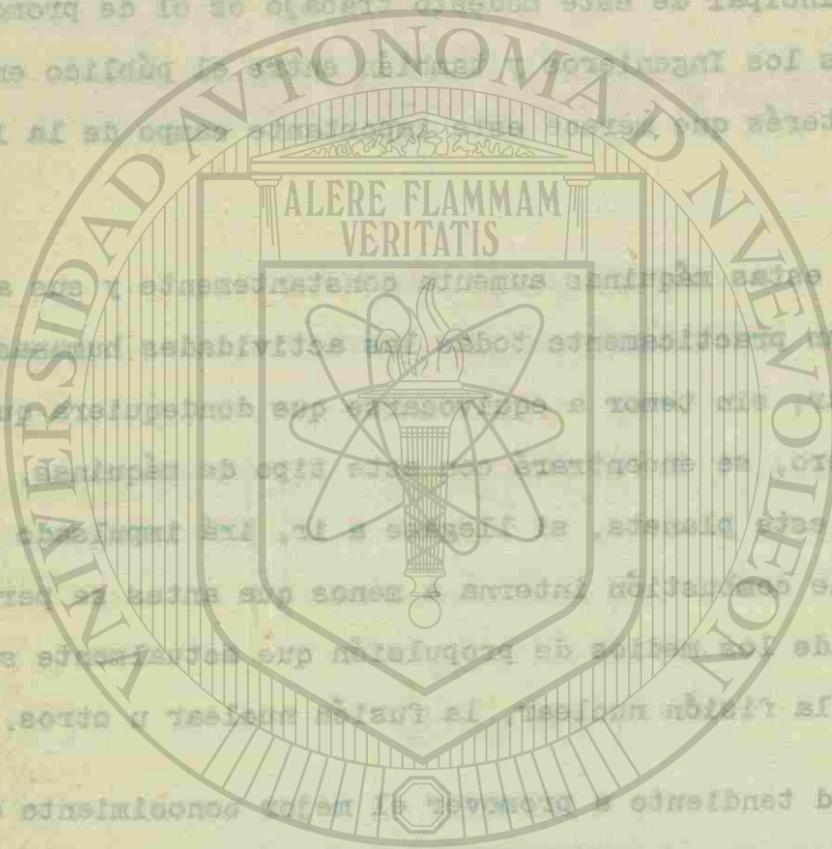
El objeto principal de este modesto trabajo es el de promover--  
entre ustedes los Ingenieros y también entre el público en ge--  
neral, el interés que merece este importante campo de la inge--  
niería.

El número de estas máquinas aumenta constantemente y sus aplica--  
ciones abarcan practicamente todas las actividades humanas. Se  
puede asegurar, sin temor a equivocarse que dondequiera que va--  
ya el ingeniero, se encontrará con este tipo de máquinas, pues--  
aún fuera de este planeta, si llegase a ir, irá impulsado por --  
una máquina de combustión interna a menos que antes se perfec--  
cione alguno de los medios de propulsión que actualmente se vis--  
lumbran como la fisión nuclear, la fusión nuclear u otros.

Toda actividad tendiente a promover el mejor conocimiento de es--  
tas máquinas, necesariamente redundará en una mejor comprensión  
de ellas, y por consecuencia en su mejor utilización.

La exposición que voy a hacer ante ustedes consta de tres par--  
tes:

- 10.- Breve enumeración de los antecedentes más importantes que--  
han conducido a las máquinas actuales.
- 20.- Un análisis de la situación actual de las máquinas de C.I.
- 30.- Se discutirán los conceptos que se consideran determinan--  
tes de las futuras máquinas de combustión interna.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS



10.- Antecedentes:

a).- Los primeros intentos hechos por el hombre para aprovechar la energía térmica o sea para transformar calor en trabajo mecánico datan de 1652 en que Hautefeuille intentó hacer un motor que utilizara pólvora negra como combustible. Huygens y Papin trabajaron también en condiciones similares; éste último fué -- quién, al no lograr éxito con la pólvora, inició los trabajos para la utilización del vapor de agua que -- culminaron en 1767, hace 200 años, cuando James Watt -- realizó su máquina de vapor.

b).- El motor de gasolina se puede considerar que nació -- en 1878; en ese año Otto y Langen presentaron en París el motor que habían construido según el ciclo que años atrás había establecido el Ingeniero francés -- Beau de Rochas.

c).- Otro hecho notable lo constituye el perfeccionamiento del motor de dos tiempos; este proceso abarca un período muy largo, pues la idea del ciclo de dos tiempos es tan antigua como la de cuatro tiempos, pero -- los primeros motores no dieron resultados satisfactorios hasta hace relativamente pocos años, principalmente en motores pequeños en los que todavía no se -- termina de resolver las dificultades.

d).- Desarrollo de las máquinas o generadores de gas de -- émbolos libres que combinadas con turbina, permiten --

expandar los gases hasta la presión atmosférica. Con excepción de estas máquinas mixtas y las turbinas de gas, todas las otras máquinas de combustión interna desarrollan ciclos Otto ó Diesel, cuya expansión es incompleta, pues está limitada por el volumen del cilindro.

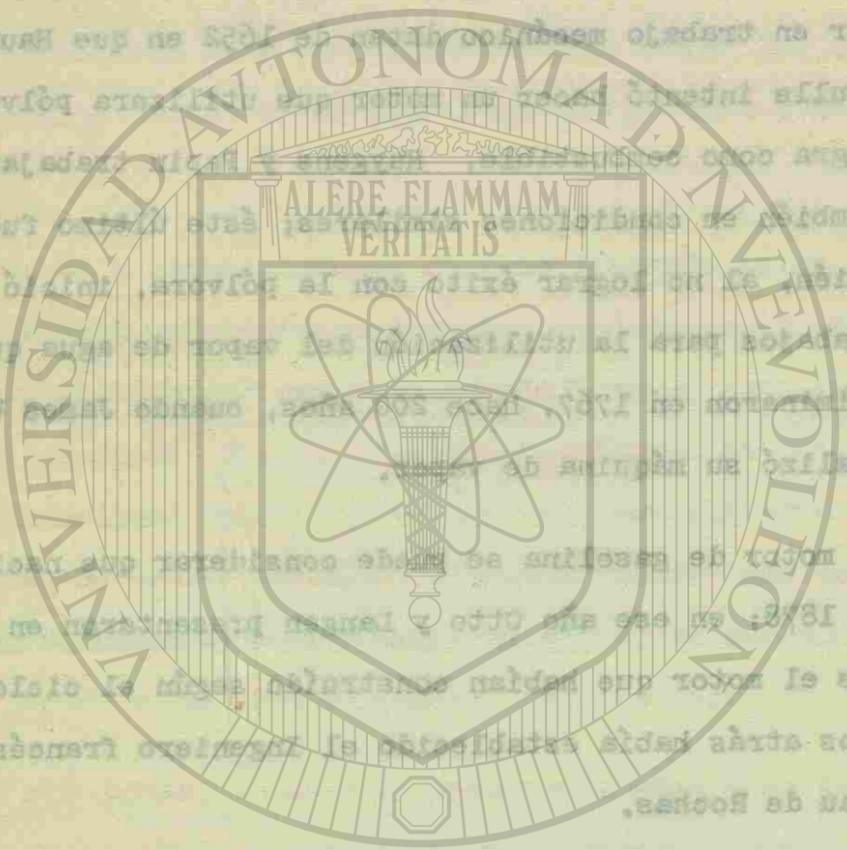
Es fácil observar que el desarrollo de estas máquinas se ha efectuado en su mayor parte dentro de la época de las máquinas reciprocantes de vapor y tienen muchas de sus características, las cuales más adelante se detallan.

El desarrollo de las máquinas de C. I. se presta admirablemente para hacer aquí algunos comentarios que resuelven una inquietante interrogación que a menudo se formulan los jóvenes:

¿Qué es primero, la teoría o la práctica?

En el estado de adelanto técnico en que nos encontramos no resulta fácil contestar y a ello se debe que este tema se preste para frecuentes discusiones. La respuesta correcta es sin duda la siguiente:

En un principio no existía técnica ni menos teoría; la técnica empieza en el instante mismo en que el hombre hace algo. El progreso técnico fue muy lento durante siglos; el primer paso importante dado por el hombre en el camino de la técnica, fué sin duda el uso de los metales; la edad de piedra, es decir la barbarie, termina en ese momento,



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

el cual marca también el principio de la civilización. --  
 Así pues, la práctica fué mucho antes que la teoría; las --  
 primeras construcciones hechas por el hombre fueron hechas  
 en ausencia absoluta de la "Resistencia de Materiales" y --  
 cuando se hicieron las primeras máquinas térmicas ni se so --  
 ñaba con la Fermodinámica y así podrían citarse cuantos --  
 ejemplos se quisieran.

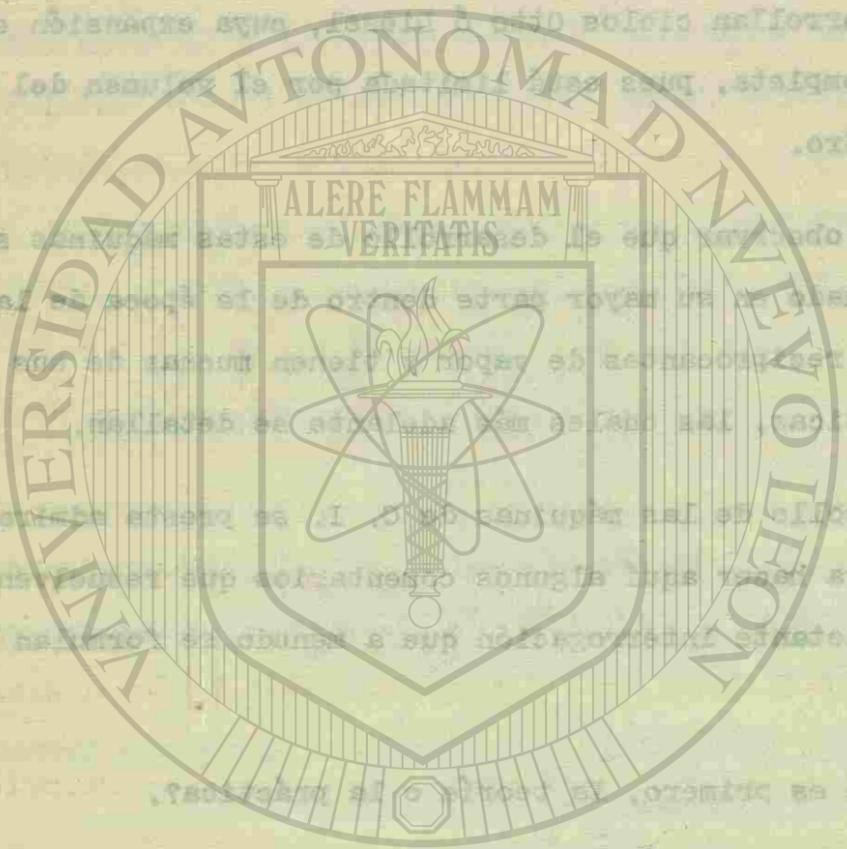
Pero desde el momento en que nació la ciencia y desde el --  
 momento en que el hombre comenzó a acumular experiencias --  
 las cosas han venido cambiando con un ritmo constantemente  
 acelerado y muy pronto, valga la palabra, llegaremos al ex --  
 tremo contrario o sea a un estado de perfeccionamiento téc --  
 nico tal, que ya todo, absolutamente todo lo que se haga --  
 estará basado totalmente en la teoría que es la ciencia.

Mientras tanto, la experiencia va aumentando, el cumulo de  
 conocimientos es cada día mayor y la utilización de la --  
 ciencia, combinada con la experimentación, o sea la inves --  
 tigación, precede a casi todo proyecto de inovación.

El presentar ante ustedes las máquinas de combustión inter --  
 na de manera que sea evidente la posibilidad de su perfec --  
 cionamiento basado en la teoría, es lo que intento hacer --  
 con estos comentarios.

2o.- Aspecto técnico actual.

Campo de aplicación.- Debido a sus características muy --  
 particulares, las máquinas de combustión interna son utili



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

zadas, como ya se dijo, en todos los campos de actividad humana: En la industria para la generación de energía eléctrica o directamente como motrices; en la agricultura, en la construcción, en toda clase de transportes por tierra, mar y aire, en los deportes; en la paz y en la guerra.

Las principales características que dan verastilidad a estas máquinas son las siguientes:

- 1.- Son autónomas por excelencia; son las máquinas que permiten al hombre ir a donde él quiera.
- 2.- Son ligeras; su poco peso por unidad de potencia ha permitido volar transportando cargas considerables.
- 3.- Tienen buena eficiencia térmica que fluctúa alrededor de 18% para los motores de gasolina, de 32 a 35% los motores diesel y 40% las máquinas mixtas formadas por un generador de gas de émbolos libres y turbina de gas; Las turbinas de gas están actualmente en franco-período de desarrollo y tienen todavía eficiencias comparables a los motores de gasolina, a pesar de su alta eficiencia mecánica; esto se debe a que tienen muy baja relación de compresión.
- 4.- Las máquinas de combustión interna son las únicas que pueden utilizar el calor a tan altas temperaturas como  $2200^{\circ}\text{C}$  ( $4000^{\circ}\text{F}$ ) en el ciclo Otto y  $1650^{\circ}\text{C}$  ( $3000^{\circ}\text{F}$ ) en el Diesel. Esta es la principal razón de que su eficiencia térmica sea mayor que la de las máquinas

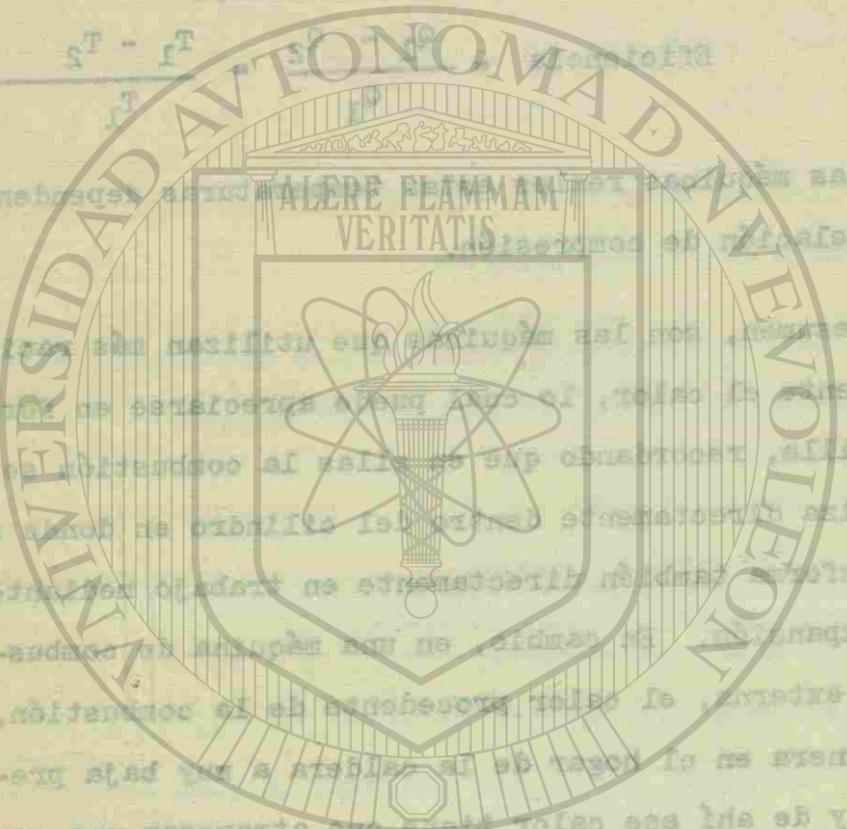


El estado actual de las máquinas de C. I. tiene además otros aspectos interesantes que conviene considerar:

Las máquinas rotativas.- Desde la aparición del motor Wankel el público ha demostrado mucho interés en este tipo de motores, de los cuales hay actualmente varios modelos.- Por lo que respecta al Wankel puede decirse que tiene ciertas ventajas como son: menor peso por caballo y ser más compacto, pero en cambio tiene una cámara de combustión de forma poco adecuada y los esfuerzos en el eje y las chumaceras son mayores de lo normal. Varias compañías están trabajando en la solución de los problemas que todavía no han permitido la producción en serie. Desde un punto de vista teórico, todos los motores rotativos tienen un denominador común y es que todos desarrollan un ciclo Otto, que como ya se dijo, es un ciclo con expansión incompleta y que utiliza un combustible caro. Ninguno de estos motores trabaja con ciclo diesel (que sería también de expansión incompleta), a pesar de que se han logrado progresos considerables en lo que respecta al sellado entre el rotor y la caja.

En general puede decirse que la mayor parte de las mejoras que se han logrado en los motores, durante los últimos años son "de forma", pues son modificaciones de los mecanismos, pero no son de fondo.

Precisamente, uno de los aspectos que más interesa analizar es el relativo a los adelantos logrados recientemente,

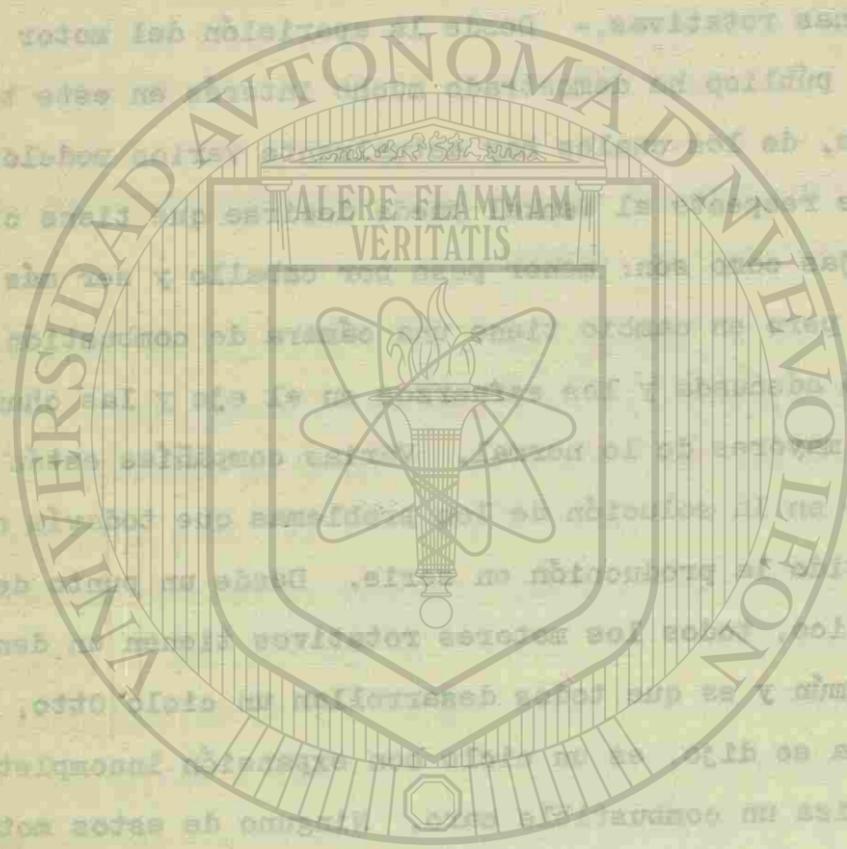


pues se reducen a eso, modificaciones de forma, pero muy poco se hace en lo relativo a los ciclos de trabajo, a los materiales o a la velocidad, como se verá más adelante.

En los automóviles, y seguramente por motivos puramente comerciales, se ha aumentado la relación de compresión hasta 11 a 1, lo cual obliga a quemar un combustible más caro; el aumento de eficiencia térmica que se obtiene es del orden de 2% y en cambio el aumento de precio del combustible es de 25%.

Escape.- En lo relativo a los productos de la combustión que salen por el escape se nota en el público cierta desorientación. Conviene recordar que los motores de gasolina arrojan por el escape un promedio de 7.4% de monóxido de carbono (CO) en volumen; el motor diesel produce un promedio de 0.6% de CO y el gas, quemado en los motores produce 3.62% de CO. Además es necesario recordar también que por cada vehículo con motor diesel hay unos 40 o 50 vehículos con motor de gasolina. Estos hechos son los que actualmente sirven de base para la legislación relativa a combatir la contaminación de la atmósfera.

Ciertamente el humo de los motores diesel es molesto y de aspecto desagradable pero no perjudica a la salud y además es perfectamente evitable sin necesidad de cambiar el combustible; bastaría con usar solamente combustible filtrado y darle al equipo de inyección su mantenimiento correspondiente; en otros países se obliga a los vendedores a fil-



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

050888

trar el combustible diesel antes de venderlo. Que no es necesario cambiar el combustible para evitar el humo, puede comprobarse fácilmente observando que de varios motores quemando el mismo combustible de bajo número cetano, unos echan humo y otros no.

Fabricación.- Ya se mencionó antes que en lo que respecta a la fabricación de motores se ha progresado poco durante los últimos años. Esto se debe en primer lugar a razones comerciales; si el público compra sin reparos automóviles o camiones con los ya tradicionales motores reciprocan-tes con mecanismo biela-manivela, de 4 tiempos, bastidor o monobloque de fierro fundido, enfriados por agua, etc. etc., esos se seguirán fabricando.

El público casi en todos los países es conservador, prefiere malo por conocido que bueno por conocer, y ese espíritu conservador de la gente, el comercialismo inevitable de los fabricantes y la ignorancia, son los factores principales del estancamiento en que se encuentra el campo de los motores.

En México la ley impide a particulares o empresas generar su propia energía eléctrica y ese es quizá el motivo principal de que la rama de las plantas diesel industriales se encuentre totalmente abandonado tanto por los fabricantes de motores, como por las Universidades; las clases de máquinas térmicas se especializan en máquinas de vapor y se da poca importancia a las máquinas de C.I. en los progra-

mas de estudios, en el equipo de laboratorio y en la investigación, sin considerar que a la corta o a la larga éstas máquinas no solamente predominarán en los tamaños que pudieran llamar pequeños, sino también en las unidades en que actualmente domina el vapor y en las más grandes que se -- construirán. Nuestros Ingenieros actuales tienen que estar preparados para las futuras máquinas térmicas que muy pronto aparecerán como consecuencia del mejor conocimiento de los principios básicos y de los nuevos combustibles que se utilicen.

En Estados Unidos existen desde hace unos 20 años los llamados sistemas REA (Rural Electrification Administration) que consisten en que grupos de ciudades instalan sus propias Plantas eléctricas municipales y se conectan entre sí, de manera que sus líneas de transmisión son cortas y no necesitan equipo de emergencia ya que cada ciudad instala -- una Planta con suficiente margen para futuro aumento de -- consumo; tienen bien planeado su mantenimiento preventivo y en caso de emergencia por paro accidental de una Planta, las otras suministran la fuerza eléctrica necesaria.

Otra tendencia que ha empezado a desarrollarse también en Estados Unidos es la de instalar en fábricas, en comercios grandes, en hospitales, etc., lo que ellos llaman Sistemas de Energía Total (TES) que consiste en instalar su propia Planta eléctrica diesel, utilizando, además de la corriente generada, parte del calor del escape para sistemas de --

refrigeración por absorción o para generar vapor de baja presión; también utilizan el calor del sistema de enfriamiento del motor para calefacción o para precalentar el agua de la caldera de escape.

La Literatura.- Antes de terminar con las consideraciones relativas al estado actual de las máquinas de C.I., falta mencionar que también la literatura sobre este tipo de máquinas, parece haberse quedado estacionaria; no hay libros que pudieramos llamar nuevos, solo reimpresiones de ediciones que datan de varios años atrás y algunas traducciones a las que cuando mucho se les añade algún capítulo sobre los últimos adelantos y éstos, como ya se dijo, se reducen a cambios en la forma o disposición de los cilindros, o de toda la máquina, pero los ciclos siguen siendo los mismos; prácticamente la literatura está también estacionada.

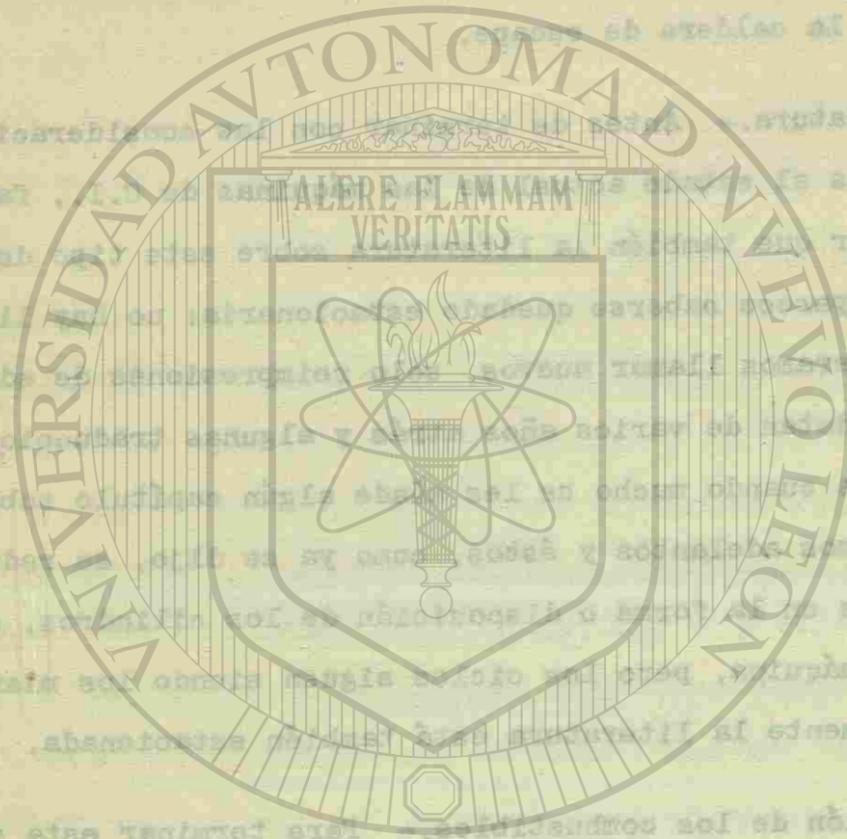
Utilización de los combustibles.- Para terminar esta serie de consideraciones sobre el estado actual de las máquinas de C. I. es importante considerar lo relativo a la óptima utilización de los combustibles o mejor dicho, del calor generado por la combustión. Observando el funcionamiento de las máquinas (las de combustión interna y las de combustión externa), tal parece que la única preocupación ha sido hasta ahora la de utilizar la mayor parte posible de dicho calor generado pero se deja totalmente fuera lo que concierne a la velocidad de combustión, siendo que esa

velocidad es tan importante, desde el punto de vista de la potencia, como la cantidad de calor desarrollada. El calor es trabajo, (1 kilocaloría es igual a 427 kilogramos--metro), pero el trabajo dividido entre el tiempo es la potencia.

$$\text{Potencia} = \frac{F \times L}{t}$$

Logicamente la forma más ventajosa de utilizar los combustibles resulta ser aquella en que se aproveche la máxima cantidad de calor en el menor tiempo posible, lo cual implica que es indispensable investigar la máxima velocidad de combustión de cada combustible; quizá el fenómeno tan "perjudicial" de las gasolinas según las prácticas actuales, la detonación, resulte su propiedad más valiosa. La detonación del gas ya se utiliza, aunque no en las máquinas de C.I., sino en los quemadores de hornos, pues en esas aplicaciones se busca, regulando la cantidad de gas, la del aire o ambas a la vez, que los quemadores empiecen a zumbir, con objeto de obtener la mayor temperatura de combustión; el zumbido es una serie de pequeñas detonaciones.

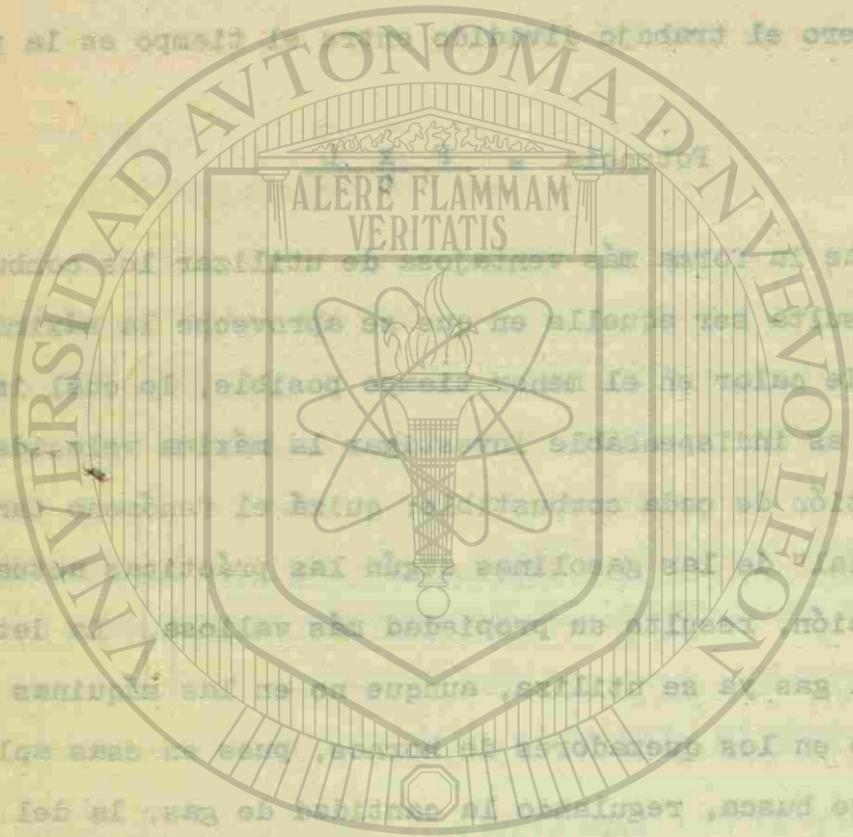
En las máquinas de C.I. todavía no se ha investigado cuales el número máximo de ciclos por minuto a que se puede llegar; esto se debe seguramente a la presencia del mecanismo biela-manivela que es en resumidas cuentas, el que limita tanto a la relación de compresión como la velocidad máxima. En las máquinas reciprocantes sin biela-manivela, el número de ciclos por minuto queda limitado por la fre--



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

velocidad es tan importante, desde el punto de vista de la potencia, como la cantidad de calor desarrollado. El calor en trabajo, el calor que es igual a  $W \cdot t$  (energía en joules), pero el tiempo es la potencia.



En las máquinas de C.I. todavía no se ha investigado cuál es el número máximo de ciclos por minuto a que se puede llegar. Esto depende de la construcción de la máquina y del combustible que se utiliza. En las máquinas de C.I. el límite de velocidad depende de la relación de compresión como la velocidad máxima. En las máquinas de C.I. el límite de velocidad depende del combustible que se utiliza. En las máquinas de C.I. el límite de velocidad depende del combustible que se utiliza.

En las turbinas de gas tampoco se utiliza la máxima velocidad porque la combustión es continua y además se efectúa a baja presión. En las máquinas de C.I. el límite de velocidad depende de la relación de compresión como la velocidad máxima. En las máquinas de C.I. el límite de velocidad depende del combustible que se utiliza.

En las máquinas reciprocantes con biela-manivela de cuatro tiempos, de gasolina y de pequeñas dimensiones, se ha llegado a 18,000 R.P.M. Esto se refiere a una motocicleta de carrera marca "Honda" construida en Japón en 1961 y que ganó un campeonato mundial. Esta motocicleta tenía un motor de gasolina de cuatro tiempos y cuatro cilindros de 1.73" de diámetro por 1.61" de carrera (44 mm. x 41 mm.). Por lo que se refiere a motores diesel, se ha podido comprobar que un motor de cuatro tiempos puede llegar a velocidades de más de 20,000 R.P.M., aunque el hecho se observó en un solo caso y durante un período de tiempo de unos cuantos minutos, pues fué causado por una avería en el gobernador, debido a lo cual el motor se desbocó llegando a desgajar el rotor del generador y el volante de fierro fundido, por la fuerza centrífuga. El cálculo de las revoluciones necesarias para romper el volante, dió más de 20,000 R.P.M. Como se vé, es muy importante la investigación de los combustibles en cuanto a su velocidad máxima de combustión y en cuanto a la cantidad de calor desarrollado, el cual varía con la presión y la temperatura.

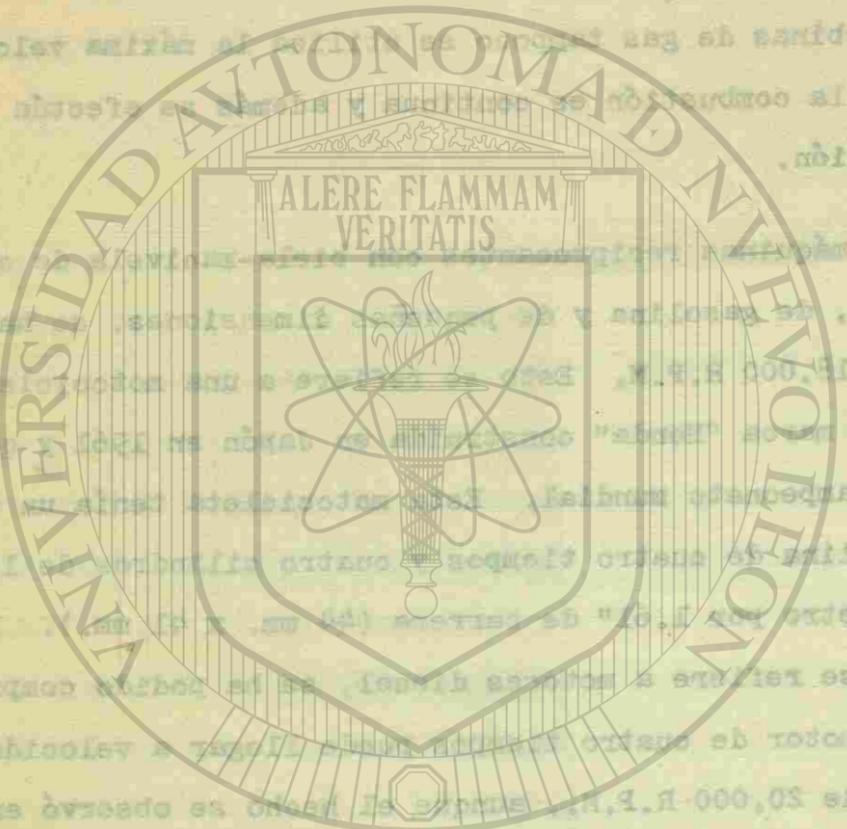
30.- El futuro de las máquinas de C.I.

El futuro de estas máquinas queda hasta cierto punto definido por las siguientes consideraciones:

I.- Para hacer lo que desea, el hombre dispone sobre la tierra, de dos elementos: Energía y materia. La energía-disponible está casi totalmente en forma de calor ya sea que proceda de una combustión o de reacciones nucleares; de aquí proviene la importancia de las máquinas térmicas.- La materia está constituida por los elementos químicos y de éstos cuando menos el 75% son metales, de aquí su importancia y también porque sus propiedades físicas y químicas han sido siempre las más útiles para el hombre.

II.- El reconocimiento de que son las propiedades del combustible las que determinan como ha de ser el motor, pero no simplemente las propiedades físicas y químicas que tradicionalmente se han considerado como son el poder calorífico, el punto de inflamación, (flash point), el punto de fluidez (pour point), el calor Conradson, las cenizas, etc., sino principalmente las propiedades que pudieran llamarse de ingeniería, las cuales serían más o menos éstas:

- 1.- Combustibles líquidos volátiles (gasolinas)
  - a) Se mezclan fácilmente con el aire, para lo cual no se requiere más que un simple carburador.
  - b) Su relación aire-combustible solo puede variar entre límites muy estrechos, aproximadamente entre 90%-



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

y 110% del aire teórico. Las mezclas más pobres o más ricas prenden con dificultad o no prenden; a esto se debe -- que el motor de gasolina esté expuesto a "ahogarse" y esta característica también es la que obliga a construir los -- carburadores con dos secciones, la de baja y la de alta.

c) No se auto encienden, necesitando por lo tanto de al---gún medio de encendido como la chispa eléctrica. Algunas veces ocurre que los motores de automóvil siguen trabajando después de haber cortado el encendido; eso se debe a -- que en algún punto de la cámara de combustión se encuentra alguna chispa o carbón encendido.

d) Su inflamabilidad disminuye al aumentar la presión, pero al llegar a una presión que depende del número octano, -- detonan o sea que tienen una combustión violenta. Si se -- aumenta más la presión, estos combustibles ya no encienden; por ejemplo si a un motor diesel que se encuentre trabajando, se le cambia el combustible diesel por gasolina, el motor se para. Su relación de compresión queda limitada por el número octano.

e) Su combustión produce alrededor de 7.4% en volumen, de monóxido de carbono (CO) que es tóxico, aunque no produce humo.

f) No tienen propiedades lubricantes.

2.- Combustibles líquidos no volátiles o aceites pesados.

a) Se mezclan difícilmente con el aire por lo que requie--

ren sistemas de inyección y pulverización de precisión y -  
costosos.

b) Su relación aire-combustible puede variar tanto como se  
quiera. Esto permite usar tanto exceso de aire como sea -  
necesario para obtener en el escape la temperatura que más  
convenga con objeto de utilizar los gases del escape en --  
una turbina. En el caso de tener poco aire y mucho com---  
bustible solo se quemará la parte de combustible correspon  
diente al oxígeno presente.

c) Se auto-encienden a una cierta relación de compresión -  
(relación crítica de compresión) que depende del número ce  
tano.

d) Su inflamabilidad aumenta indefinidamente con la pre---  
sión; en los motores diesel la relación de compresión está  
limitada solamente por el aumento de pérdidas mecánicas y  
por el aumento de peso del motor, pues a mayor presión de  
compresión se requiere cilindros de mayor espesor, bielas-  
más robustas, cigüeñal más grueso, chumaceras más grandes-  
etc. etc. Las máquinas reciprocantes sin biela-manivela -  
tienen la ventaja, desde este punto de vista, de que pueden  
trabajar a mayores relaciones de compresión ya que el au-  
mento de peso es relativamente pequeño.

Este aspecto de los aceites pesados y la detonación de las  
gasolinas, constituyen sin duda los más interesantes cam--  
pos de investigación.

e) Su combustión produce un 0.6% de monóxido de carbono en volumen, pero requieren mucho cuidado en el filtrado del combustible para que no echen humo. El equipo de inyección tiene larga vida, por lo que rara vez es el causante del humo, en cambio, si el combustible contiene partículas sólidas, aún las que por su tamaño no se pueden ver, éstas originan que las bombas trabajen defectuosamente y los inyectores no pulverizen debidamente el combustible, las partículas inyectadas son relativamente grandes y no se alcanzan a quemar, produciéndose el molesto humo.

f) Sí tienen propiedades lubricantes, lo cual contribuye a aumentar la vida de los motores.

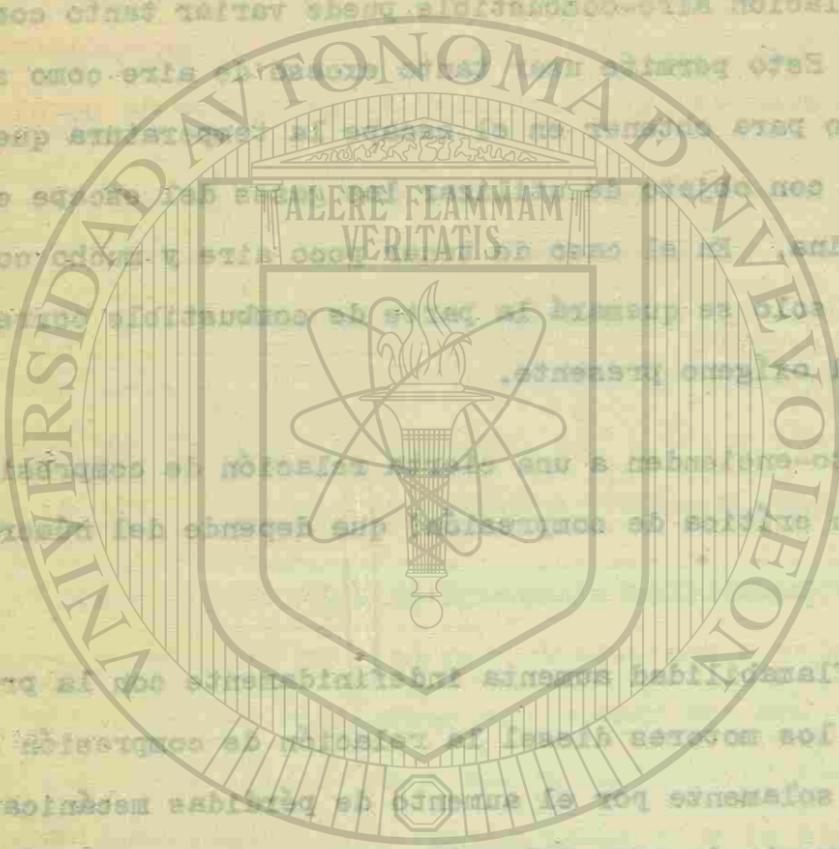
3.- Combustibles gaseosos.

a) Se mezclan fácilmente con el aire.  
 b) Su relación aire-combustible puede variar ampliamente, pero a una cierta proporción y temperatura, detonan como ya se dijo:

c) No se auto-encienden, necesitando, como las gasolinas de un medio de encendido. Conviene observar que esta característica es más bien una ventaja dentro de ciertos límites.

d) Su inflamabilidad parece ser que se mantiene constante, pues no tiene efectos apreciables en los motores actuales.

e) Su combustión en las máquinas produce aproximadamente -



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.62% de monóxido de carbono.

f) No tienen propiedades lubricantes y no dejan cenizas ni residuos.

Fácilmente se ve que los gases (hidrocarburos gaseosos) tienen grandes ventajas en el campo de las máquinas actuales: se mezclan fácilmente con el aire en un simple carburador y como no se auto-encienden permiten ser utilizados con alta relación de compresión, tan bien como con baja; tienen las ventajas de las gasolinas y las del diesel, no requiriendo más que un medio de encendido que puede ser una chispa eléctrica o una carga piloto de combustible diesel. Un motor diesel quemando gas, lo cual es un caso muy común, deja de ser diesel propiamente hablando, pues desarrolla el más ventajoso de los ciclos de expansión reducida, que es el ciclo Otto con alta compresión; en esas condiciones resultan ser los combustibles más ventajosos.

III.- Considerar que la relación de compresión es el factor más importante de la eficiencia de las máquinas de C.I., como corolario del principio de Carnot, según el cual

$$\text{Eficiencia} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \text{ o bien}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

Como se ve, este principio no está relacionado con la velocidad de combustión, pero es importante observar que con la misma cantidad de combustible por ciclo, es decir, con la misma cantidad

de calor, puede aumentarse la eficiencia aumentando la relación de compresión con lo cual aumenta la temperatura  $T_1$ , o sea el salto  $T_1 - T_2$ , ya que la temperatura final permanece constante.

IV.- El principio de la velocidad de combustión. Como ya se dijo, la velocidad es uno de los dos factores de la potencia (Potencia =  $\frac{F \times L}{t} = F \times V$ ). Si no nos conformamos con extraer, valga la palabra, la máxima cantidad de calor de un combustible, sino que además se lo extraemos en el menor tiempo posible, habremos logrado obtener la potencia máxima, lo cual es más importante que lo primero; el objetivo que con más ahínco se persigue, desde se empezaron a construir máquinas térmicas, es el de lograr la mayor potencia con el menor peso de la máquina.

En el terreno de las máquinas de C.I., o sea en el terreno de las máquinas autónomas que abarca toda clase de transportes terrestres, marítimos y aéreos, en la industria, en los deportes, en la guerra, etc. etc., prácticamente en toda actividad humana, a toda costa, se persigue obtener la máxima potencia con el menor peso y menor volumen de la máquina.

Ahora bien, a mayor velocidad de combustión corresponden mayores temperaturas y presiones; a medida que la temperatura aumenta, la reacción de combustión es menos completa, esto significa que momentaneamente, en el instante de mayor presión y temperatura se tendrá una combustión imperfecta, pero tan pronto como empieza la expansión de los gases, progresará la reacción de combustión y al finalizar el ciclo la cantidad de calor generada -

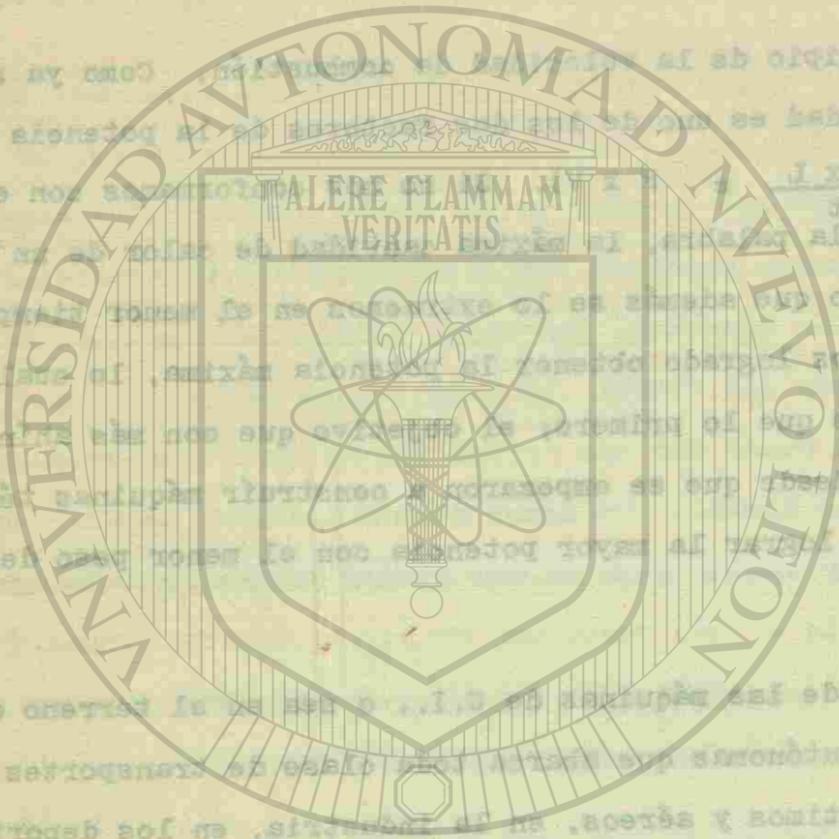
será practicamente la misma que se obtiene con las máquinas actuales.

Para soportar esas mayores temperaturas y presiones será necesario utilizar las mejores aleaciones de que se disponga actualmente y aquí es donde aparece una verdad que conviene tener siempre presente: "Son los metales los que dicen hasta donde se puede llegar " o en forma más dramática: "Las más altas aspiraciones del hombre solamente se realizan hasta donde los metales lo permiten".

En las máquinas actuales ni se utiliza la máxima velocidad de combustión ni las aleaciones más apropiadas y en general no se utilizan otros muchos adelantos técnicos que ya se han logrado; se encuentran todavía dentro de la técnica de las máquinas reciprocantes de vapor, y hasta cierto punto es lógico que así suceda puesto que se han desarrollado simultaneamente, pero las máquinas reciprocantes de vapor hace tiempo que pasaron a la historia y en cambio los motres permanecen. Como ya se dijo, aún los motores rotativos que tanto han llamado la atención del público, no pueden considerarse que han superado esta técnica de la máquina de vapor, ya que siguen trabajando con ciclos de expansión incompleta.

La técnica de la máquina de vapor cuyo origen es el mismo que el de las máquinas térmicas, se puede más o menos definir así:

- a).- Máquinas pesadas con bastidor o mono-bloque de hierro fundido.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

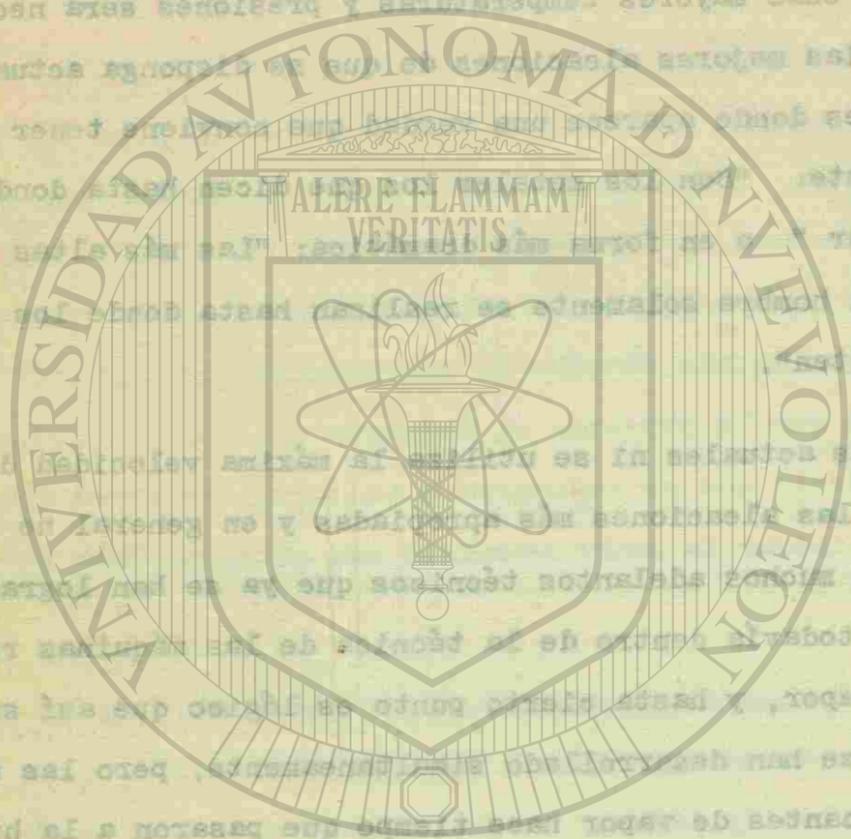
DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

- b).- Enfriamiento indirecto (con agua).
- c).- Bajas temperaturas y presiones.
- d).- Bajas velocidades.
- e).- Sellado de las cámaras de combustión por anillos o por empaquetaduras.
- f).- Lubricación a base de aceites y grasas.
- g).- El mecanismo biela-manivela.

Conclusión:

De las consideraciones anteriores, que son solamente las más importantes, siguiendo la forma en que se han venido desarrollando las máquinas de combustión interna y tomando en cuenta los adelantos logrados en Metalurgia y en las turbinas de gas, pueden establecerse cuales serán las principales características de las máquinas futuras que permitirán obtener mayores potencias por unidad de peso.

- I.- Alta relación de compresión y expansión de los gases hasta la presión atmosférica.
- II.- Máxima velocidad de combustión y máximo número de ciclos por minuto.
- III.- Enfriamiento directo o sea por medio de aire.
- IV.- Tendrán que fabricarse con aleaciones especiales tanto para resistir las presiones y las temperaturas, como para permitir ser lubricadas, por lo menos en las partes críticas, por me



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

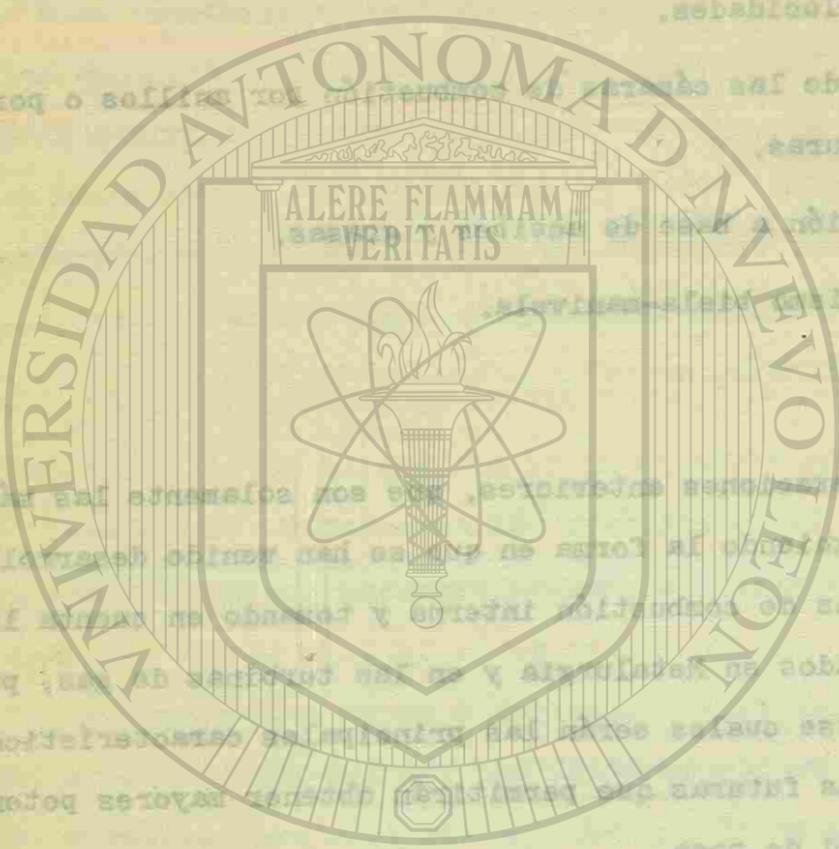
dio de gases.

V.- No tendrán anillos ni empaquetaduras que son la causa principal de las pérdidas por fricción y que resultarán inútiles como consecuencia de las altas velocidades.

VI.- Para poder utilizar la energía en los niveles de alta presión y temperatura, tendrá que usarse seguramente un generador de gas con movimiento recíprocante sin biela-manivela.

VII.- La expansión hasta la presión atmosférica podrá hacerse por medio de toberas o de turbinas.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
FUNDADA EN 1925



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





U A N L

SIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO

CCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

BIBLIOTECA CENTRAL  
U. A. N. L.