



M445
C.2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

**Eficiencia en Motores de Combustión Interna
que utilizan Gas Pobre**



TESIS DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

Freddy E. Matute Franco

Guayaquil - Ecuador

1991

AGRADECIMIENTO

Al Ing. JORGE DUQUE, por su
acertada dirección y
colaboración para la
realización de este trabajo.

A los profesores de la
Facultad de Ingeniería
Mecánica.

A los encargados de los Lab.
de Fluidos y Conversión de
Energía por su ayuda
desinteresada.

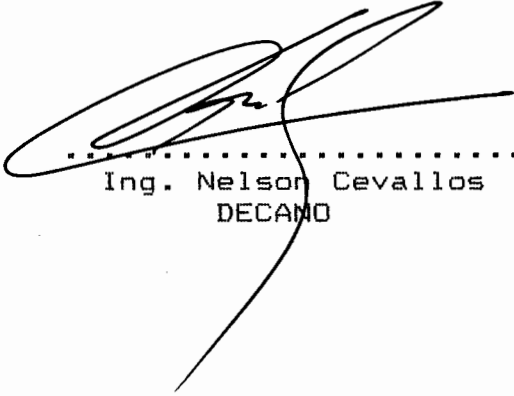
DEDICATORIA

A DIOS

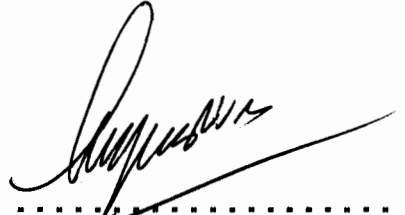
A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI NOVIA



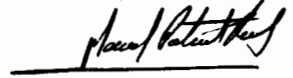
.....
Ing. Nelson Cevallos
DECANO



.....
Ing. Jorge Duque
DIRECTOR TESIS



.....
Ing. Francisco Andrade
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



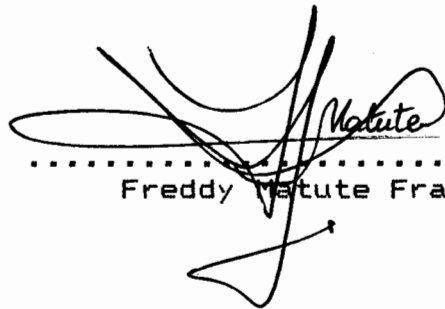
.....
Ing. Mario Patiño
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL " .

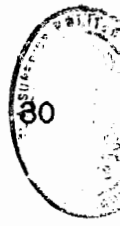
(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



.....
Freddy Natute Franco

INDICE GENERAL

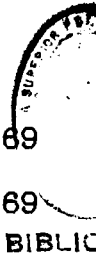
	Pág.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO I	
1. FUNDAMENTACION TEORICA	5
1.1 Funcionamiento de un motor encendido por chísapa.....	5
1.2 Funcionamiento de un motor encendido por compresión.....	7
1.3 Generalidades de un gasificador.....	11
CAPITULO II	
2. DESCRIPCION DEL EQUIPO	18
2.1 Descripción del equipo para pruebas en un motor encendido por chísapa.....	18
2.2 Descripción del equipo para pruebas en un motor encendido por compresión.....	30
CAPITULO III	
3. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS	37
3.1 Pruebas en un motor encendido por chísapa.....	40
3.2 Pruebas en un motor encendido por compresión.....	45



BIBLIOTECA

CAPITULO IV

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES	48
4.1 Curvas operacionales de un motor encendido por chíska operando:	
con gasolina.....	53
con gas pobre.....	59
4.2 Curvas operacionales de un motor encendido por compresión operando:	
con diesel - aire.....	69
con diesel - mezcla aire y gas pobre.....	69



CAPITULO V

5. ANALISIS DE RESULTADOS	95
5.1 Análisis de resultados en motores de encendido por chíska operando:	
normalmente y con gas pobre.....	95
5.2 Análisis de resultados en motores de encendido por compresión operando	
normalmente y con gas pobre.....	98



CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
6.1 Conclusiones y recomendaciones para el motor de encendido por chíska.....	102
6.2 Conclusiones y recomendaciones para	

BIBLI

el motor de encendido por compresión.....	104
APENDICES.....	109
BIBLIOGRAFIA.....	122

RESUMEN

Para realizar el presente trabajo, se usó una planta de gasificación de 5-10Kw de carbón vegetal para producir gas pobre, para utilizarlo como combustible en motores de encendido por chispa y por compresión. Para el caso del motor de encendido por chispa(3.7Kw) a gasolina, esta fué reemplazada en un 100% por el gas, obteniéndose una disminución en la potencia del 40% con una ligera caída de la eficiencia térmica con respecto a cuando el motor opera normalmente(con gasolina).

En lo que respecta al motor de encendido por compresión(3.5Kw) , se permite a más del ingreso del diesel, gas pobre, de tal forma que varía la masa de combustible, y hablando en porcentajes, se tiene que el porcentaje de diesel presente en el nuevo combustible(diesel más gas pobre) es del 10%, cubriendo el 90% restante el gas pobre(referencia 2). Cabe indicar que no estamos diciendo que ahora sólo se permite el ingreso del 10% en masa de diesel del 100% que ingresa cuando el motor opera normalmente, es decir, con sólo diesel como combustible, sino que al permitir el ingreso de gas varía la masa de combustible que ingresa al motor, alcanzándose con esto

los porcentajes indicados anteriormente.

Al operar el motor de encendido por compresión con gas pobre se alcanza un ahorro de combustible(diesel) del 35% al 40% y un aumento del 30% al 35% en la potencia de salida del motor, todo esto con respecto a cuando el motor sólo opera con diesel.



BIBLIOTE



BIBLIOTE

INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte de un proyecto, el cual tiene como objetivo final utilizar gas pobre obtenido a partir de cascarilla de arroz en la operación de un motor de encendido por compresión. Es por esto, que esta tesis realiza como fase preliminar el estudio de la influencia de gas pobre obtenido a partir de carbón vegetal en este tipo de motor ya que a partir de esta biomasa, es más fácil la obtención de gas pobre y de esta forma obtener resultados preliminares que luego servirán como antecedente para cuando se realicen las mismas pruebas, pero obteniendo gas pobre a partir de cascarilla de arroz.

Además, teniendo como precedente los proyectos PI340-08 y PI340-09, los mismos que en su debido orden son " *Diseño de un Sistema de Gasificación que Opera con Carbón Vegetal para 5-10Kw de Potencia y mover una Bomba Autocebante* " y " *Pruebas Experimentales de Gasificación y Operación con Gas Pobre de un Motor de Encendido por Chísapa* ", el presente trabajo tiene también como objetivo, realizar la verificación de los resultados obtenidos en el segundo proyecto mencionado anteriormente de modo que dichos resultados queden asentados como confiables; para esto

también se realizaron pruebas en un motor de encendido por chispa, diferente al motor que se utilizó en el proyecto PI340-09 y luego obtener resultados los mismos que pueden ser comparados con los obtenidos en el mencionado proyecto.



BIBLIO



BIBLIOTECA

CAPITULO I

1. FUNDAMENTACION TEORICA

1.1. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ENCENDIDO POR CHISPA

Para describir el ciclo completo que ocurre dentro de un cilindro de un motor a gasolina , se puede asumir que el pistón se halla en su posición más alta dentro del cilindro(Punto Muerto Superior P.M.S.), y que tanto la válvula de admisión, como la de escape se hallan cerradas; en el momento que el pistón comienza a descender, la válvula de admisión comenzará a abrirse, manteniéndose cerrada la válvula de escape .

Al abrirse la válvula de admisión, permitirá el ingreso de una mezcla compuesta de aire y combustible; la válvula de admisión permanecerá abierta hasta que el pistón llegue a su posición más baja(Punto Muerto Inferior P.M.I.). Esta es la denominada carrera de admisión.

Una vez que el pistón ha llegado al punto muerto

inferior, ambas válvulas(admisión y escape) estarán cerradas, comenzando en este momento la carrera ascendente del pistón hasta comprimir la mezcla y reducirla a un volumen igual al volumen de la llamada " Cámara de Combustión ". A esta parte del ciclo operacional del motor a gasolina, se la denomina carrera de compresión.

Así mismo, en el momento en que el pistón a llegado a su posición más alta y la mezcla se encuentra reducida al volumen de la cámara de combustión, saltará una chispa producida por los electrodos de una bujía que se encuentra ubicada en la parte más alta de la cámara de combustión. Esta chispa al encontrarse con la mezcla aire - combustible(la misma que al encontrarse comprimida se encuentra a elevada presión y temperatura) producirá una explosión, la misma que obligará al pistón a descender, desde el punto muerto superior, hasta el punto muerto inferior. A esta parte del ciclo se conoce como " Carrera de Combustión o Trabajo " .

Cuando el pistón ha llegado al punto muerto inferior y comienza su carrera ascendente hacia su posición más alta, se abrirá la válvula de escape,

permitiendo la salida de los gases(producto de la combustión) hacia el medio ambiente. Esta es la denominada " Carrera de Escape ".

Una vez que el pistón ha llegado a su posición más alta, la válvula de escape se cerrará y la válvula de admisión comenzará a abrirse, comenzando así nuevamente el ciclo.

Cabe indicar que la presión que alcanza la mezcla aire - combustible, al final de la carrera de compresión, es una presión que varía entre 5.5 a 7 kg/cm²(80 a 100 lbf/in²).

En lo que respecta a la relación de compresión(es la relación entre el volumen barrido desde el punto muerto superior al punto muerto inferior, dividido para el volumen al que queda reducida la mezcla), los vehículos modernos poseen relaciones de compresión que varían desde 6:1 a 8:1

1.2. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR ENCENDIDO POR COMPRESION .

Igual que en un motor de encendido por chispa, asumase que el pistón se halla en el punto muerto

superior y que la válvula de admisión y escape se encuentran cerradas.

Cuando el pistón desciende, la válvula de admisión se abre, permitiendo el ingreso del aire, el cual fluirá hacia el interior del cilindro. Esta es la llamada " Carrera de Succión, Inducción o Admisión "; el aire fluye bajo la influencia de la presión atmosférica externa.

Inmediatamente, después de que el pistón llega a su posición más baja, la válvula de admisión se cerrará para que el aire pueda ser comprimido por el pistón, en la llamada "Carrera de Compresión".

Una vez que el pistón ha llegado a su parte más alta, un inyector localizado en el tope del cilindro(cámara de combustión) permitirá el ingreso de combustible(diesel) al interior del cilindro, pero en forma pulverizada y a gran presión. Mientras se esta produciendo la inyección del combustible y luego la combustión, las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas.

Como resultado de la combustión, el pistón es

obligado a descender a la posición más baja en el cilindro. Este movimiento del pistón es lo que produce la llamada " Carrera de Expansión o Potencia ".

Después, el pistón al llegar al punto muerto inferior, la válvula de escape se abre, esto permite una disminución de presión en los gases de escape, los mismos que son expulsados por el pistón cuando el mismo comience su carrera ascendente hacia el punto muerto superior. Este movimiento del pistón da origen a la " Carrera de Escape " que es la carrera donde los gases residuales producto de la combustión son expulsados del cilindro.

Con la carrera de escape, se completa el ciclo operacional de un motor diesel; este es un ciclo repetitivo y será continuo mientras el motor se halle funcionando.

Con este ciclo operacional del motor diesel(4 tiempos), se consigue una carrera de potencia por cada cuatro carreras del pistón, o lo que es lo mismo, dos revoluciones del cigueñal.

La relación de compresión más recomendable para

los motores diesel es 12:1 ; sin embargo, existen motores diesel que alcanzan relaciones de compresión de hasta 21:1 (Referencia 1).

La presión final que alcanza el aire en la carrera de compresión cuando el pistón llega a su posición más alta puede ser de 35 kgf/cm²(500 lbf/in²) o más, con una temperatura no menor de 1000°F(538°C) La presión a la cual es inyectado el diesel alcanza un valor no menor a las 140 kgf/cm²(2000 lbf/in²).

Para la inyección del combustible, se utiliza un tipo especial de bomba denominada " bomba de inyección "; este elemento es el que reemplaza al distribuidor si habláramos de un motor a gasolina. Igual comparación se puede hacer en lo que respecta a la inyección del combustible dentro del cilindro, ya que mientras el motor diesel utiliza un inyector, el motor a gasolina utiliza un elemento denominado " carburador " .

Otra diferencia que existe entre el motor diesel y el motor a gasolina es que mientras el primero utiliza un inyector que es por donde ingresa el diesel al cilindro para de ahí combustionarse al

encontrarse con aire a elevada presión y temperatura, el segundo utiliza una bujía de donde salta una chispa que es la que inflama la mezcla aire-combustible. Así mismo, mientras en la carrera de admisión del motor diesel sólo ingresa aire, en el motor a gasolina se produce el ingreso de una mezcla aire-combustible.

1.3. GENERALIDADES DE UN GASIFICADOR

La gasificación es un proceso que convierte carbón sólido a combustible gaseoso el cual puede ser encendido directamente. Cuatro procesos distintos son los que ocurren en un gasificador:

- .- Secado del combustible
- .- Pirolisis
- .- Combustión
- .- Reducción

Cada proceso puede ser considerado como una zona separada, en la cual ocurren reacciones químicas y térmicas importantes. El combustible pasa a través de todas estas zonas para así completar la gasificación.

Zona de Combustión

La zona de combustión esta situada generalmente, cerca de la base del gasificador. Siempre en la zona de oxidación o combustión existe aire, el mismo que servirá para que se realice la combustión dentro del gasificador.

Dependiendo de la aplicación, el aire necesario para la combustión, puede ser creado por la succión de un motor o por un ventilador(blower).

La reacción química básica que ocurre en la zona de combustión, es la combinación de oxígeno en el aire con carbono desde el combustible, para producir dióxido de carbono que es un gas incombustionable; esta reacción es exotérmica. Normalmente, la zona de combustión se encuentra a una temperatura que esta entre 900°C y 1300°C , pero algunos gasificadores(particularmente los que utilizan cascara de coco como combustible) pueden llegar a temperaturas de hasta 2000°C . Si algún hidrógeno se presenta en la zona de combustión, éste también reaccionará con el oxígeno; esta reacción también es exotérmica y da como resultado vapor de agua.

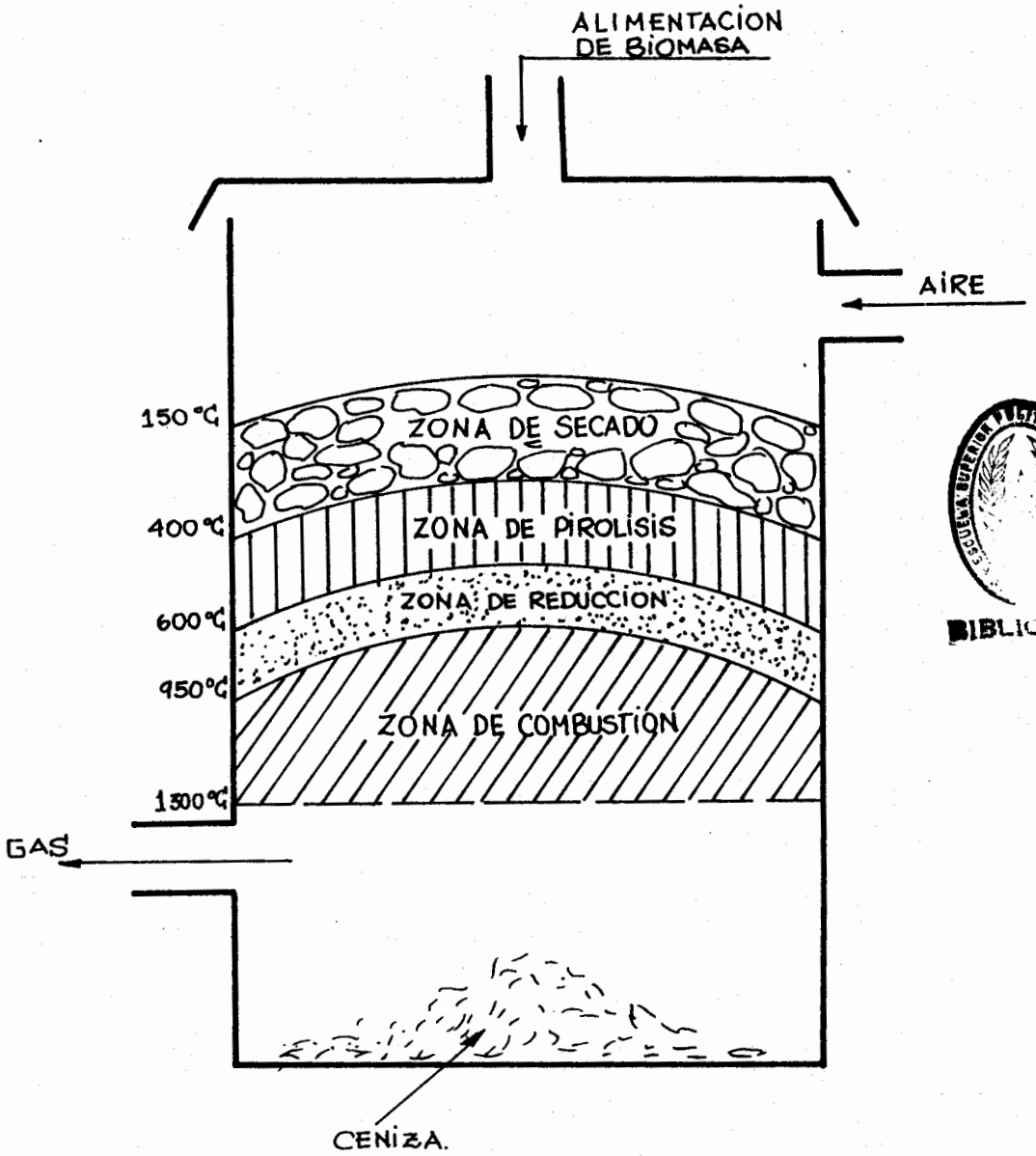


fig 1.1.- Gasificador



Zona de Reducción

De la zona de combustión los gases pasan a la zona de reducción. La zona de reducción esta siempre continua a la zona de combustión, pero - dependiendo de la configuración del gasificador - también puede estar arriba, abajo o a lado de la misma. Aire no es admitido en esta zona, no hay oxígeno y ocurren algunas reacciones; estas reacciones estan referidas a la zona de reducción y la función de esta zona es la de convertir algunos gases incombustionables en productos combustibles.

La principal reacción en la zona de reducción es la que ocurre entre el dióxido de carbono con el carbono caliente para la producción de monóxido de carbono(gas pobre). Este proceso es endotérmico (absorción de calor), y temperaturas de hasta 900°C son requeridas para que ocurra la reacción.

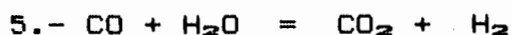
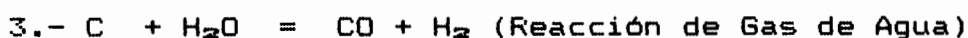
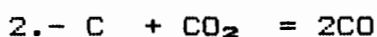
Otra reacción importante que se produce en la zona de combustión, es la que ocurre entre el vapor de agua y el carbono. Esta reacción, la cual también es endotérmica, ocurre solamente a temperaturas por arriba de los 900°C. El agua se disocia y da como resultado monóxido de carbono e hidrógeno;

esta reacción es llamada generalmente como "gas de agua". Siempre ambos productos de la reacción son combustionables y a la vez incrementan el valor calorífico del gas final.

En la fuente de estas reacciones endotérmicas, calor es absorbido desde el gas que ingresa. El exceso de agua que se presenta en la zona de reducción, al reaccionar con el monóxido de carbono produce dióxido de carbono e hidrógeno; esta reacción exotérmica es generalmente desfavorable porque reduce el valor calorífico del gas final.

La mayoría del hidrógeno, es producido en la zona de reducción, sin embargo una porción de éste, puede combinarse con carbono para formar pequeñas cantidades de metano.

Las principales reacciones químicas que ocurren en la zona de combustión y reducción, son las que se mencionan a continuación:





Zona de Pirolisis

La zona de pirolisis esta por arriba de la zonas de combustión y reducción. Una vez que la temperatura llega a alrededor de 400°C, se produce una reacción exotérmica en la cual la estructura natural de la madera u otros materiales orgánicos son usados como combustibles.

Los materiales sólidos permanecen después de la pirolisis como carbono, en forma de carbón. Este material pasa a través del gasificador y es consumido en las zonas de combustión y reducción. Cuando el carbón es usado como combustible, existe una pequeña o no evolución de los productos de la pirolisis.

Si el gas es usado en un motor de combustión interna, es esencial la presencia de un filtro para alquitrán.

Zona de Secado

La zona de secado esta generalmente en la parte

superior del gasificador, por arriba de la zona de pirolisis. Existe en esta zona una temperatura que no es lo suficientemente elevada para producir reacciones químicas, pero algunos compuestos en el combustible están dados en forma de vapor de agua.

Lo que sucede en la zona de secado es lo siguiente:

carbón húmedo + CALOR ----> carbón seco + vapor de agua

CAPITULO II

2. DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo de experimentación utilizado para realizar las pruebas, tanto en el motor encendido por chispa, como en el motor de encendido por compresión, es el mismo diferenciándose sólo en el tipo de motor.

Los elementos que componen el equipo experimental son básicamente:

- .- Banco de pruebas
- .- Planta de gasificación(gasificador)
- .- Mezclador de gas pobre - aire

2.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO PARA PRUEBAS EN EL MOTOR ENCENDIDO POR CHISPA.

Banco de pruebas.

El banco de pruebas esta formado de un motor de combustión interna de encendido por chispa, monocilíndrico de cuatro tiempos, instrumentos de



BIBLIOTECA



medida y un dinamómetro. El banco de pruebas consta de: voltímetro, amperímetro, regulador de carga, medidor de flujo de aire, medidor de combustible, como instrumentos de medida. Como equipo adicional del banco de pruebas del motor, éste posee:

- a.- Dinamómetro
- b.- Motor

a.- Dinamómetro.

El dinamómetro es lo relevante de este equipo, ya que en base a sus características, se puede realizar el montaje del motor (ver figura 2.1).

Características del Dinamómetro

Marca	Plints & Partners Ltd.
Máxima velocidad permitida	3600 RPM
Máxima potencia mecánica absorbida	4 Kw
Máxima potencia de salida	2 Kw
Mínimo consumo potencia del motor	5 Kw
Fusible carga del dinamómetro	20 Amp.
Aislamiento	30 Amp.
Brazo del torque	265 mm.

b.- Motor

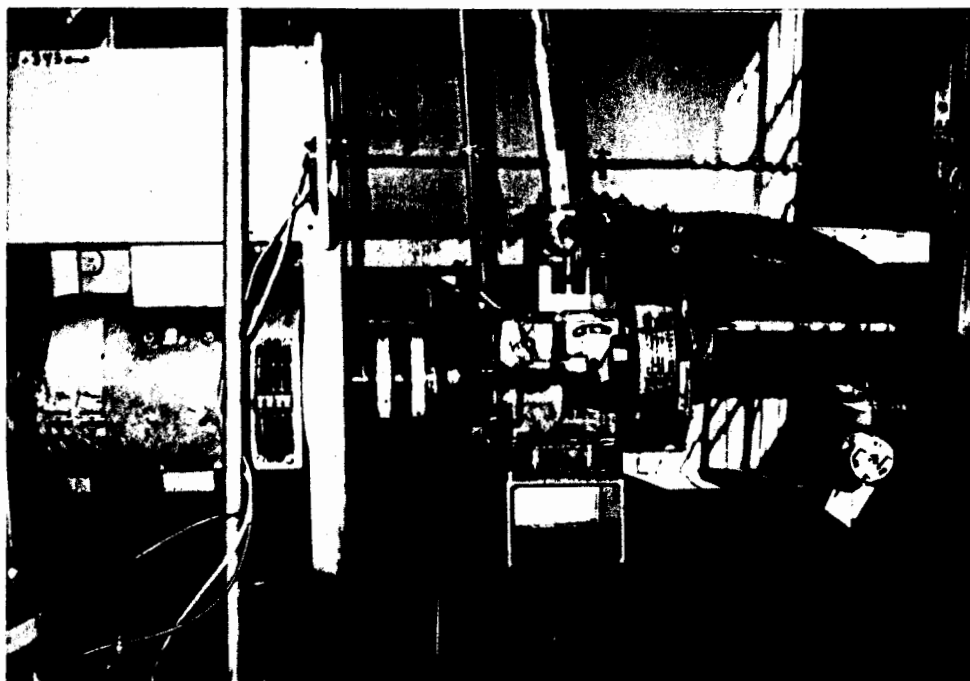


fig 2.1.- Dinamómetro

El motor usado en las pruebas, es monocilíndrico de cuatro tiempos, y posee las características que se mencionan a continuación.

Características del Motor

Marca	Petter Wilab/Plint Variable Compresion
Modelo	LAB0354
Enfriamiento	Agua
Cilindrada	468 cm ³
Diámetro del cilindro	85.0 mm.
Carrera del pistón	82.5 mm.
Velocidad máxima	2500 RPM.
Potencia	3.7 Kw(5.4 HP)

El eje de este motor, es el que va conectado por una brida al eje del dinamómetro, pudiendo de esta forma simular diferentes condiciones y en este caso, la que nos interesa en esta tesis, es decir, simular el comportamiento del motor al de un generador(velocidad constante y a diferentes cargas).

Planta de gasificación

El conjunto generador de gas pobre y sistema de

acondicionamiento del gas se lo denomina " Planta de Producción de Gas Pobre " y esta compuesta de las siguientes partes:

- a.- Gasificador
- b.- Ciclón
- c.- Filtro de mangas
- d.- Intercambiador de calor
- e.- Quemador de gas

A continuación se explicará la función de cada uno de estos elementos.

a.- Gasificador

Elemento donde se coloca el carbón, para luego cuando el carbón pase por las cuatro zonas que posee el gasificador - es decir, zona de secado, de pirolisis, de reducción y zona de combustión - se llegue a la producción de gas, el cual inicialmente(cuando se prende el carbón) a la salida del gasificador, no es aún gas combustionable. El proceso bajo el cual se obtiene gas pobre será explicado más detalladamente en el siguiente capítulo, que trata sobre el procedimiento de prueba.

b.- Ciclón

Elemento de forma cilíndrica y cónica, cuya función es la de extraer el alquitrán y parte de la ceniza que lleva consigo el gas a la salida del gasificador.

Lo que sucede en el ciclón, es que el gas entra tangencialmente al ciclón, esto produce que el gas adquiera una trayectoria de remolino o ciclón, consiguiendo así que el alquitrán por ser más pesado, se deposite en el fondo, mientras que el gas saldrá con poca cantidad de alquitrán y la ceniza en mayor parte que lleva el gas, para luego pasar al filtro de mangas que es el elemento que se explicará a continuación.

c.- Filtro de mangas

La función del filtro de mangas es la de detener la ceniza que se encuentra en el gas; así mismo detiene lo último de alquitrán que no se pudo extraer en el ciclón.

Lo que sucede en el filtro de mangas, es que

cuando el gas proveniente del ciclón ingresa al filtro, éste choca con una tela que se encuentra dispuesta dentro del mismo en forma de acordeón; así la ceniza se queda atrapada en la tela y parte del alquitrán cae por su propio peso. Cabe indicar que la salida del filtro de mangas se encuentra en un nivel inferior con respecto a la entrada al filtro que esta en un nivel más alto.

d.- Intercambiador de calor

La función del intercambiador de calor es la de bajarle la temperatura al gas, ya que el gas mezclado con el aire, al ingresar con una temperatura elevada dentro del cilindro del motor, y a su vez encontrarse con un medio caliente, podría producirse la detonación del gas, sin siquiera existir el salto de la chispa proveniente de la bujía.

El hecho de que se produzca una detonación sin existir chispa, implica que, como hablamos del ingreso del gas al cilindro, la válvula de admisión se encuentra abierta y al producirse la explosión, se produce una contrapresión que

viaia por la tubería por donde llega el gas al motor. Esta contrapresión puede ocasionar una elevación de presión dentro del gasificador, lo que haría que en algún momento explotara; es por esto que se utiliza un intercambiador de calor compuesto de cuatro tubos, los cuales se encuentran aleteados, consiguiendo así disminuir la temperatura del gas hasta un poco más arriba de la temperatura ambiente.

e.- Quemador de gas.

Una vez que sale el gas del gasificador, éste pasa por el ciclón, después al filtro de mangas, luego al intercambiador de calor, para por último llegar al quemador de gas; anteriormente se dijo que el gas que sale inicialmente del gasificador no es gas combustionable, es por esto que existe en la línea del gas, este elemento denominado " Quemador de Gas " .

Este elemento es el que nos permite saber cuando se tiene en la línea gas combustionable que estaría apto para el ingreso al cilindro del motor. Para que el quemador cumpla con su

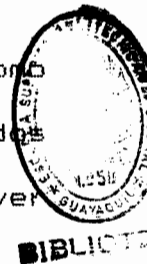
función, cerca a él se encuentran dos válvulas las mismas que tienen dos funciones distintas: la primera válvula es la que permite el ingreso al quemador, mientras que la segunda controla el paso del gas existente en la línea y que va hacia el mezclador de gas.

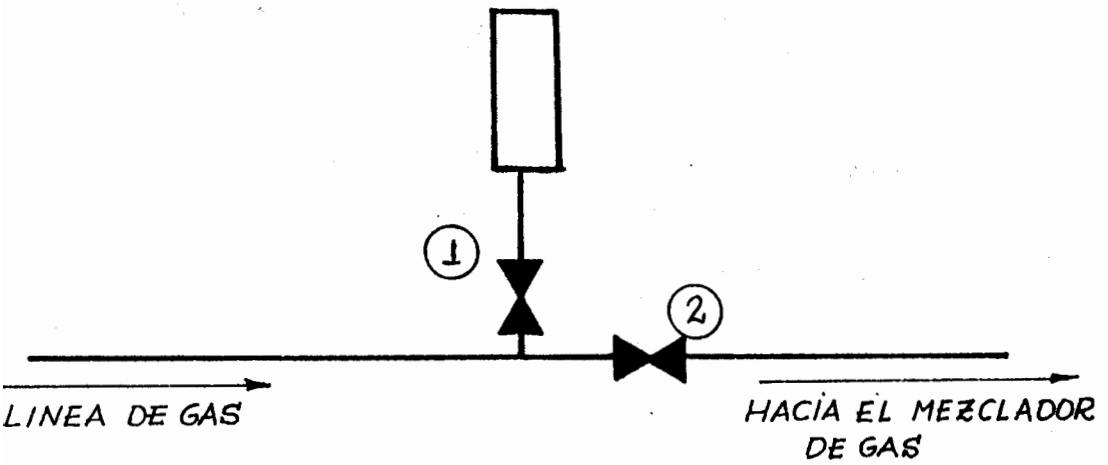
A continuación se presenta un esquema de como se encuentra distribuido el quemador y las dos válvulas mencionadas anteriormente (ver figura 2.2).

Teniendo en cuenta la función que cumple las dos válvulas, para saber si el gas que hay en la línea es combustionable o no, se procede a cerrar la válvula que permite el paso del gas al mezclador y se abre la válvula que permite el ingreso del gas al quemador.

En este momento comienza a salir gas por el quemador y haciendo uso de un mechero que se encuentra prendido, se lo acercará al quemador buscando que el gas se encienda.

En el momento que se encienda el gas que sale del quemador, tendremos en la línea gas





- ① VALVULA QUE CONTROLA INGRESO DE GAS AL QUEMADOR
- ② VALVULA QUE CONTROLA EL PASO DE GAS HACIA EL MEZCLADOR



fig 2.2.- Quemador de gas

combustionable apto para ingresar al motor, por consiguiente cerraremos la válvula de ingreso al quemador y se procederá a abrir la válvula que permite el paso al mezclador.

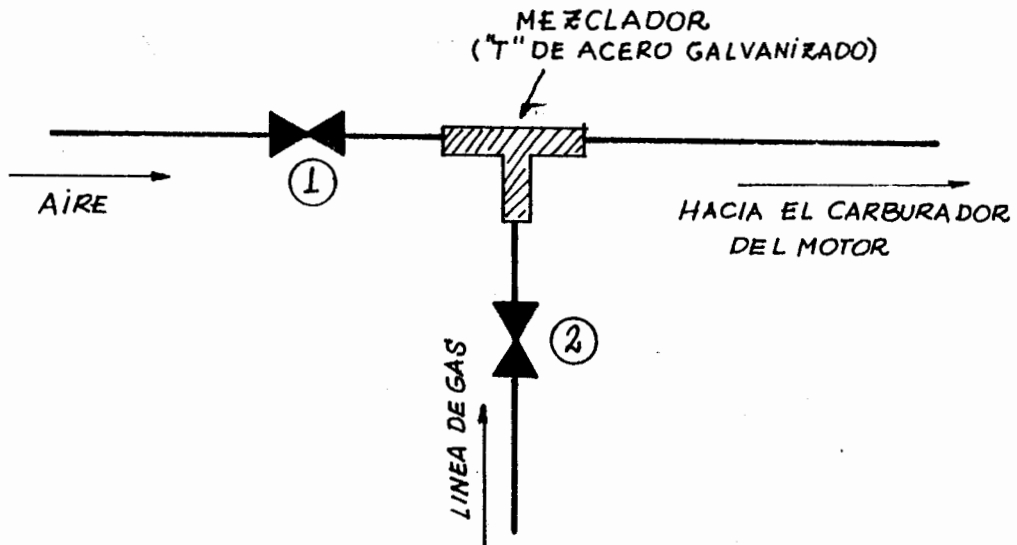
Mezclador de gas pobre - aire

El mezclador que se utilizó en las pruebas para el motor de encendido por chispa, es de construcción tubular muy sencilla y tiene dos válvulas de control que regulan la entrada del gas y el aire.

Para un mejor entendimiento se presenta a continuación un gráfico mostrando la secuencia de como esta compuesto el mezclador (ver figura 2.3).

Como se puede observar en el gráfico mostrado en la figura 2.3, el mezclador que se utiliza es una " T " de acero galvanizado; además el mezclador esta controlado por dos válvulas, la primera que regula el paso de aire y que para nuestro caso siempre permanecerá abierta en un 100%, debido a que el gas reemplazará a la gasolina en su totalidad, por ende, la cantidad de aire que ingresa al motor siempre será la misma.

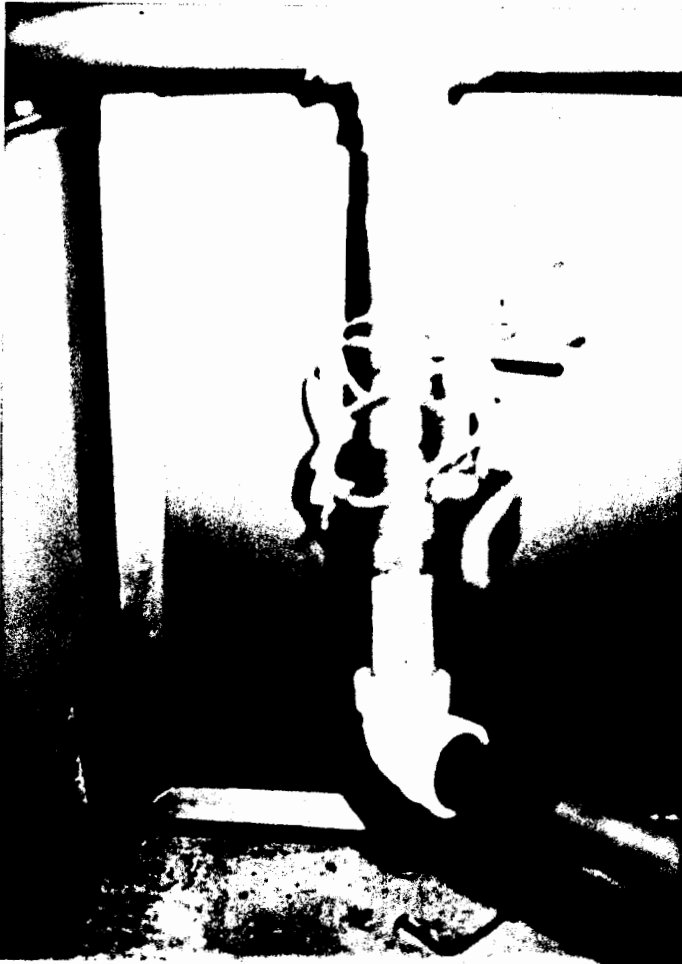
La segunda válvula regulará el ingreso el ingreso



① VALVULA QUE CONTROLA EL INGRESO DE AIRE AL MEZCLADOR

② VALVULA QUE CONTROLA EL INGRESO DE GAS AL MEZCLADOR

fig 2.3.- Mezclador de gas pobre - aire



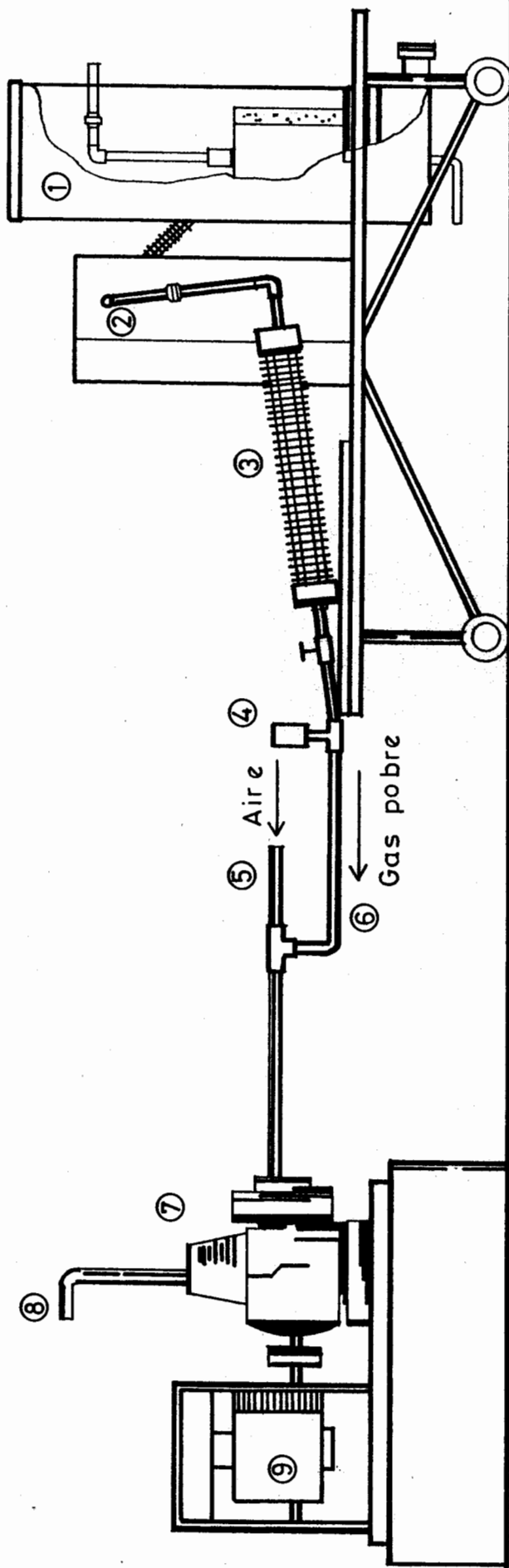
de gas pobre y también permanecerá abierta en un 100%, igual que la válvula 1.

Cabe indicar que en la válvula que regula el ingreso del gas al mezclador, nunca estará cerrada cuando el motor este operando, debido a que ingresaría al motor solo aire, que primero, no es una mezcla, y en un motor de encendido por chispa es factor primordial el ingreso de una mezcla aire - sustancia combustionante, para poder conseguir la combustión en el cilindro; lo segundo, que es consecuente de lo primero, es que el aire sólo en el cilindro del motor no podría combustionarse al salto de la chispa proveniente de la bujía que se encuentra ubicada en la parte superior de la cámara de combustión.

2.2. DESCRIPCION DEL EQUIPO PARA PRUEBAS EN UN MOTOR ENCENDIDO POR COMPRESION.

Banco de pruebas.

El banco de pruebas que se utiliza ahora es el mismo que se utiliza para el motor de encendido por chispa, con la única diferencia, de que ahora el motor utilizado es un motor de encendido por



- ① GASIFICADOR
- ② FILTRO DE MANGAS
- ③ ENFRIADOR
- ④ QUEMADOR

- ⑤ LINEA DE AIRE
- ⑥ LINEA DE GAS
- ⑦ MOTOR DIESEL
- ⑧ TUBO DE ESCAPE
- ⑨ MOTOR ELECTRICO

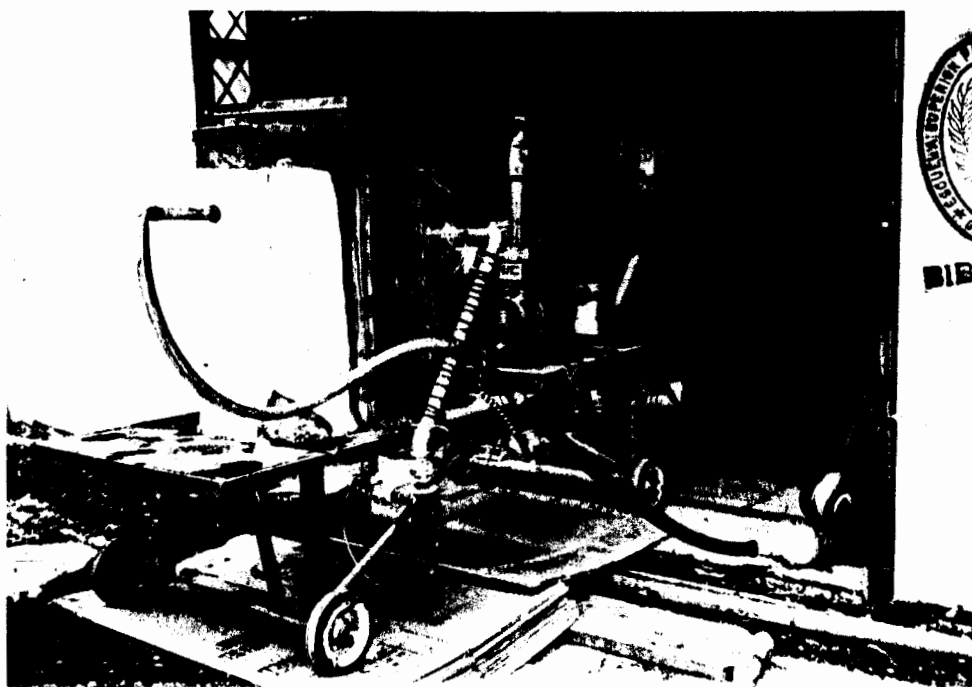


fig 2.4.- Planta de gasificación



compresión(diesel).

Por tratarse del mismo banco de pruebas, el dinamómetro utilizado para las pruebas será el mismo que se utilizó con el motor de encendido por chispa, por consiguiente, no tiene caso volver a anotar sus características ya que fueron anotadas anteriormente. A continuación se mencionarán las características del motor de encendido por compresión.

Motor.

El motor que se utilizó para estas pruebas es monocilíndrico, de cuatro tiempos y poseen las características que a continuación se mencionan.

Características del Motor

Marca	Petter AA1
Serie	109658AA1
Enfriamiento	aire
Velocidad	3600 RPM
Potencia	3.5 Kw

Al igual que en el caso del motor encendido, el eje del motor va conectado al eje del dinamómetro y el motor simulará el comportamiento de un

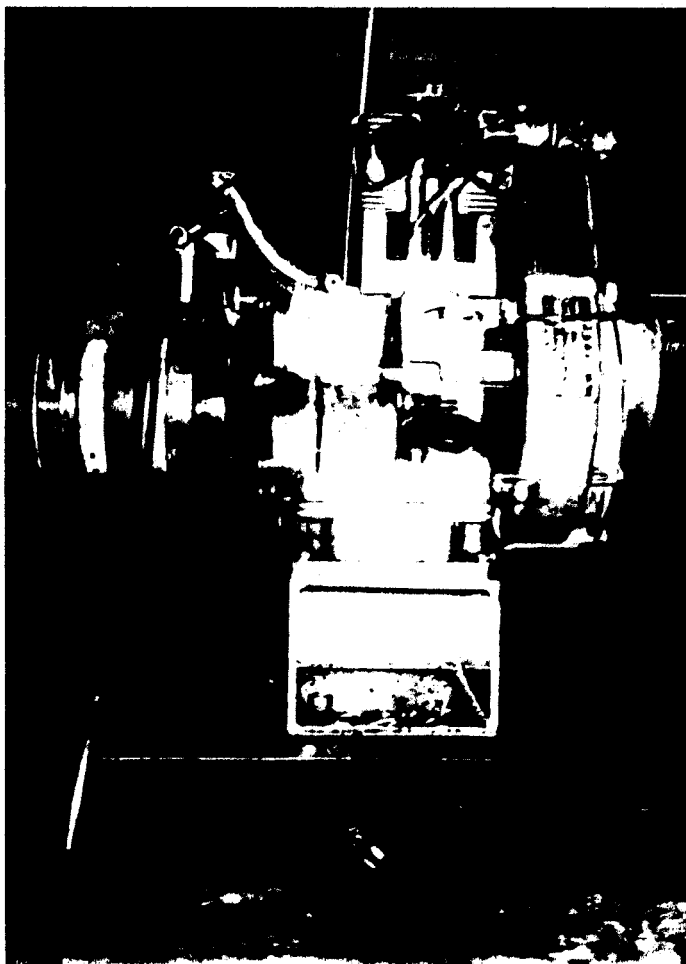


fig 2.5.- Motor de encendido por compresión

generador.

Planta de gasificación.

La planta de gasificación que se utiliza en esta parte, es la misma que se utilizó para el otro motor; así mismo los componentes son los mismos y funcionan igual.

Mezclador de gas pobre - aire.

El mezclador que se utilizó para las pruebas en el motor de encendido por compresión es el mismo que se utilizó en el motor de encendido por chispa, pero la operación que tiene en esta parte difiere en algo con respecto a la operación que tuvo en la parte anterior; por consiguiente, se explicará la nueva operación que tiene el mezclador.

Para esta parte, el diesel no es reemplazado completamente con el gas, como pasaba en el motor a gasolina, sino que el gas puede reemplazar al diesel hasta en un 70% (referencia 2), es decir, mientras que el motor a gasolina, el ahorro de combustible era de hasta un 100%, en el motor a diesel, el ahorro de combustible que se consigue

es de hasta un 70%.

Como el gas reemplazará al diesel, hasta en un 70%, la válvula que controla el ingreso del gas al mezclador va a estar regulada en lo que respecta a su abertura mientras que la válvula que permite el ingreso de aire al mezclador, permanecerá abierta completamente(100%).

Para la simulación del 30% de diesel que ingresará al motor, lo que se hará es acelerar al motor en un 30% de la máxima aceleración que se puede conseguir en el acelerador y mantener esa posición del acelerador invariable. De esta forma, se consigue simular el ingreso constante de un 30% de diesel al motor y además que el comportamiento del motor se asemeje al de un generador.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS.

En lo que respecta al procedimiento de pruebas, hay que indicar, que tanto para las pruebas realizadas en el motor de encendido por chispa, como en el motor de encendido por compresión, se hizo uso de un gasificador.

Este gasificador, en ambos casos tiene el mismo procedimiento de encendido y de producción de gas pobre; por consiguiente, a continuación se indicará los pasos a seguir, para la producción de gas combustionable.

Operación del gasificador.

Todos los pasos que se mencionan a continuación, se realizan estando cerrada la válvula que permite el paso de gas hacia el mezclador y manteniendo abierta la válvula que permite el paso del gas al quemador.

.- Alimentar carbón sobre la parrilla hasta la altura

del plato garganta; la alimentación del carbón se lo realiza por la parte superior del gasificador.

.- Colocar el plato de la garganta y sobre éste, la garganta misma.

.- Luego, alimentar con carbón la garganta hasta la mitad de su capacidad.

.- Ahora, se procede a colocar la tobera que va unida al soplador mediante una manguera.

.- En este momento, colocar combustible líquido sobre el carbón ubicado en la garganta, para que se facilite el encendido del mismo.

.- Haciendo uso de un mechero, comenzar la oxidación inicial del carbón que se encuentra en la garganta; en este momento, encender el soplador para ayudar al buen encendido del carbón.

.- Una vez que se encuentra bien encendido el carbón, se apaga el soplador y se procede a alimentar más carbón, hasta la altura del codo que sostiene la tobera.



BIBLIOTECA



- .- Se procede luego a tapar herméticamente el gasificador y se prende nuevamente el soplador.
- .- Después de transcurrido 3 ó 4 minutos, se apaga el soplador y se destapa el gasificador para proceder a remover el carbón.
- .- Una vez que ha sido removido el carbón y éste se encuentra bien prendido, se procede a llenar el gasificador a su capacidad y taparlo nuevamente y a su vez se prende otra vez el soplador.
- .- En este momento, estando cerrada la válvula que permite el paso del gas hacia el mezclador y abierta la válvula que permite el paso del gas hacia el quemador, se procede a acercar un mechero encendido hacia el quemador, buscando que se encienda el gas que sale del mismo. En el momento que se encienda el gas, se tendrá gas combustionable en la línea.

Nota:

- .- Debe realizarse la remoción del carbón que se halla en el gasificador, aproximadamente cada 25 minutos y alimentar el gasificador con carbón, de ser necesario; todo esto se hace, estando apagado el soplador.

.- En caso de operar una vez por día, es aconsejable retirar la cenizas y residuos que se encuentran acumulados en la parte inferior del gasificador.

3.1. PRUEBAS EN UN MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA.

En esta parte debemos considerar dos tipos de pruebas que son las siguientes:

a.- Prueba en un motor de encendido por chispa operando con gasolina.

b.- Prueba en un motor de encendido por chispa operando con gas pobre.

A continuación se procederá a desarrollar cada uno de los literales mencionados anteriormente.

a.- Prueba en un motor de encendido por chispa operando con gasolina .

En estas partes de las pruebas, no es necesario el uso de la planta de gasificación, ya que el motor sólo operará con gasolina.

El procedimiento que se siguió para la realización de las pruebas, es el que se detalla a continuación:

- .- Se procede inicialmente encendiendo el motor a una posición invariable del acelerador y operando sin carga. Se lo dejará en esta condición de operación 5 minutos hasta que alcance condiciones estables de operación.
- .- Una vez que el motor alcanza una condición estable de operación, se procede a medir los siguientes parámetros:
 - .- Velocidad de giro del motor(RPM)
 - .- Fuerza
 - .- Tiempo de consumo de combustible
 - .- Presión de velocidad del aire de admisión al carburador.
- .- Una vez que han sido medidos todos los parámetros mencionados anteriormente, se procede a variar la carga, es decir, hacer que el generador tenga más requerimiento de potencia eléctrica o lo que es lo mismo, aumentar la carga.

.- A continuación de haber variado la carga se procede nuevamente a medir los parámetros mencionados anteriormente .

.- Después de realizado el paso anterior, el ciclo se repite nuevamente.

Los datos obtenidos en cada una de las pruebas pueden ser observados en el apéndice A .

b.- Pruebas en un motor de encendido por chispa operando con gas pobre.

Al igual que se hizo en el literal anterior, a continuación se detallará el procedimiento seguido para las pruebas, teniendo en cuenta que esta vez se hizo necesario el uso de la planta de gasificación .

.- Primero, se procede a encender el gasificador siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente, hasta producir gas combustionable.

.- Luego se procede a encender el motor haciéndolo funcionar con gasolina(

operación normal) durante cinco minutos aproximadamente, tiempo en el cual el motor alcanzará condiciones de operación estables.

.- A continuación, se apagará el motor, cerrando para esto la válvula de alimentación de combustible.

.- Inmediatamente se volverá a encender el motor, pero esta vez utilizando gas proveniente del gasificador como combustible .

.- Una vez encendido el motor, se procederá a la toma de datos; para esto, basándonos en la tabla de datos que se obtuvieron para el motor operando con gasolina, se buscará repetir estas velocidades, pero operando el motor con gas pobre y regulando la abertura de la válvula de paso de gas. Esto se hace con la finalidad de poder realizar una mejor comparación entre los datos obtenidos cuando el motor opera con gasolina y luego cuando opera con gas. Por ejemplo , se consiguió una velocidad de 2000 RPM en la operación del motor con gasolina. Ahora,

con una abertura del 100% de la válvula que controla el paso de gas pobre, se busca conseguir 2000 RPM en el motor; para esto se variará la carga hasta conseguir esta velocidad.

Al conseguir dicha velocidad, se procede a medir los siguientes parámetros:

- .- Fuerza
- .- Presión de velocidad en la línea de gas.
- .- Presión de velocidad de la mezcla aire - gas .

Lo mismo se hará para las velocidades que se deben conseguir.

Nota :

El procedimiento que se sigue, se lo hace así, para poder realizar una comparación de los resultados que se obtienen cuando el motor opera con gasolina y cuando el mismo motor opera con gas pobre.

Los datos obtenidos en cada una de las pruebas pueden ser observados en el apéndice B .

3.2. PRUEBAS EN UN MOTOR DE ENCENDIDO POR COMPRESION.

El procedimiento a seguir para realizar las pruebas en el motor de encendido por compresión es el siguiente:

- .- Primero, debe realizarse el encendido de la planta de gasificación, hasta conseguir la producción de gas combustionable.
- .- Una vez que existe gas combustionable en la línea, se procede a encender el motor diesel, regulando el acelerador a un 30% de la máxima aceleración que se puede conseguir. Debe esperarse hasta que el motor alcance condiciones de operación estable.
- .- Una vez alcanzada la condición estable de operación del motor, se procede a realizar la primera toma de datos, teniendo la válvula que controla el paso del gas pobre a 0% de abertura carga mínima en el motor , acelerador al 30%.

Los parámetros a medir son:

- .- RPM del motor
 - .- Tiempo de consumo de combustible(25 cm³ de diesel)
 - .- Fuerza
 - .- Presión de velocidad en la línea de gas
 - .- Presión de velocidad después del mezclador.
- .- Una vez medidos estos parámetros, se realiza la abertura de la válvula que controla el paso de gas , y variando la carga se buscará conseguir el mismo RPM alcanzado a 0% de abertura de la válvula de gas.
- .- Alcanzado el mismo RPM, se procede nuevamente a medir los parámetros mencionados anteriormente.
- .- Una vez realizada la toma de datos, se procede a cerrar nuevamente la válvula que controla el paso de gas al mezclador, dicha válvula será cerrada completamente(0% de abertura) y se variará la carga para proceder a realizar otra toma de datos a un RPM distinto del anterior.

.- Luego, se repetirá el procedimiento mencionado anteriormente para cuando esta abierta la válvula de gas .

Las tablas de datos que se obtuvieron para esta parte, pueden ser observadas en el apéndice C.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Una vez realizadas las pruebas en cada uno de los motores mencionados anteriormente, es decir, en el motor de encendido por chispa, como en el motor de encendido por compresión, ambos operando normalmente, como operando con gas pobre, nos toca ahora presentar los resultados, una vez que han sido procesados cada uno de los datos obtenidos en la parte experimental.

A continuación se presentará un cálculo representativo de como fueron procesados los datos que se obtuvieron, tanto en el motor de encendido por chispa, como en el motor de encendido por compresión y luego se presentarán los resultados correspondientes.

Cálculo representativo para el Motor de Encendido por Chispa operando con Gasolina.

a.- Cálculo de la Potencia(P)

$$P = T * w$$

donde

P: potencia (Kw)

T: torque (Nm)

w: velocidad de giro (RPM)

pero

$$T = F * L$$

donde

F: fuerza (N)

L: longitud del brazo y es igual a 265 mm.

luego

$$P = F * 265 * RPM$$

Llevando todo a unidades compatibles, tendremos finalmente que la potencia esta dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{F * w}{36035}$$

Tomando como ejemplo los datos de la tabla 1 para motores de encendido por chispa, tenemos:

$$P = \frac{6.5 * 2900}{36035} = 0.52 \text{ Kw.}$$

b.- Cálculo del Consumo de Combustible(c.c.)

$$\text{c.c.} = \frac{m}{t}$$

donde

m: masa de combustible

t: tiempo en que se consume dicha masa de combustible(seg.)

pero

$$m = v * d_{\text{com.}}$$

donde

v: volumen de combustible (25 cm³)

d_{com.}: densidad del combustible (0.73 Kg/lit)

luego dejando todo en unidades compatibles tenemos que el c.c. esta dado por la siguiente expresión:

$$\text{c.c.} = \frac{1.82 * 10^{-2}}{t}$$

Siguiendo con el ejemplo, tenemos:

$$c.c. = \frac{1.82 * 10^{-2}}{69.79} = 2.61 * 10^{-4} \text{ Kg/s.}$$

c.- Cálculo del Consumo Específico de Combustible(c.e.c.)

$$c.e.c. = \frac{c.c \text{ (Kg/hr)}}{P \text{ (Kw)}}$$

Continuando con el ejemplo, tenemos:

$$c.e.c. = \frac{2.61 * 10^{-4} * 3600}{0.52} = 1.81 \text{ Kg/Kw-hr.}$$

d.- Cálculo de la Eficiencia Térmica (N_e)

$$N_e = \frac{P * 10^3}{c.c * H_1} * 100$$

donde

H_1 : Poder calorífico del combustible($4.42 * 10^7 \text{ J/Kg}$)

A continuación se presenta las tablas de resultados que se obtuvieron para el motor de encendido por chispa operando con gasolina .

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO

POR CHISPA OPERANDO CON GASOLINA

PRUEBA # 1				
MOTOR OPERANDO NORMALMENTE (sólo gasolina)				
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C. (Kg/s) * 10 ⁻⁴	C.E.C. (Kg/Kw-hr)	N _e (%)
2900	0.52	2.61	1.81	4.5
2700	0.73	2.38	1.17	6.9
2500	0.94	2.23	0.85	9.5
2300	1.12	2.15	0.69	11.8
2100	1.28	2.06	0.58	14.1
2000	1.39	2.02	0.52	15.6
1800	1.52	1.96	0.46	17.5
1700	1.42	1.83	0.46	17.6
1600	1.21	1.82	0.54	15.0
1500	1.19	1.79	0.53	14.8

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO

POR CHISPA OPERANDO CON GASOLINA

PRUEBA # 2				
MOTOR OPERANDO NORMALMENTE (sólo gasolina)				
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C. (Kg/s)*10 ⁻⁴	C.E.C. (Kg/Kw-hr)	N _e (%)
2800	0.63	2.49	1.42	5.7
2700	0.72	2.39	1.20	6.8
2650	0.77	2.34	1.09	7.4
2560	0.99	2.27	0.82	9.9
2400	1.10	2.19	0.72	11.4
2300	1.08	2.16	0.72	11.3
2220	1.26	2.11	0.60	13.5
2000	1.39	2.03	0.52	15.5
1840	1.46	1.97	0.48	16.8
1720	1.31	1.86	0.51	15.9
1500	1.12	1.79	0.58	14.2
1300	0.94	1.67	0.64	12.7

Cálculo representativo para el Motor de Encendido por Chispa operando con Gas Pobre.

a.- Cálculo de la Potencia(P)

En lo que respecta al cálculo de la potencia, la misma esta dada por la misma expresión que se dedujo cuando el motor opera con gasolina, por consiguiente, solamente se la volverá a anotar y se continuará con el ejemplo mencionado en la parte anterior(a partir de la tabla 1 pero operando el motor con gas pobre).

$$P = \frac{F * w}{36035} = \frac{4.5 * 2900}{36035} = 0.36 \text{ Kw.}$$

b.- Cálculo del Consumo de Combustible(c.c.)

$$c.c. = d_{gas} * Q_{gas}$$

donde

d_{gas} : densidad del gas(1.006 Kg/m³.-
referencia 4)

Q_{gas} : caudal del gas(m³/seg)

pero

$$Q_{gas} = V_{gas} * A$$

donde

V_{gas} : velocidad del gas(m/seg)

A: área transversal del ducto por donde fluye el gas(m^2)

Para realizar el cálculo de V_{gas} , nos valdremos de la presión de velocidad del gas(P_v en mm.H₂O) que fué medida para cada velocidad durante la realización de cada una de las pruebas.

$$P_v = 1/2 * d_{gas} * V_{gas}^2$$

despejando V_{gas} , tenemos

$$V_{gas} = (2P_v/d_{gas})^{1/2}$$

Dejando todo en unidades compatibles, tenemos que V_{gas} estará dada por la siguiente expresión:

$$V_{gas} = 4.43(P_v/d_{gas})^{1/2}$$

El área del ducto(diámetro de 1 pulg.) por donde fluye el gas es igual a $5.07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, por consiguiente, el Q_{gas} será igual a :

$$Q_{gas} = 2.24 \times 10^{-3} (Pv/d_{gas})^{1/2}$$

Ahora, la expresión para el cálculo del c.c. de gas esta dado por la siguiente expresión:

$$c.c. = 2.24 \times 10^{-3} (Pv)^{1/2}$$

Continuando con el ejemplo, tenemos

$$c.c. = 2.24 \times 10^{-3} (2.4)^{1/2} = 3.48 \times 10^{-3} \text{ Kg/seg.}$$

c.- Cálculo del Consumo Específico de Combustible(c.e.c.).

$$c.e.c. = \frac{c.c(\text{Kg/hr})}{P (\text{Kw.})} = \frac{3.48 \times 10^{-3} * 3600}{0.36}$$

$$c.e.c. = 0.35 \times 10^2 \text{ Kg/Kw-hr.}$$

d.- Cálculo de la Eficiencia Térmica(Nt)

$$Nt = \frac{P * 10^3}{c.c. * H_1}$$

donde

H_1 : poder calorífico del gas(3.0×10^4 J/Kg)

Siguiendo con el ejemplo, tenemos

$$Nt = \frac{0.36 * 10^5}{3.48 * 10^{-3} * 3.0 * 10^4} = 3.45 \%$$

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el motor de encendido por chispa operando con gas pobre.

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO

POR CHISPA OPERANDO CON GAS POBRE

PRUEBA # 1				
MOTOR OPERANDO CON GAS POBRE(sólo gas)				
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C. (Kg/s)*10 ⁻³	C.E.C. (Kg/Kw-hr)10 ²	η _e (%)
2900	0.36	3.48	1.35	3.4
2700	0.45	3.25	1.26	4.6
2500	0.56	3.17	0.20	5.9
2300	0.64	3.25	0.18	6.6
2100	0.73	3.09	0.15	7.9
2000	0.78	3.01	0.14	8.6
1800	0.85	2.93	0.12	9.7
1700	0.78	3.01	0.14	8.6
1600	0.69	2.93	0.15	7.9
1500	0.60	2.84	0.17	7.0

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO

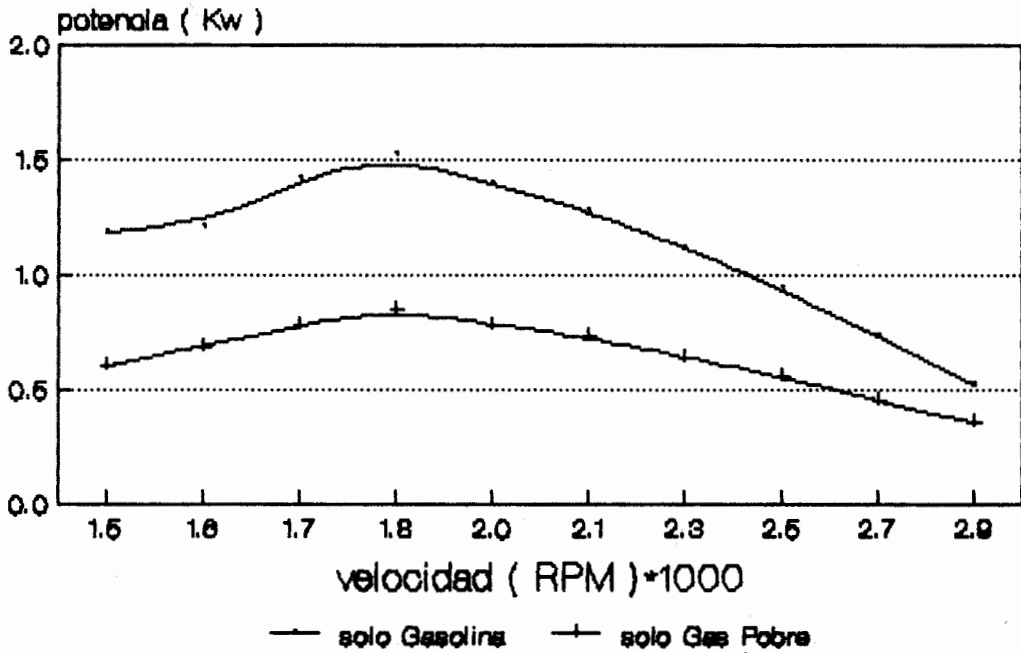
POR CHISPA OPERANDO CON GAS POBRE



PRUEBA # 2				
MOTOR OPERANDO CON GAS POBRE(sólo gas)				
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C. (Kg/s)*10 ⁻³	C.E.C. (Kg/Kw-hr)10 ²	η _e (%)
2800	0.41	3.48	0.30	3.9
2700	0.45	3.40	0.27	4.4
2650	0.56	3.25	0.21	5.7
2560	0.60	3.17	0.19	6.3
2400	0.65	3.09	0.17	7.0
2300	0.64	3.17	0.18	6.7
2220	0.68	3.01	0.16	7.5
2000	0.79	3.01	0.14	8.8
1840	0.82	2.93	0.13	9.3
1720	0.74	2.84	0.14	8.7
1500	0.63	2.93	0.17	7.2
1300	0.53	2.75	0.19	6.4



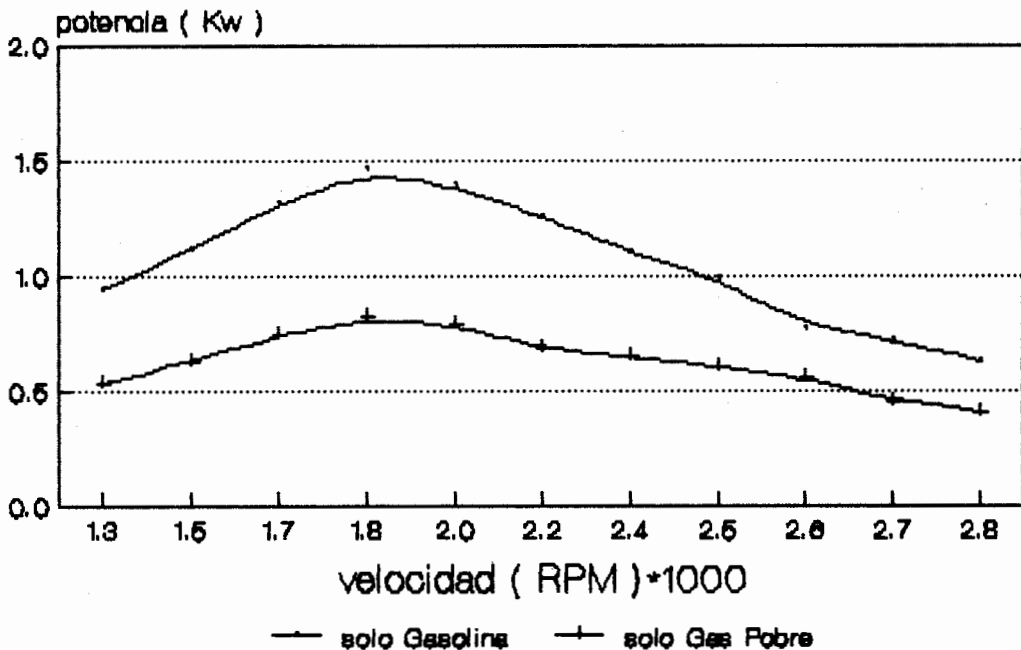
Motor de encendido por chispa potencia vs velocidad



BIBLIOTECA

4.1.- Prueba # 1

Motor de encendido por chispa potencia vs velocidad

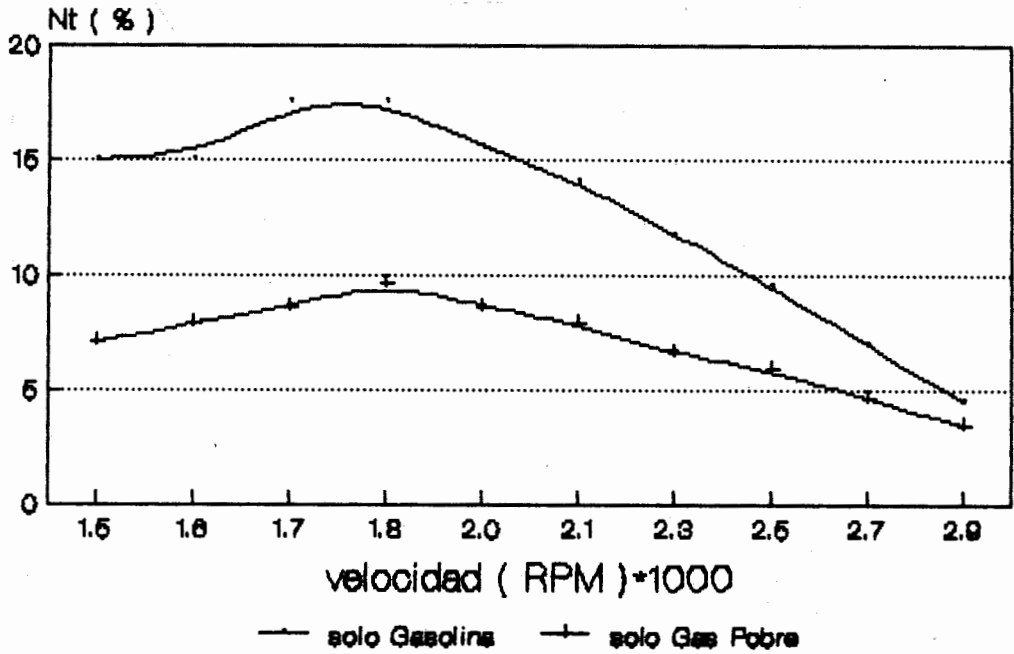


BIBLIOTECA

4.2.- Prueba # 2

Motor de encendido por chispa⁶²

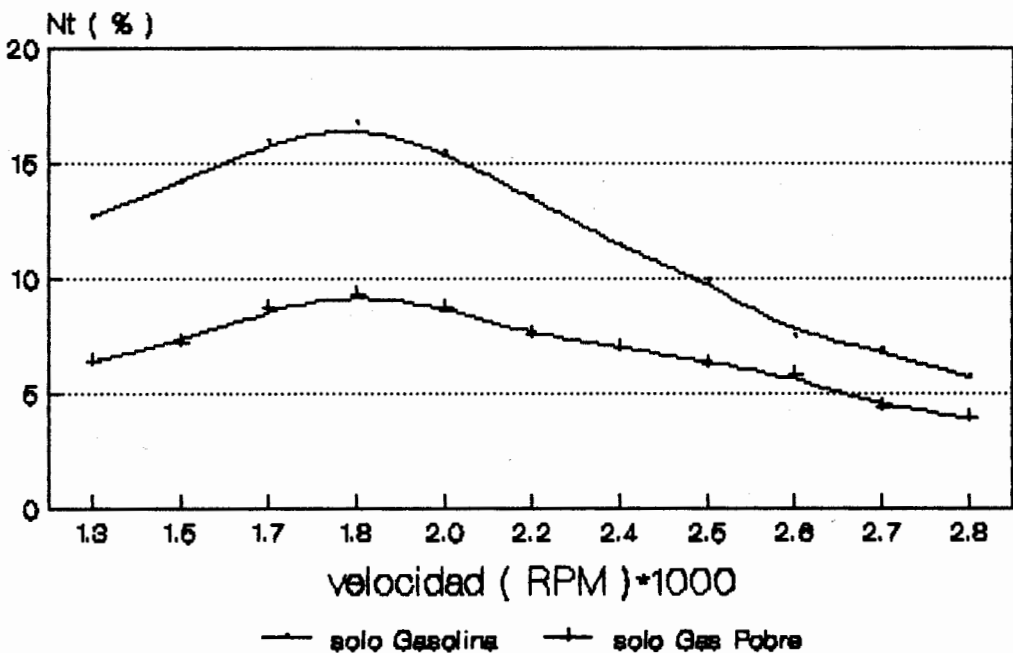
Nt vs velocidad



4.3.- Prueba # 1

Motor de encendido por chispa

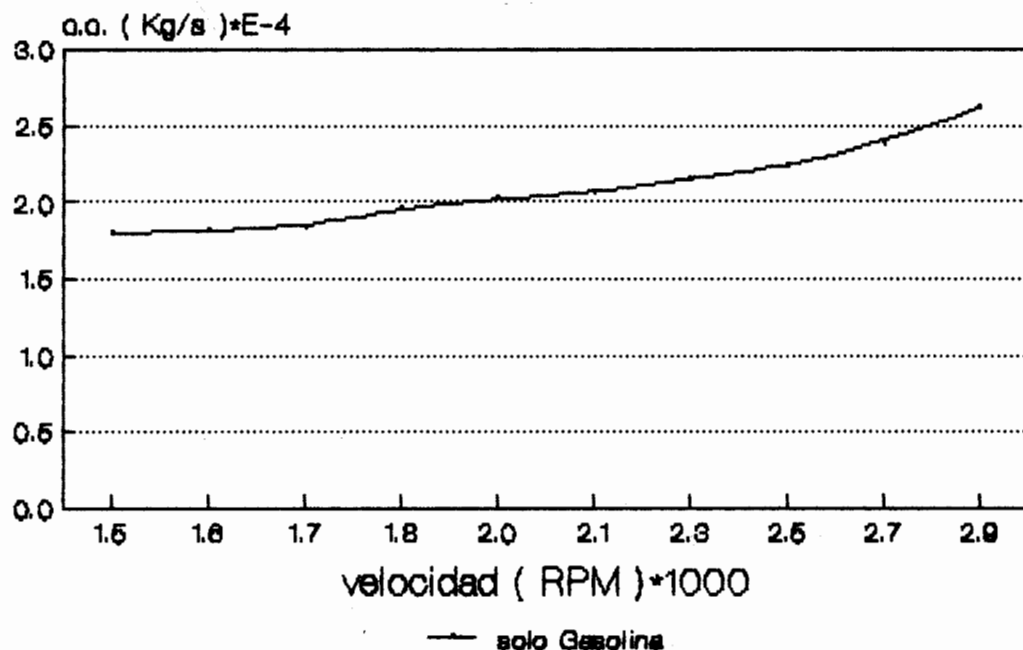
Nt vs velocidad



4.- Prueba # 2

Motor de encendido por chispa 63

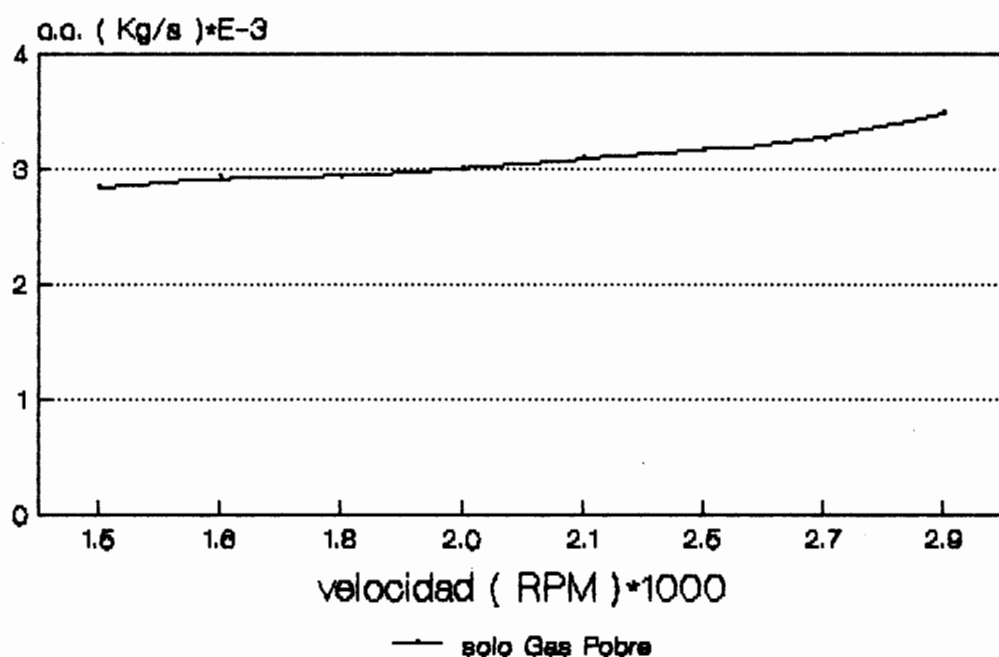
c.c. vs velocidad



1.5a.- Prueba # 1

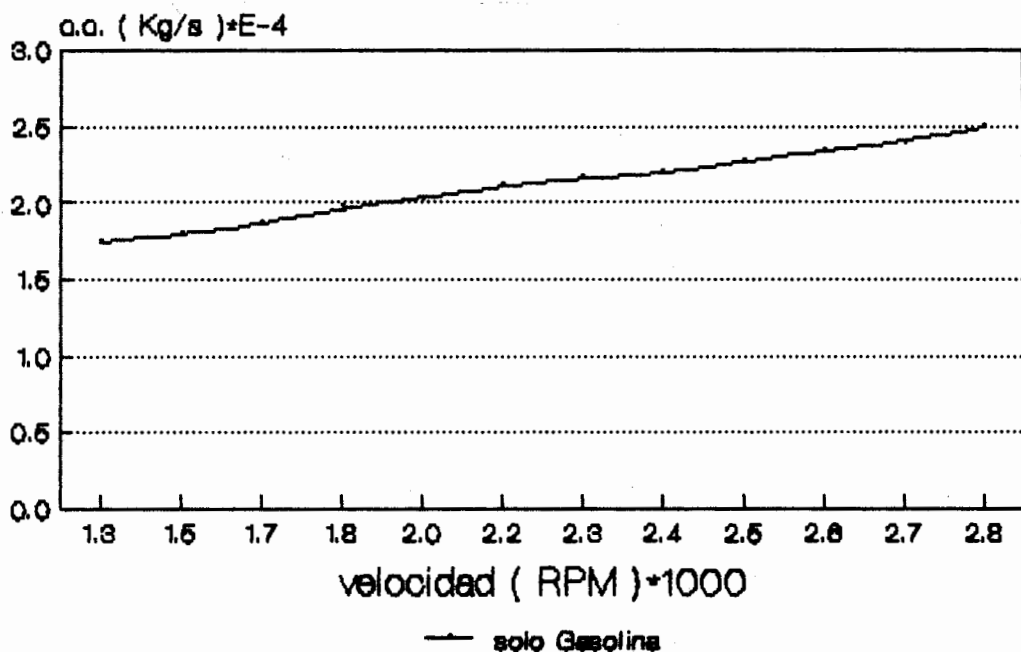
Motor de encendido por chispa

c.c. vs velocidad



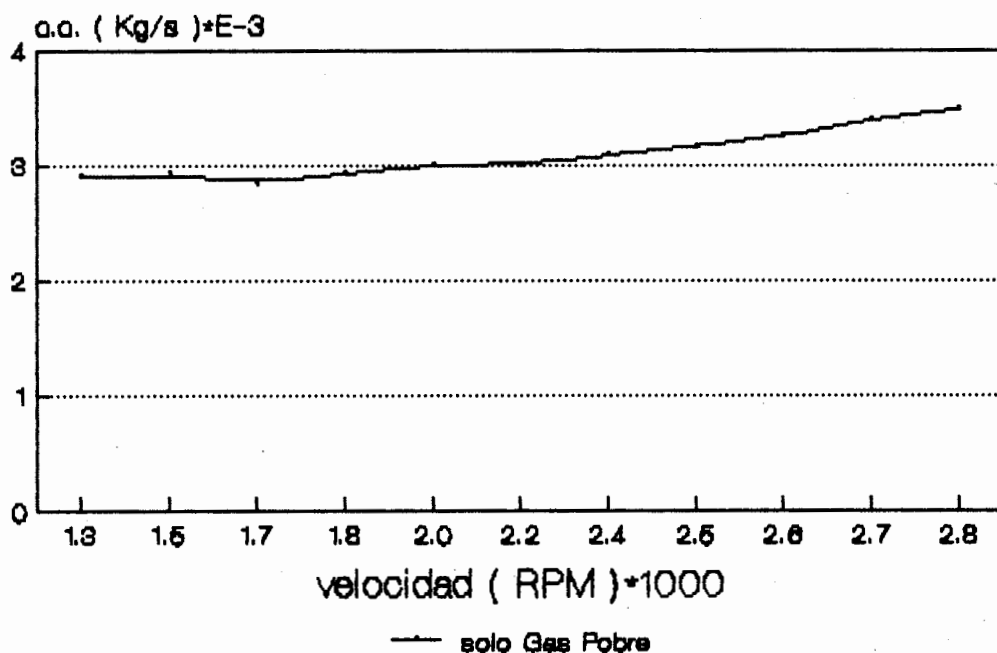
1.5b.- Prueba # 1

Motor de encendido por chispa⁶⁴ c.c vs velocidad



4.6a.- Prueba # 2

Motor de encendido por chispa c.c. vs velocidad



4.6b.- Prueba # 2

Cálculo representativo para el Motor de Encendido por Compresión operando con Diesel.

a.- Cálculo de la Potencia(P)

$$P = \frac{F * w}{36035} \quad (Kw)$$

Tomando para ejemplo, los datos obtenidos de la prueba # 1 para el motor de encendido por compresión operando normalmente(sólo diesel), se procede a calcular la potencia.

$$P = \frac{3 * 2320}{36035} = 0.19 Kw.$$

b.- Cálculo del Consumo de Combustible(c.c.)

La expresión que da el consumo de combustible en esta parte, es la misma expresión que se dedujo para el consumo de combustible en el caso del motor de encendido por chispa, por consiguiente, simplemente se la mencionará.

$$c.c. = \frac{1.82 * 10^{-2}}{t}$$

Siguiendo con el ejemplo, tenemos

$$c.c. = \frac{1.82 * 10^{-2}}{150} = 1.42 * 10^{-4} \text{ Kg/seg .}$$

c.- Cálculo del Consumo Específico de Combustible (c.e.c.) .

$$c.e.c. = \frac{c.c. (\text{Kg/hr})}{P (\text{Kw})}$$

Siguiendo con el ejemplo, tenemos que el c.e.c. es igual a 2.69 Kg/Kw-hr.

d.- Cálculo de la Eficiencia Térmica(Nt)

$$Nt = \frac{P * 10^3}{c.c. * H_1} * 10^2$$

donde $H_1 = 4.19 * 10^7 \text{ J/Kg}$

Realizando el cálculo respectivo, tenemos que la eficiencia térmica es igual a 3.19% .

Cálculo representativo para el Motor de Encendido por Compresión operando con Diesel y Gas Pobre .

El cálculo de la potencia, consumo de combustible, y consumo específico de combustible se calculan con las fórmulas que se han estado utilizando hasta el momento, por ende, no se presentarán dichos cálculos y simplemente se observarán los resultados obtenidos en la tabla de resultados correspondientes. Solamente se mencionará la fórmula que se utilizó en esta parte para el cálculo del consumo de combustible del gas ya que P_v no está dada en mm. de H_2O como en el caso del motor de encendido por chispa, sino que está dada en cm de H_2O , por consiguiente, la expresión a la que hacemos mención es la siguiente:

$$c.c._{gas} = 7.1 * 10^{-3} (P_v)^{1/2}$$

Además, la fórmula utilizada para el cálculo de la eficiencia térmica para cuando el motor opera con diesel y gas pobre es la siguiente:

$$N_t = \frac{P * 10^5}{c.c._{diesel} * H_{diesel} + c.c._{gas} * H_{gas}}$$

donde $H_{gas} = 3.0 * 10^6$ J/Kg

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron en cada una de las pruebas, tanto para el motor operando con diesel, como para el motor operando con diesel y gas pobre.

**RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 1						
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)						
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C. _{diesel} (Kg/seg) $\times 10^{-4}$	C.C. _{gas} (Kg/seg) $\times 10^{-3}$	C.E.C. _{diesel} (Kg/Kw-hr)	C.E.C. _{gas} (Kg/Kw-hr) $\times 10$	N _e (%)
2320	0.19	1.42	0.00	2.69	0.00	3.19
2280	0.28	1.61	0.00	2.07	0.00	4.15
2240	0.78	2.19	0.00	1.01	0.00	8.50
2120	1.18	2.83	0.00	0.86	0.00	9.95
2080	1.36	2.99	0.00	0.79	0.00	10.86
2040	1.50	3.17	0.00	0.76	0.00	11.29
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)						
2320	0.29	1.18	1.29	1.46	1.60	7.50
2280	0.41	1.20	1.05	1.05	0.92	13.00
2240	1.30	1.61	1.25	0.44	0.35	12.38
2120	1.59	3.22	1.36	0.73	0.31	9.05
2080	1.50	3.54	1.40	0.85	0.34	7.88
2040	----	----	1.44	----	----	----



BIBLIOT



BIBLIOT

**RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 2						
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)						
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C.diesel (Kg/seg) $\times 10^{-4}$	C.C.gas (Kg/seg) $\times 10^{-3}$	C.E.C.diesel (Kg/Kw-hr)	C.E.C.gas (Kg/Kw-hr) $\times 10$	η_c (%)
2310	0.22	1.46	0.00	2.39	0.00	3.60
2300	0.24	1.55	0.00	2.32	0.00	3.70
2280	0.32	1.58	0.00	1.78	0.00	4.83
2200	0.82	2.31	0.00	1.01	0.00	8.47
2150	1.04	2.66	0.00	0.92	0.00	9.33
2100	1.34	2.57	0.00	0.82	0.00	15.37
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)						
2310	0.26	1.21	1.03	1.68	1.43	3.19
2300	0.29	1.22	1.05	1.51	1.30	3.51
2280	0.41	1.23	1.31	1.08	1.15	4.51
2200	1.31	1.66	1.35	0.46	0.37	11.90
2150	1.58	2.99	1.37	0.68	0.31	9.50
2100	1.52	3.43	1.42	0.81	0.34	8.16

**RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 3						
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)						
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C. _{diesel} (Kg/seg) $\times 10^{-4}$	C.C. _{gas} (Kg/seg) $\times 10^{-3}$	C.E.C. _{diesel} (Kg/Kw-hr)	C.E.C. _{gas} (Kg/Kw-hr) $\times 10$	N_c (%)
2350	0.13	1.39	0.00	3.84	0.00	2.23
2300	0.22	1.46	0.00	2.39	0.00	3.60
2200	0.92	1.85	0.00	0.72	0.00	11.87
2100	1.49	2.59	0.00	0.62	0.00	13.73
2050	1.51	3.04	0.00	0.72	0.00	11.85
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)						
2350	0.20	1.16	1.00	2.09	1.80	2.54
2300	0.32	1.23	1.03	1.38	1.16	3.88
2200	1.34	1.50	1.21	0.40	0.32	13.51
2100	1.52	2.91	1.33	0.69	0.31	9.39
2050	----	----	1.44	----	----	----

**RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 4						
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)						
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C.diesel (Kg/seg) $\times 10^{-4}$	C.C.gas (Kg/seg) $\times 10^{-3}$	C.E.C.diesel (Kg/Kw-hr)	C.E.C.gas (Kg/Kw-hr) $\times 10$	η_e (%)
2250	0.47	1.46	0.00	1.12	0.00	7.68
2200	0.88	1.90	0.00	0.78	0.00	11.05
2160	0.96	2.44	0.00	0.92	0.00	9.39
2110	1.08	2.99	0.00	1.00	0.00	8.62
2040	1.36	3.32	0.00	0.95	0.00	9.78
2010	1.28	3.22	0.00	0.90	0.00	9.49
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)						
2250	0.63	1.22	1.08	0.70	0.45	7.54
2200	1.34	1.52	1.21	0.41	0.33	13.47
2160	1.47	2.83	1.29	0.69	0.32	9.35
2110	1.58	3.37	1.33	0.77	0.30	8.72
2040	----	----	1.42	----	----	----
2010	----	----	1.44	----	----	----

**RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 5						
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)						
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	C.C. _{diesel} (Kg/seg) $\times 10^{-4}$	C.C. _{gas} (Kg/seg) $\times 10^{-3}$	C.E.C. _{diesel} (Kg/Kw-hr)	C.E.C. _{gas} (Kg/Kw-hr) $\times 10$	η_c (%)
2200	0.96	2.28	0.00	0.86	0.00	10.05
2150	1.25	2.66	0.00	0.77	0.00	11.21
2125	1.30	2.72	0.00	0.75	0.00	11.41
2076	1.47	3.04	0.00	0.74	0.00	11.54
2050	1.51	3.27	0.00	0.78	0.00	11.02
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)						
2200	1.10	1.63	1.29	0.53	0.36	10.28
2150	1.49	2.91	1.31	0.70	0.32	9.24
2125	1.53	2.61	1.33	0.72	0.31	10.25
2076	1.38	3.48	1.38	0.54	0.36	7.37
2050	----	----	1.42	----	----	----

**RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

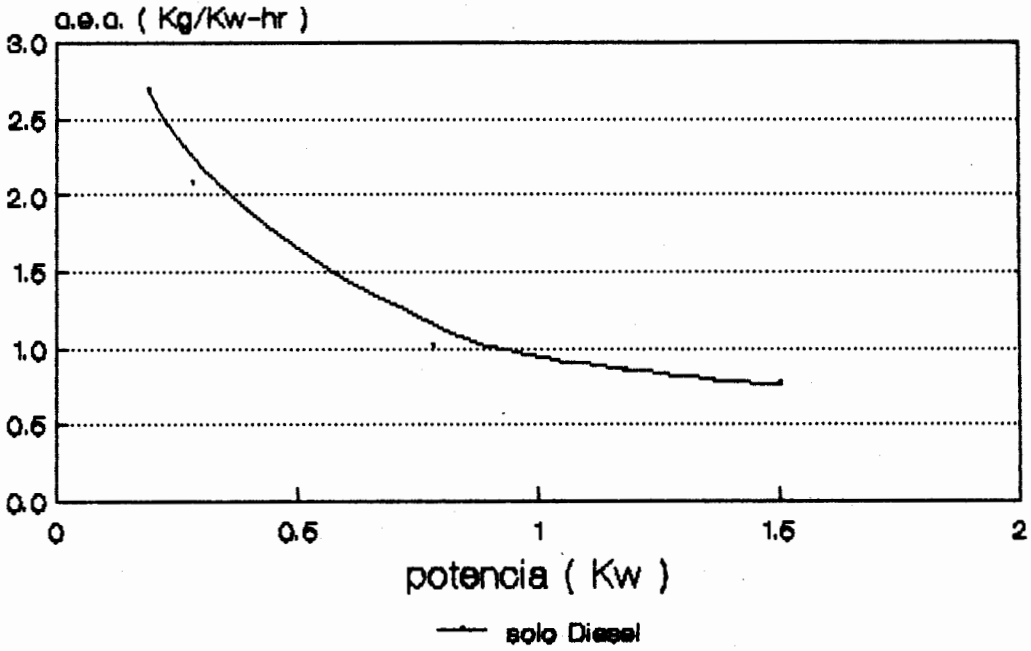
Motor de Encendido por Compresión(sólo diesel)				
Condición: motor completamente acelerado				
Velocidad (RPM)	Potencia (Kw)	Cons. Comb. (Kg/s) $\times 10^{-4}$	c.e.c. (Kg/Kw-hr)	Nt (%)
3040	2.11	3.40	1.10	19.4
2400	0.27	1.24	1.65	5.2
2200	0.49	2.24	1.64	5.3
2100	0.99	2.91	1.06	8.1
2000	1.28	3.04	0.86	10.0

**PORCENTAJES DE GAS POBRE PRESENTES EN EL MOTOR DE
ENCENDIDO POR COMPRESION.**

Velocidad (RPM)	2350	2320	2310	2300	2280	2240	2200
Potencia (Kw)	0.13	0.19	0.22	0.24	0.28	0.78	0.82
Gas Pobre (%)	90	90	90	90	90	90	90
Diesel (%)	10	10	10	10	10	10	10

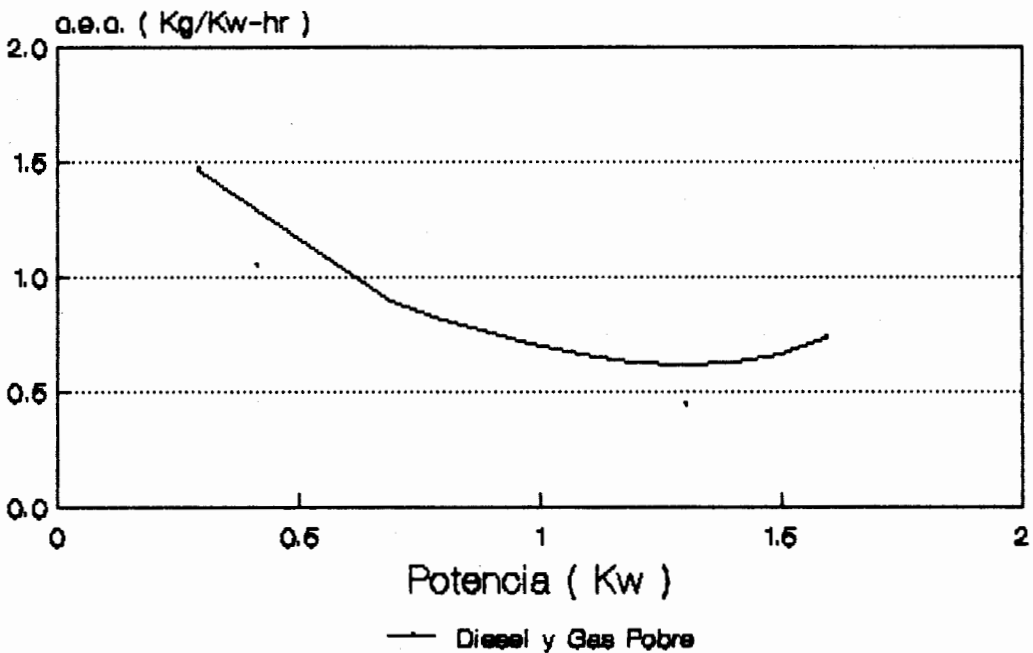
Velocidad (RPM)	2160	2150	2120	2110	2100	2080
Potencia (Kw)	1.47	1.58	1.59	1.58	1.52	1.50
Gas Pobre (%)	80	80	80	80	80	80
Diesel (%)	20	20	20	20	20	20

Motor encend.por compresion c.e.c. vs potencia



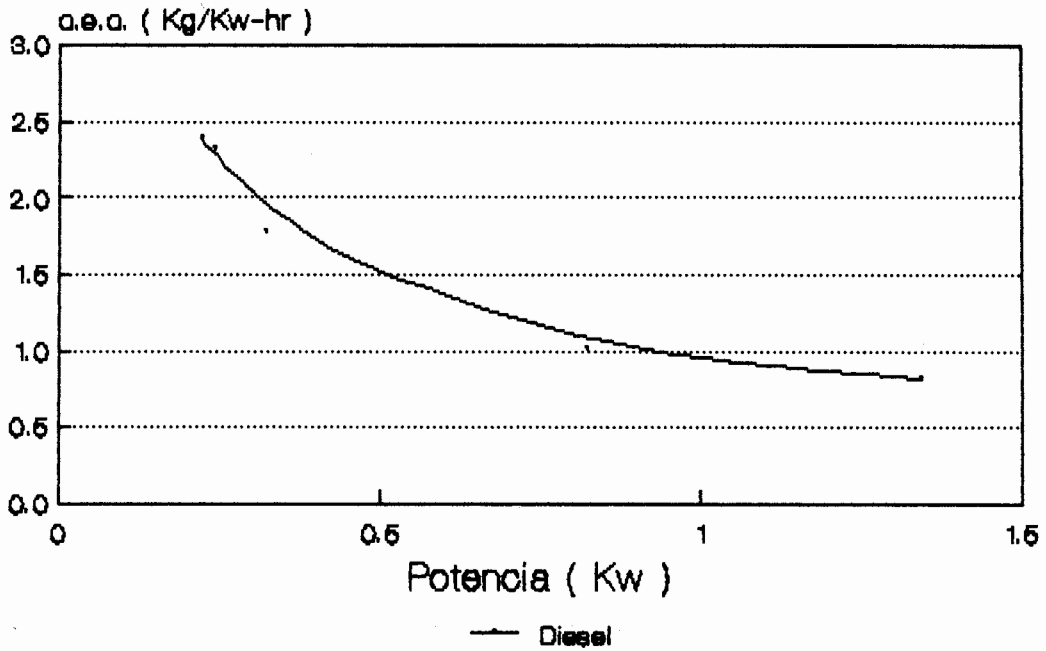
4.7a.- Prueba # 1

Motor encend.por compresion c.e.c. vs potencia



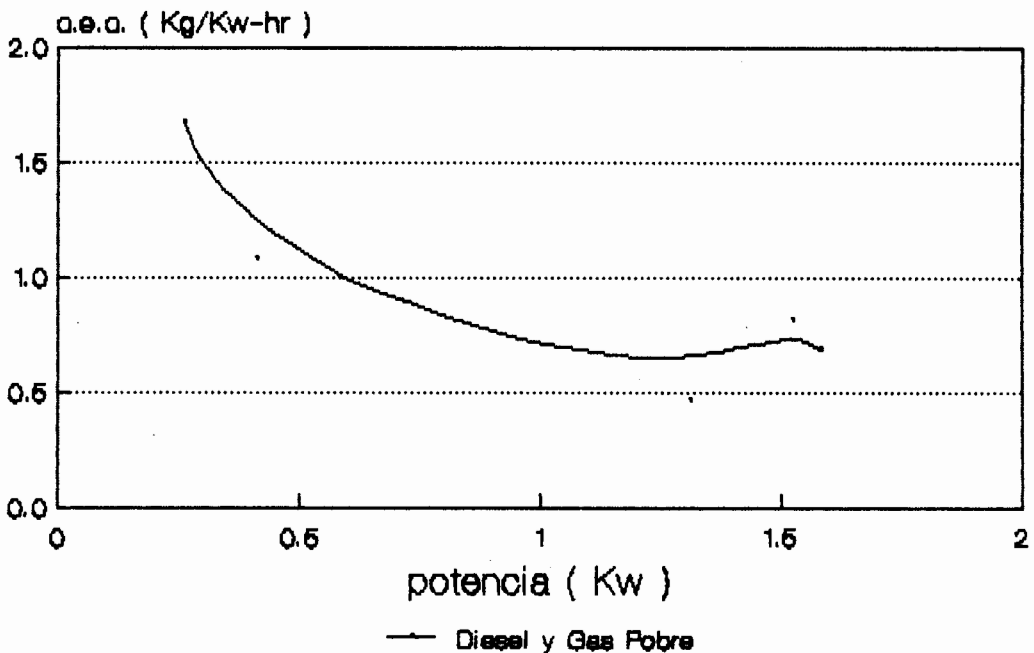
4.7b. Prueba # 1

Motor encend.por compresion c.e.c. vs potencia



.8a.- Prueba # 2

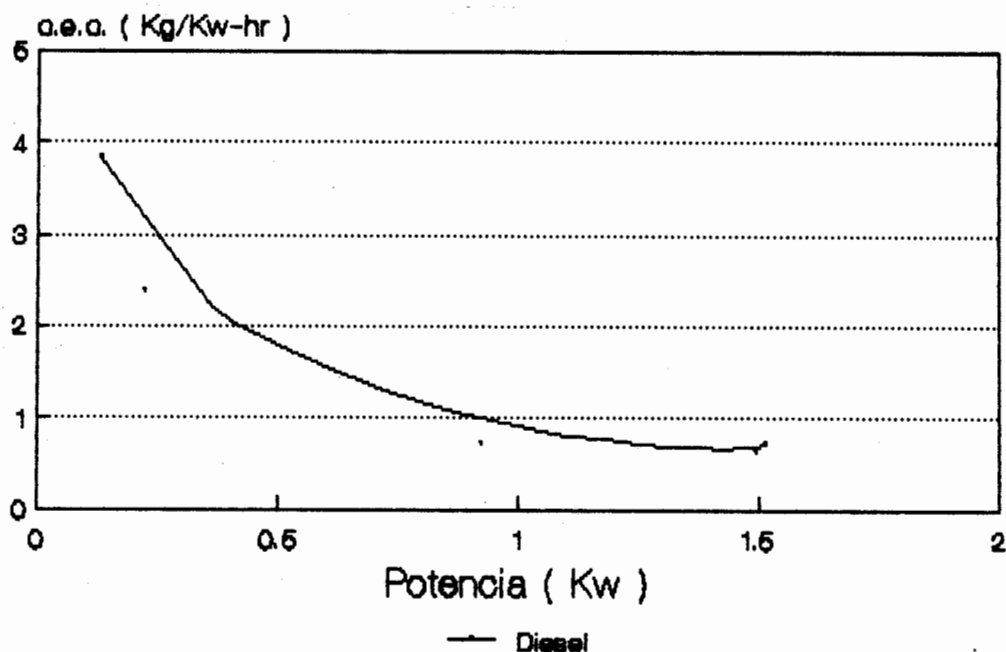
Motor encend.por compresion c.e.c. vs potencia



.8b.- Prueba # 2

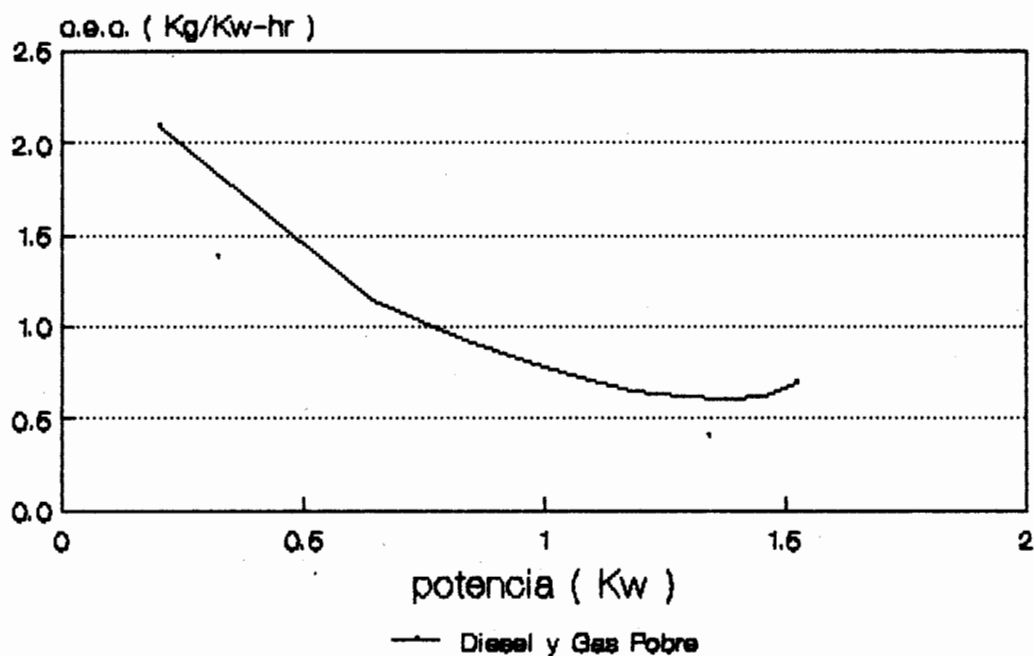
Motor encend.por compresion c.e.c. vs potencia

77



4.9a.- Prueba # 3

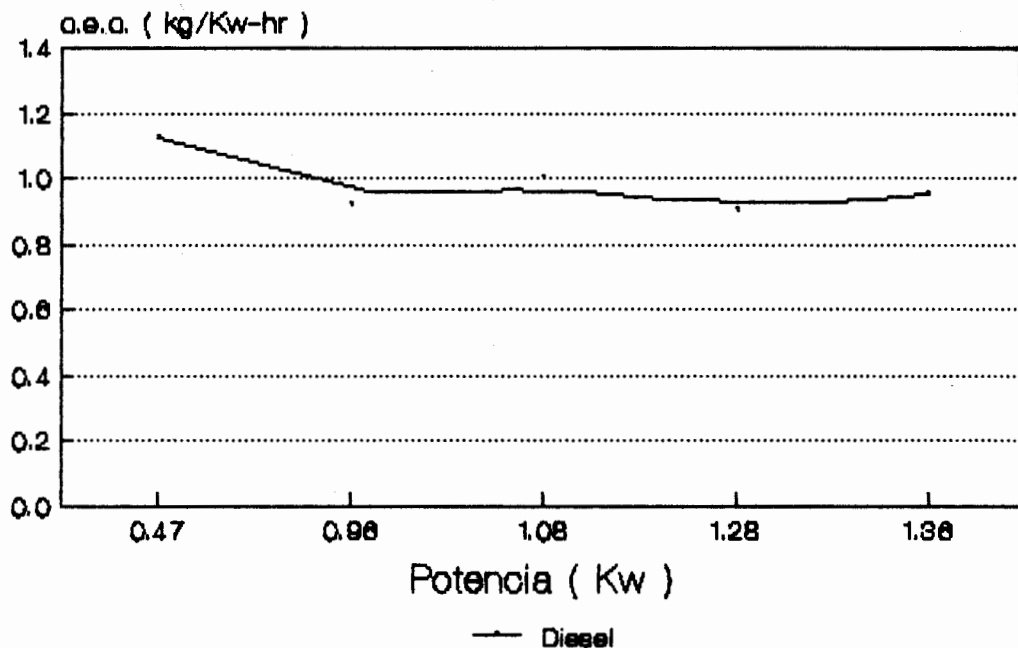
Motor encend.por compresion c.e.c. vs potencia



4.9b.- Prueba # 3

Motor encend.por compresion

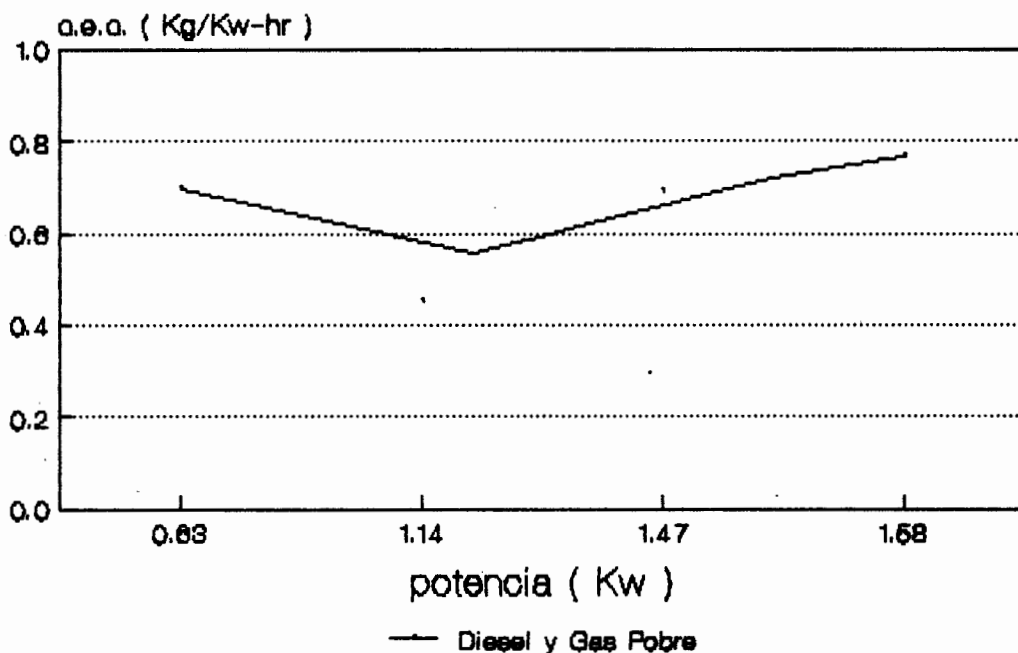
c.e.c. vs potencia



4.10a.- Prueba # 4

Motor encend.por compresion

c.e.c. vs potencia

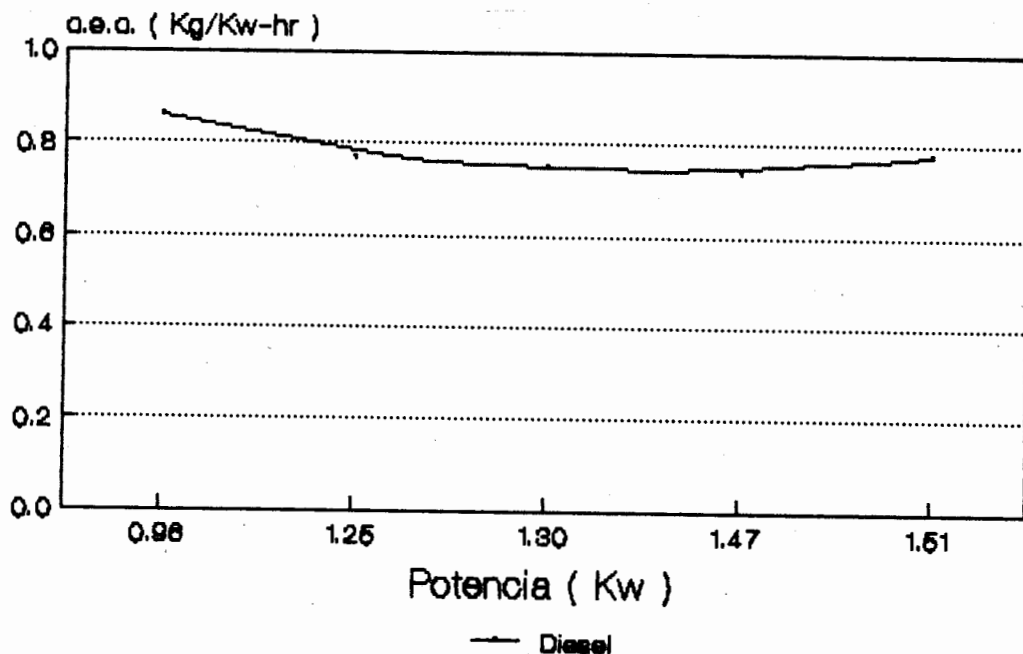


4.10b.- Prueba # 4

Motor encend.por compresion

c.e.c. vs potencia

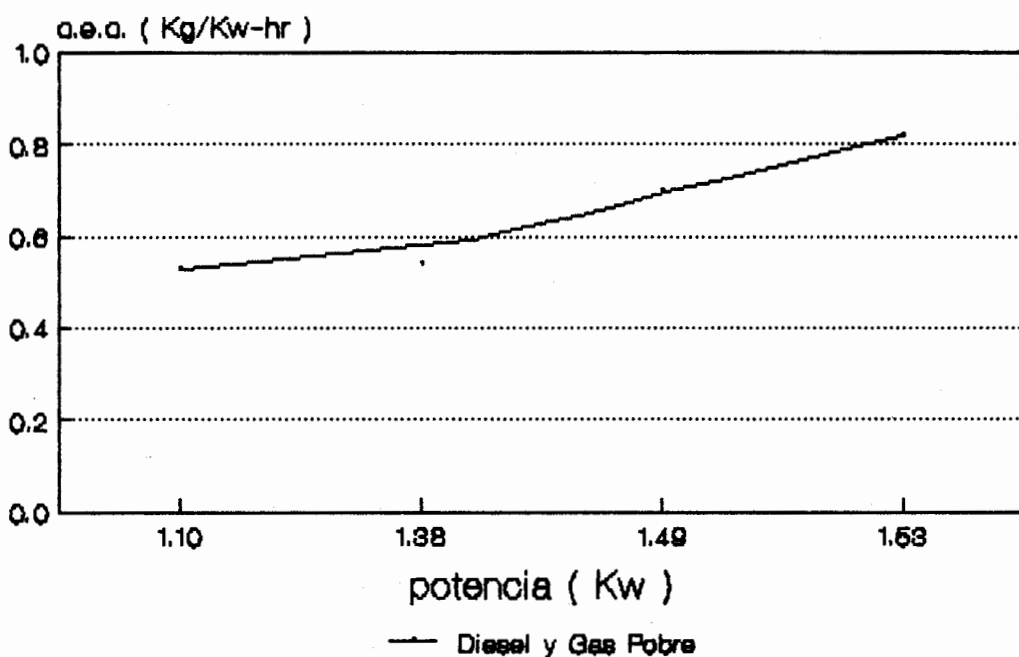
79



4.11a.- Prueba # 5

Motor encend.por compresion

c.e.c. vs potencia

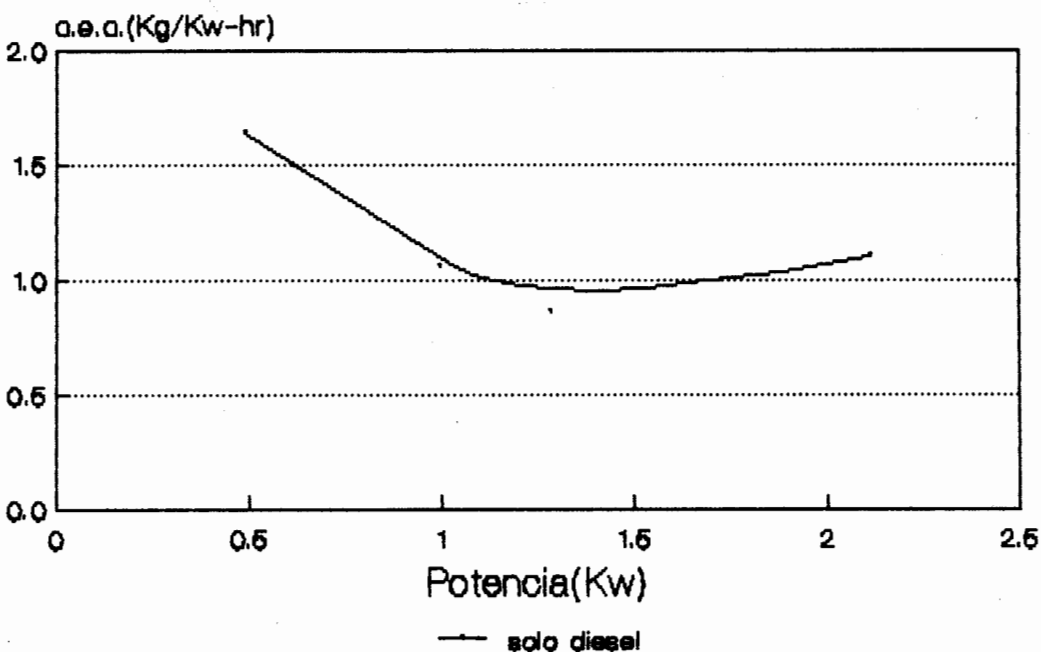


4.11b.- Prueba # 5

Motor encend.por compresion

c.e.c vs potencia

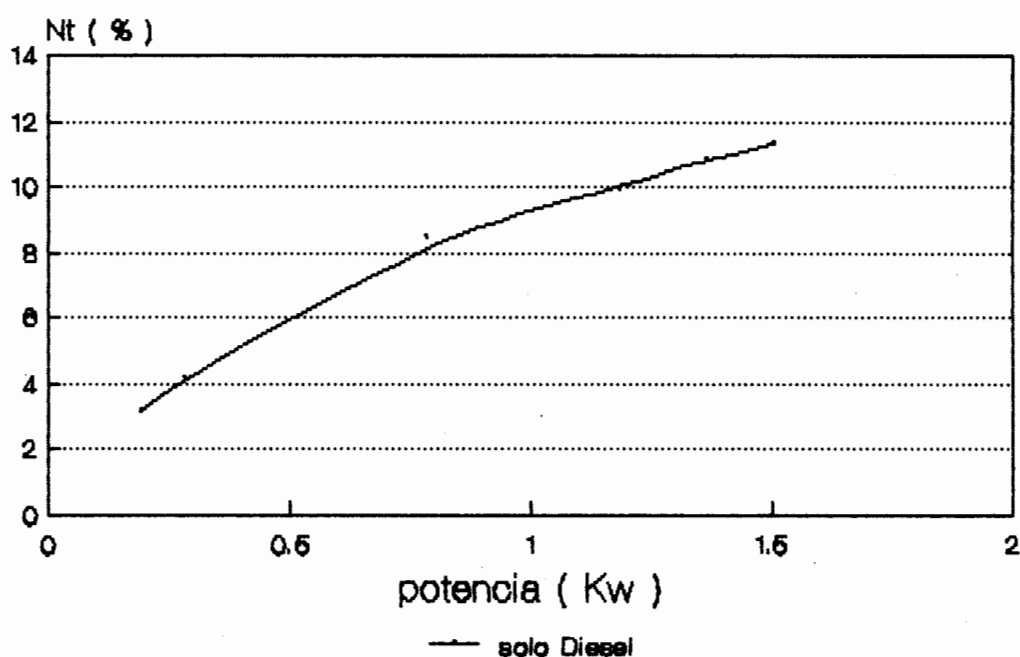
80



12.- motor completamente acelerado

Motor encend.por compresion

Nt vs potencia

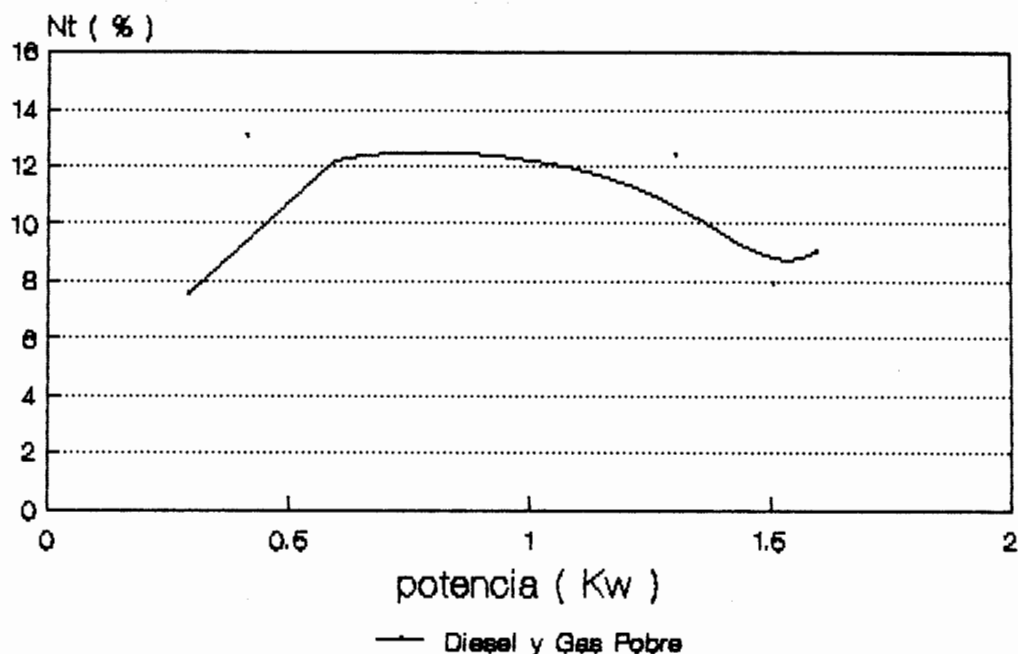


.13a.- Prueba # 1

Motor encend.por compresion

Nt vs potencia

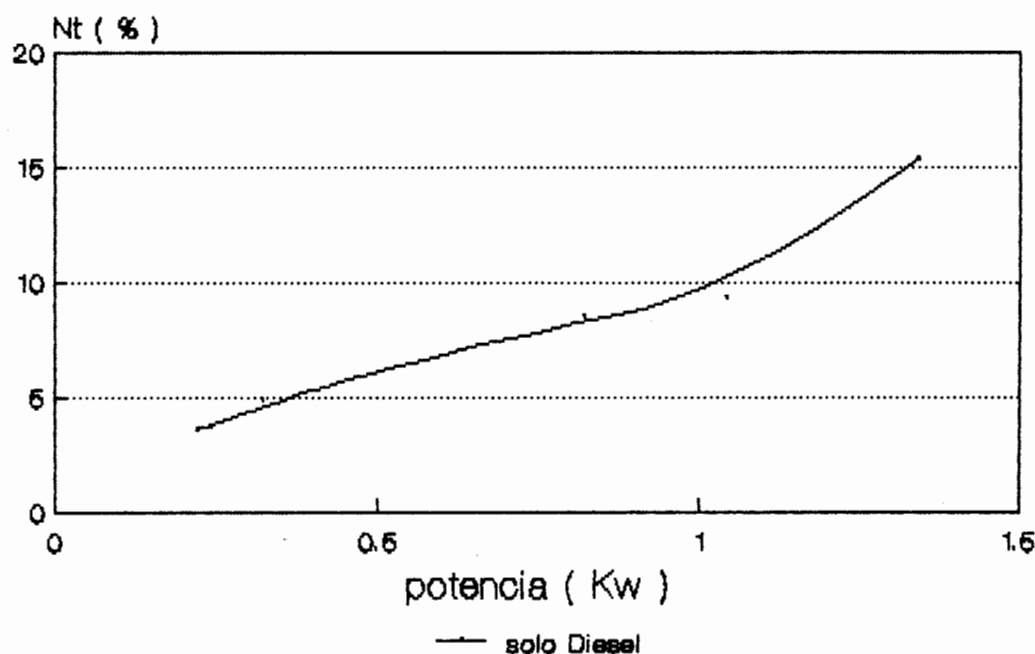
81



4.13b.- Prueba # 1

Motor encend.por compresion

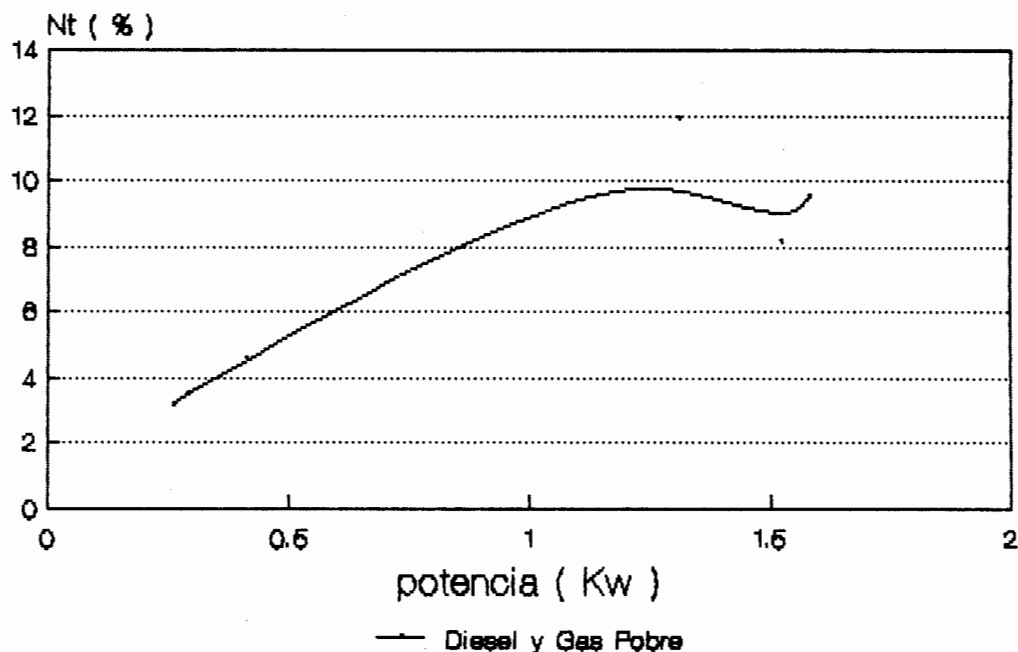
Nt vs potencia



4.14a.- Prueba # 2

Motor encend.por compresion

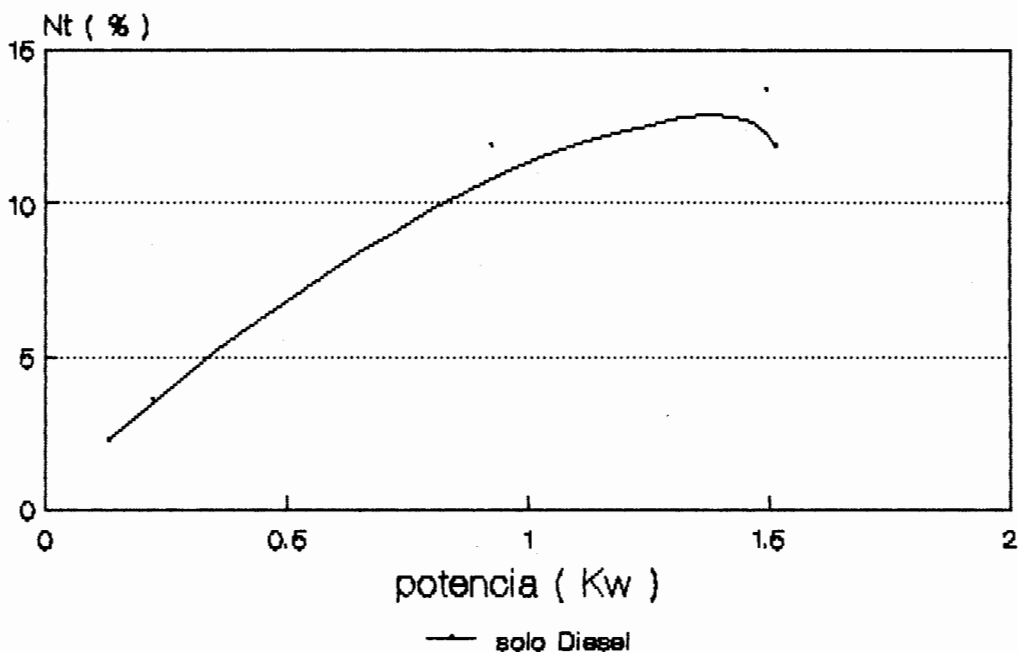
Nt vs potencia



.14b.- Prueba # 2

Motor encend.por compresion

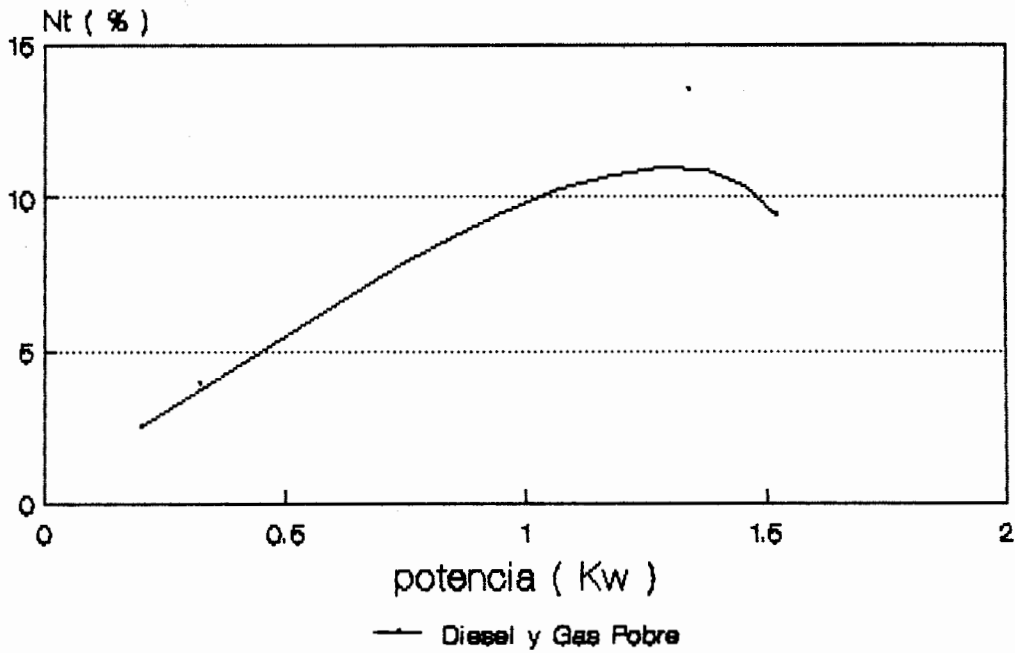
Nt vs potencia



.15a.- Prueba # 3

Motor encend.por compresion

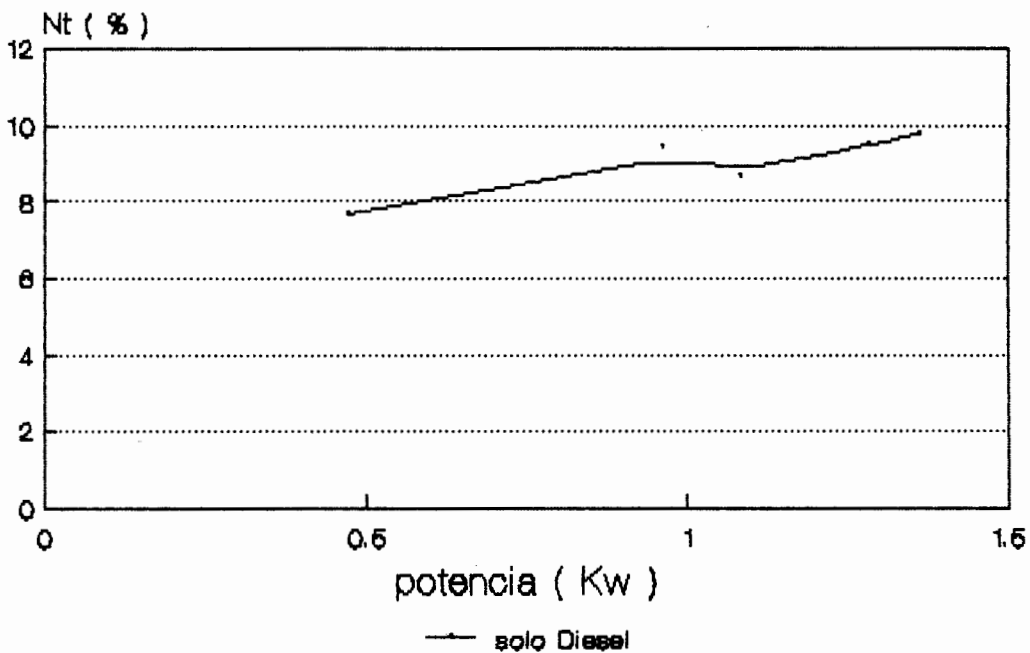
Nt vs potencia



.15b.- Prueba # 3

Motor encend.por compresion

Nt vs potencia

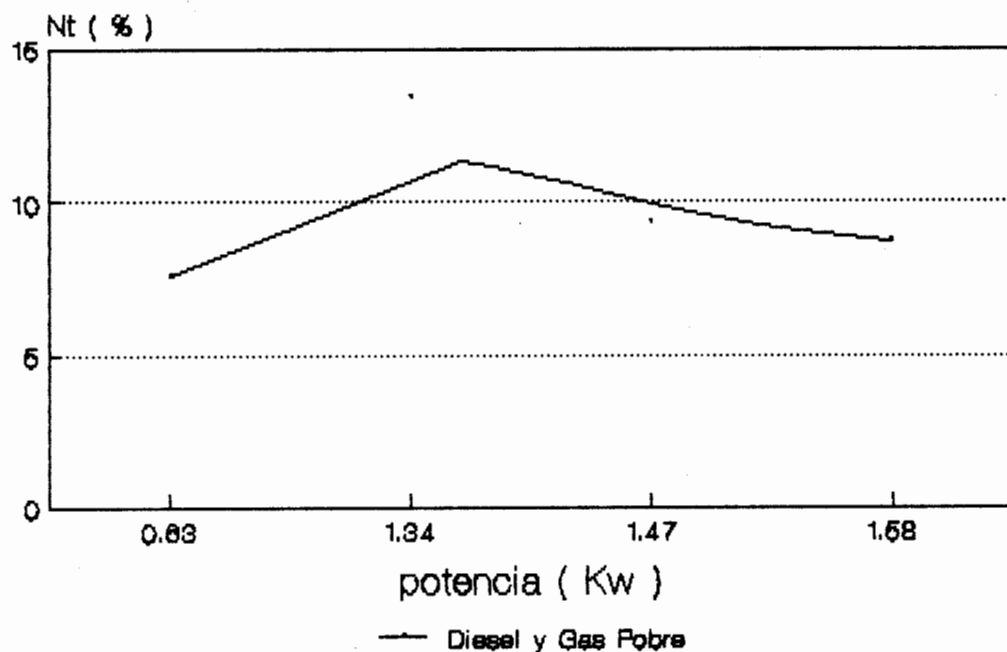


.15a.- Prueba # 4

Motor encend.por compresion

Nt vs potencia

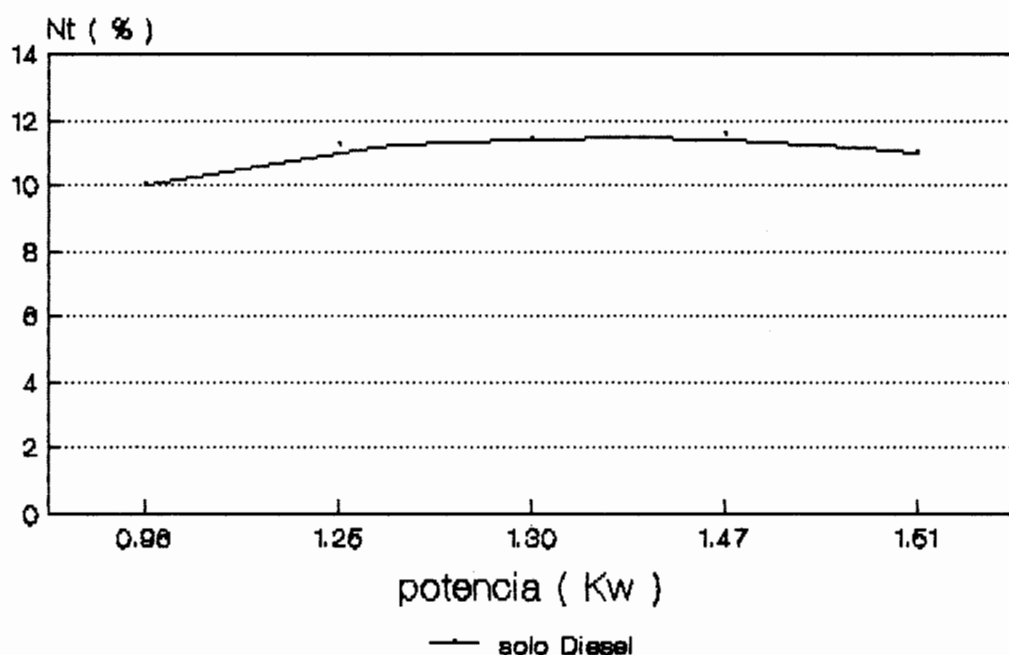
84



.16b.- Prueba # 4

Motor encend.por compresion

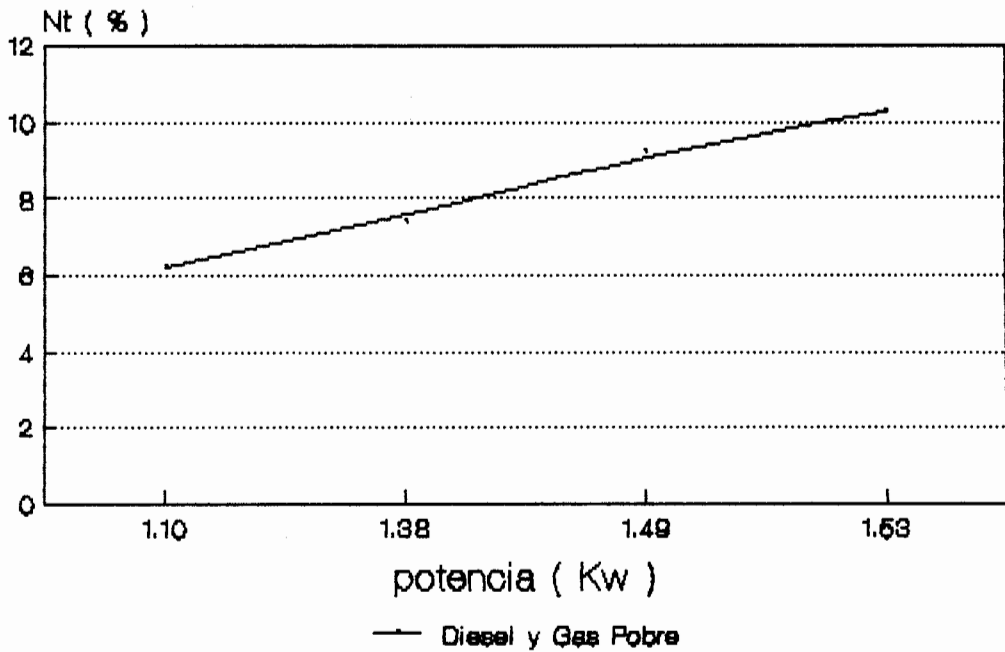
Nt vs potencia



.17a.- Prueba # 5

Motor encend.por compresion

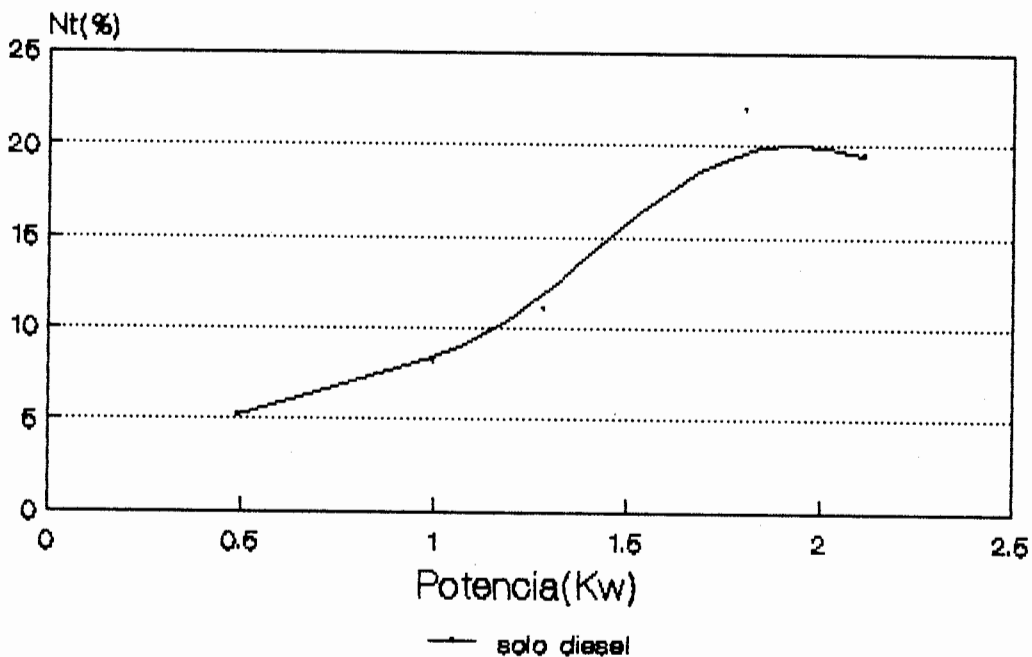
Nt vs potencia



.17b.- Prueba # 5

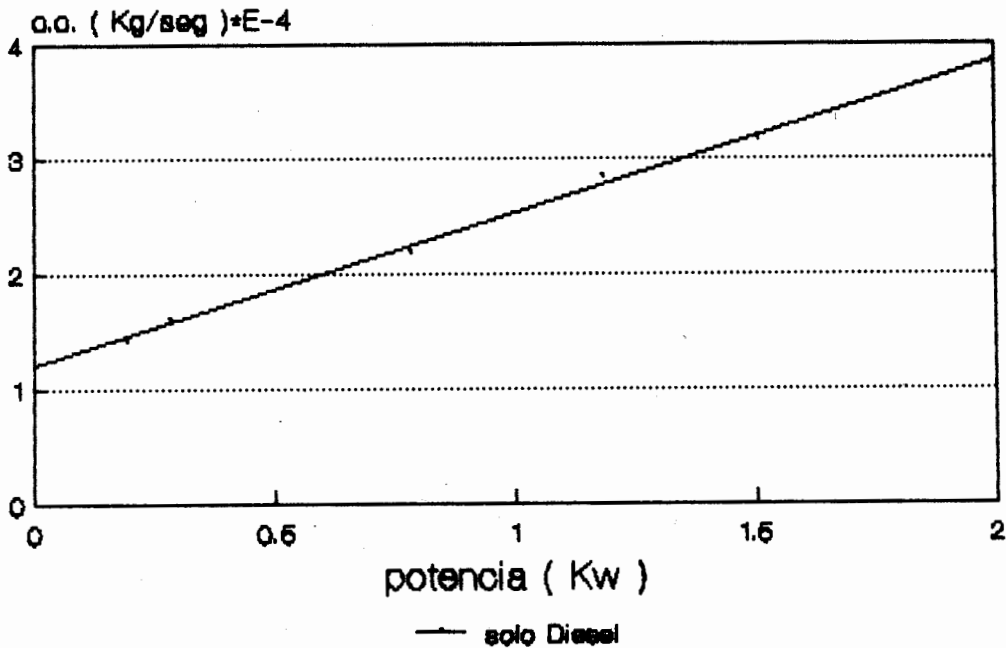
Motor encend.por compresion

Nt vs potencia



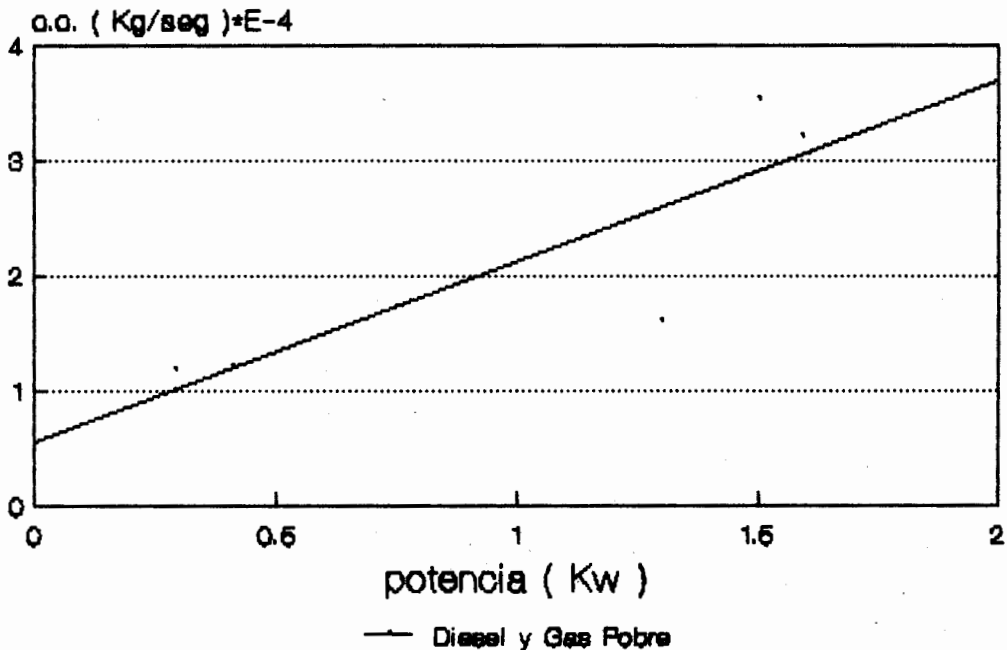
.18.-motor completamente acelerado

Motor encend.por compresion c.c. vs potencia



19a.- Prueba # 1

Motor encend.por compresion c.c. vs potencia

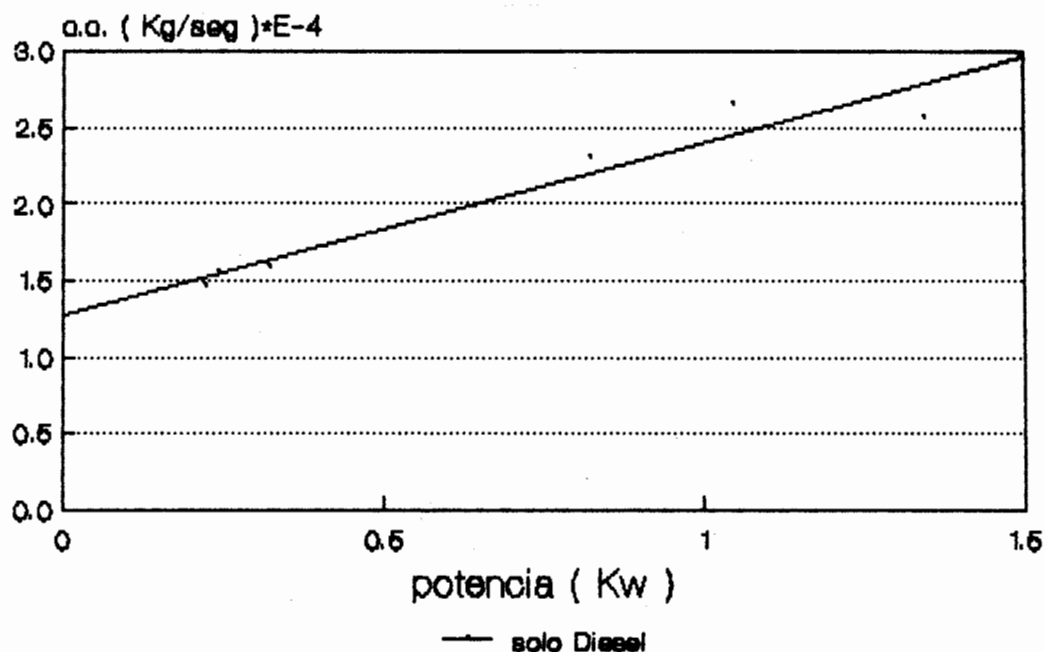


19b.- Prueba # 1

Motor encend.por compresion

c.c. vs potencia

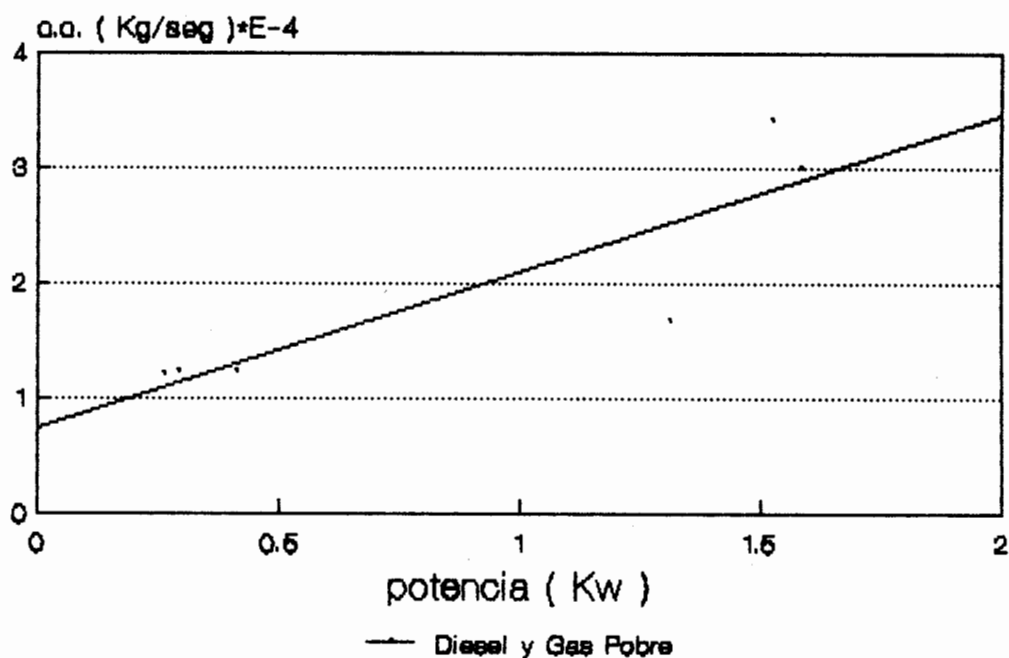
87



.20a.- Prueba # 2

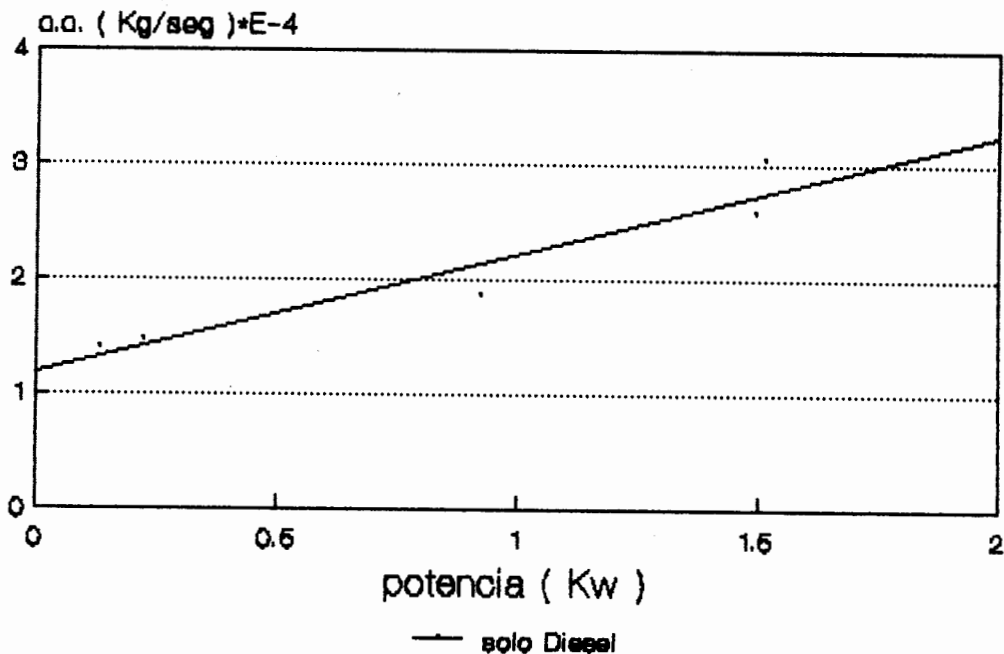
Motor encend.por compresion

c.c. vs potencia



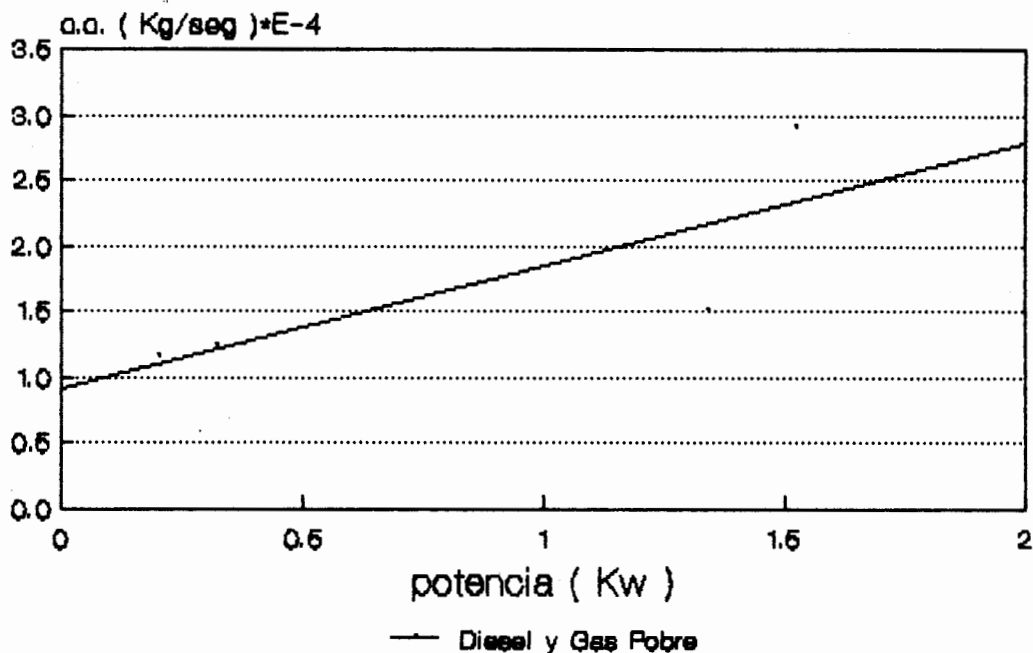
.20b.- Prueba # 2

Motor encend.por compresion c.c. vs potencia



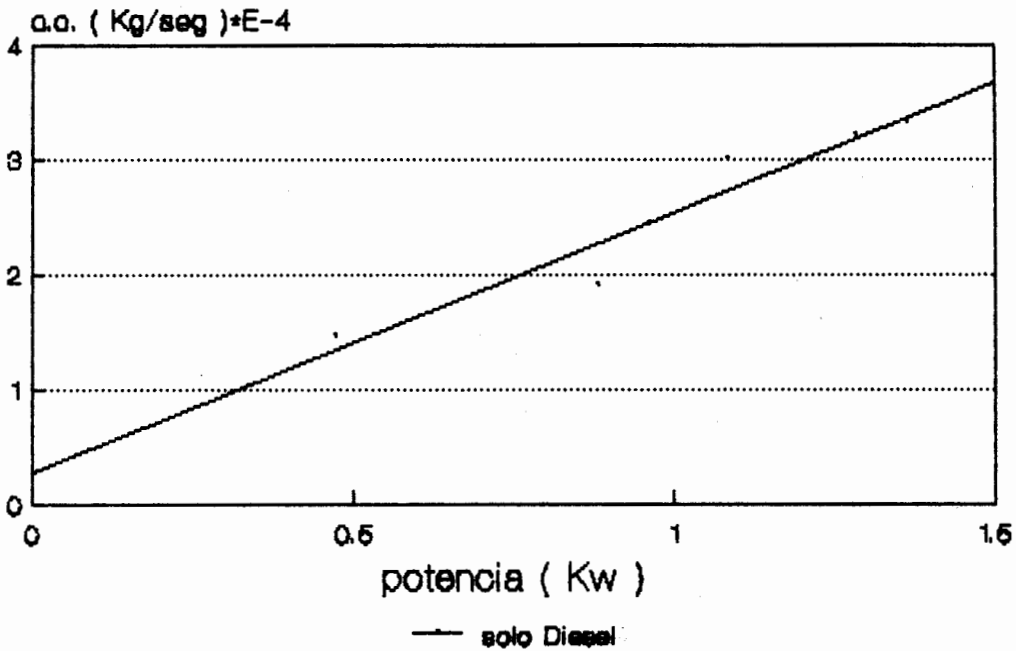
4.21a.- Prueba # 3

Motor encend.por compresion c.c. vs potencia



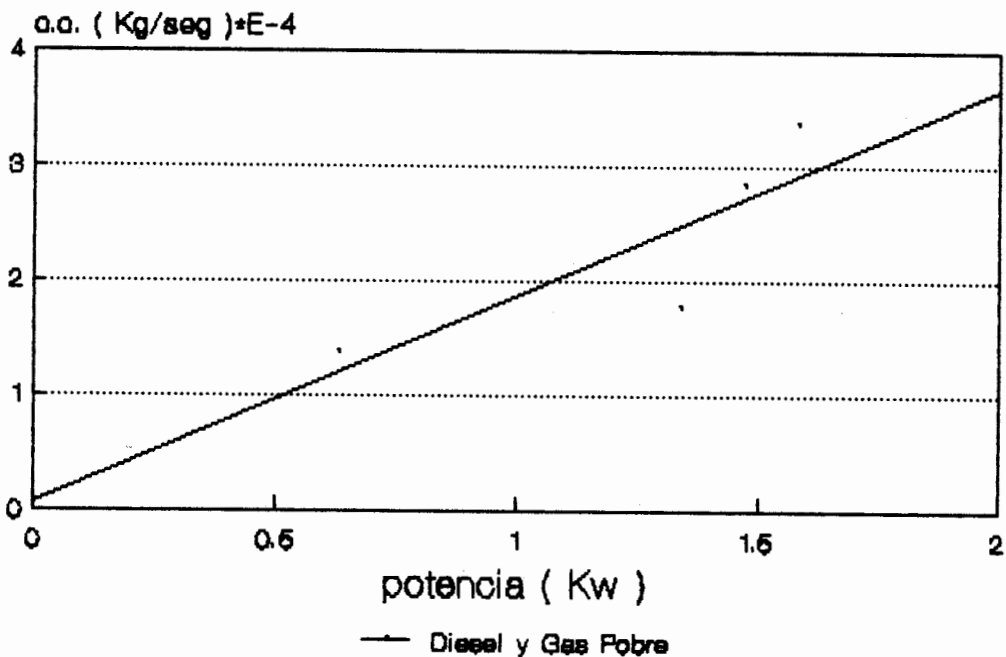
21b.- Prueba # 3

Motor encend.por compresion c.c. vs potencia



22a.- Prueba # 4

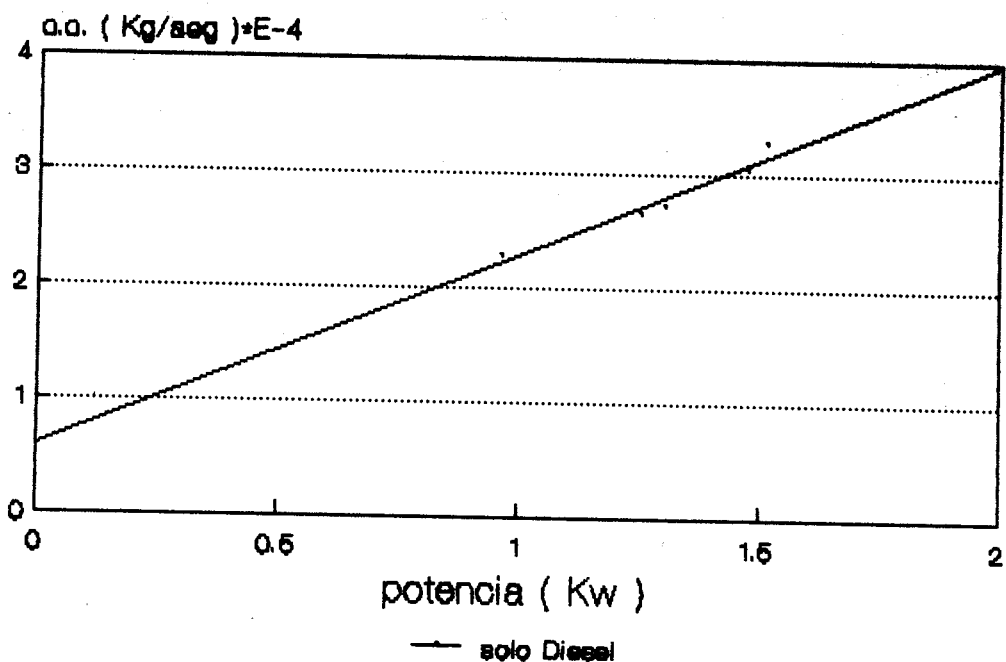
Motor encend.por compresion c.c. vs potencia



22b.- Prueba # 4

Motor encend.por compresion 90

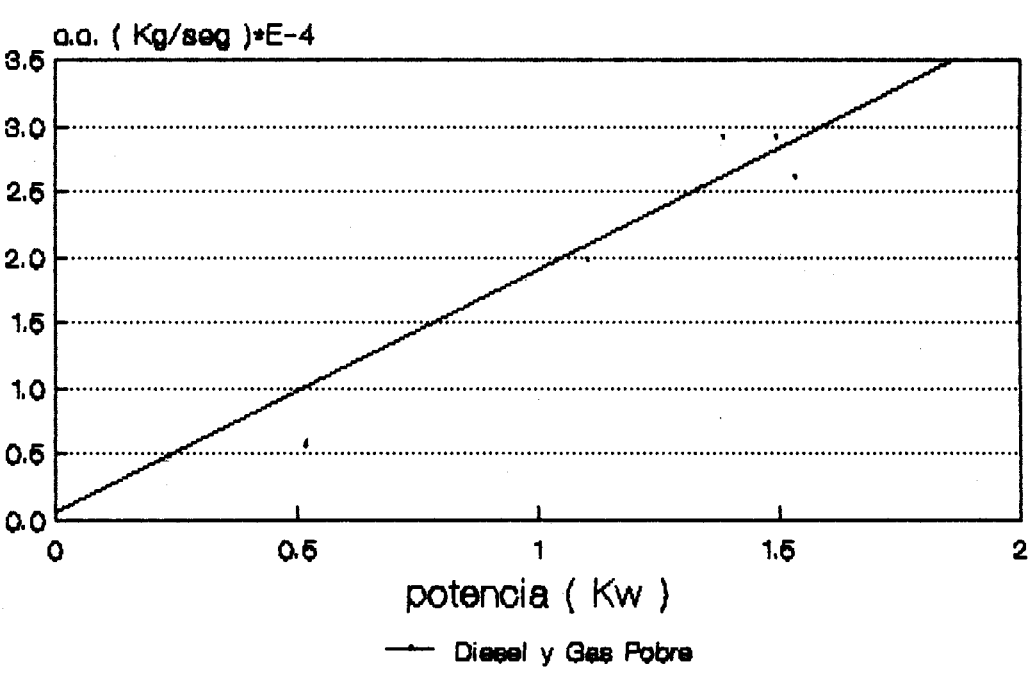
C.C. vs potencia



23a.- Prueba # 5

Motor encend.por compresion

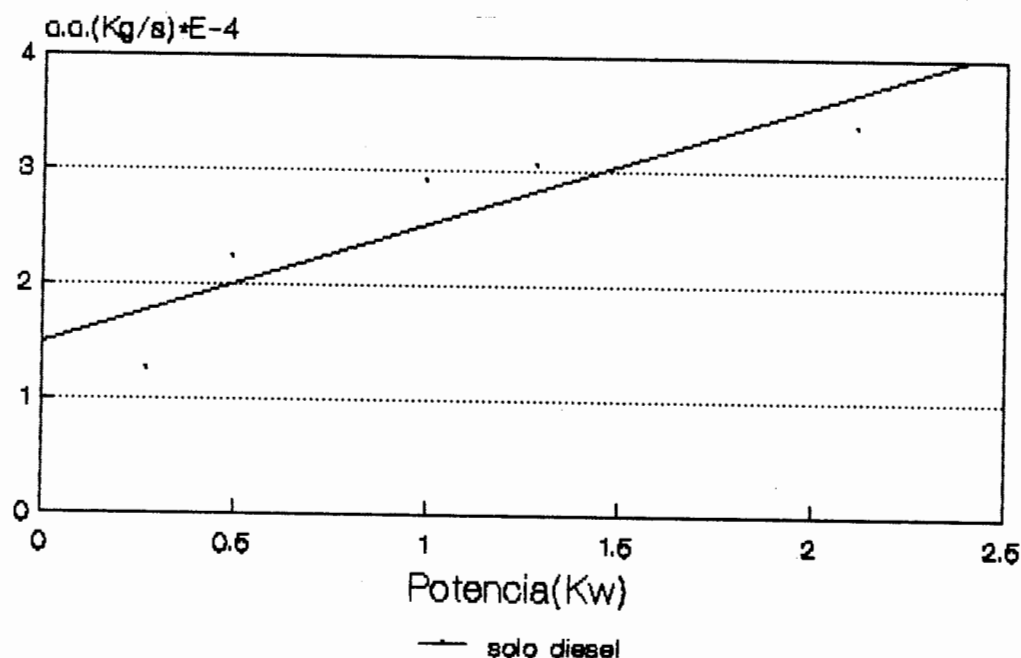
C.C. vs potencia



23b.- Prueba # 5

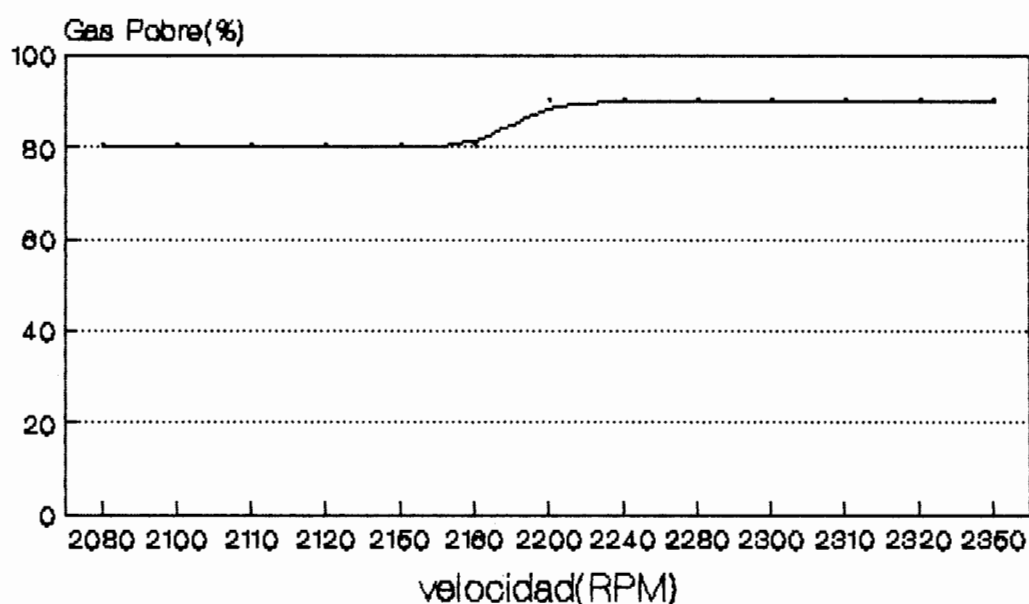
Motor encend.por compresion C.C. vs potencia

91



4.24.-motor completamente acelerado

Motor encend.por compresion % Gas Pobre vs velocidad



25.- motor con diesel y gas pobre

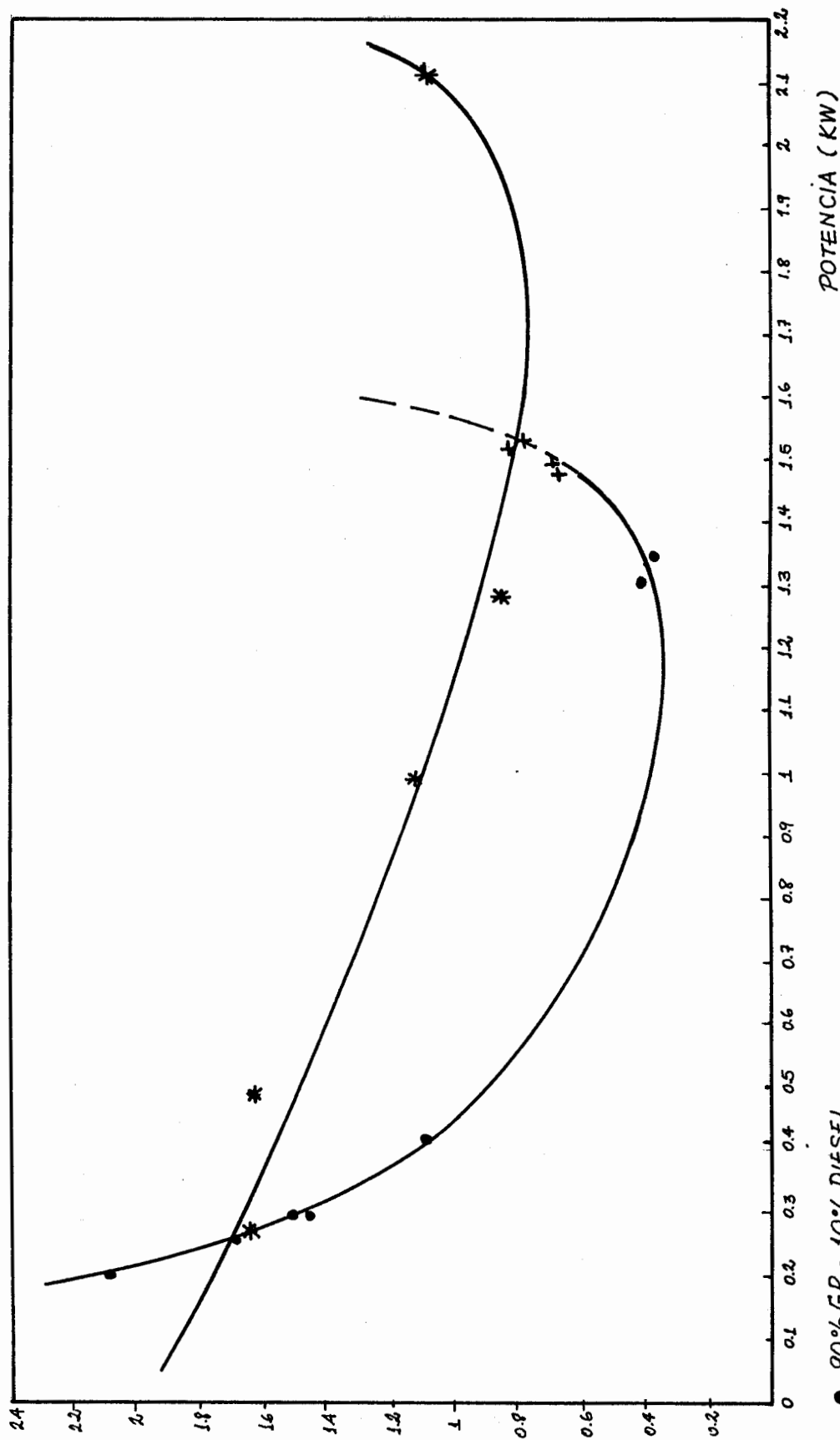
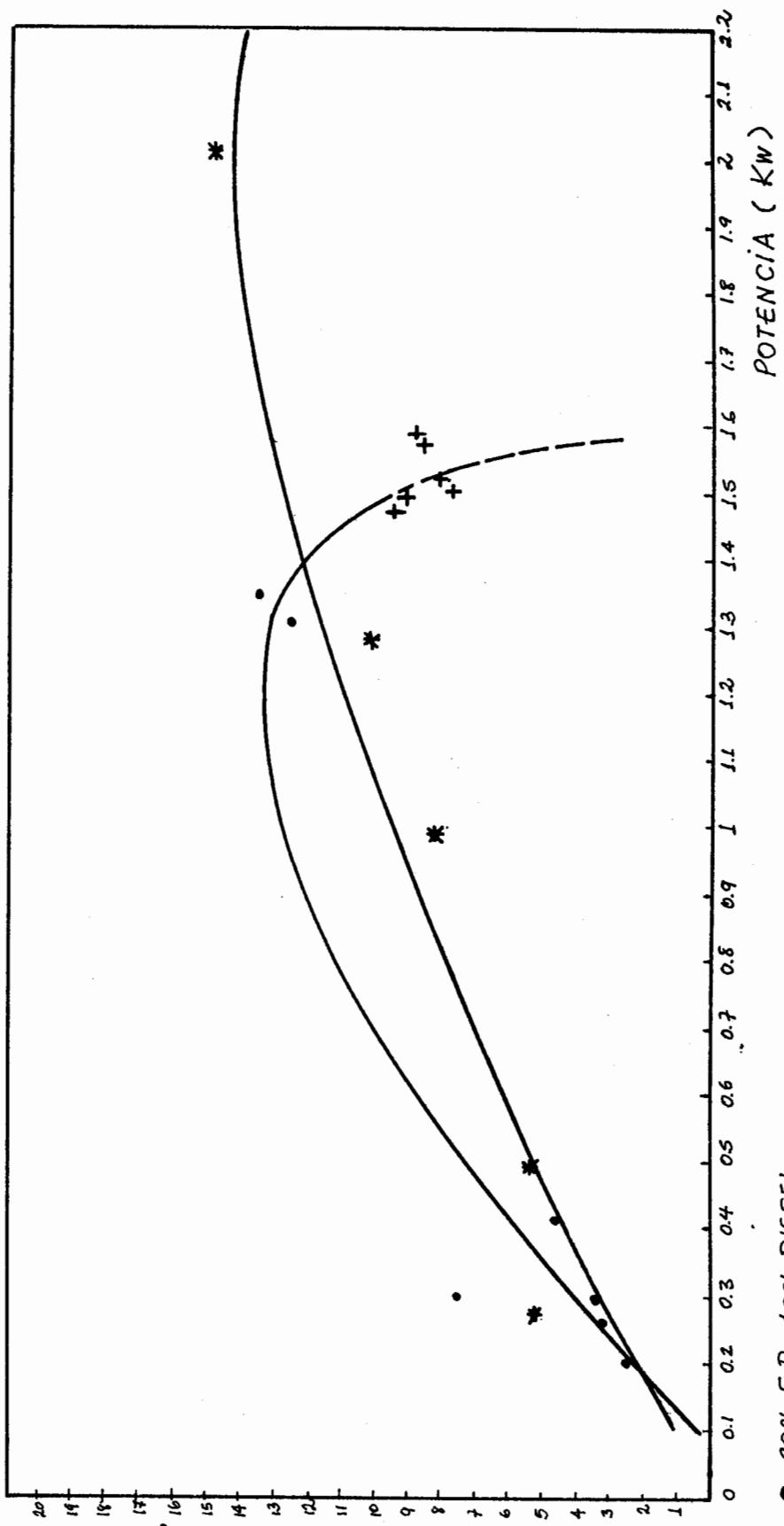
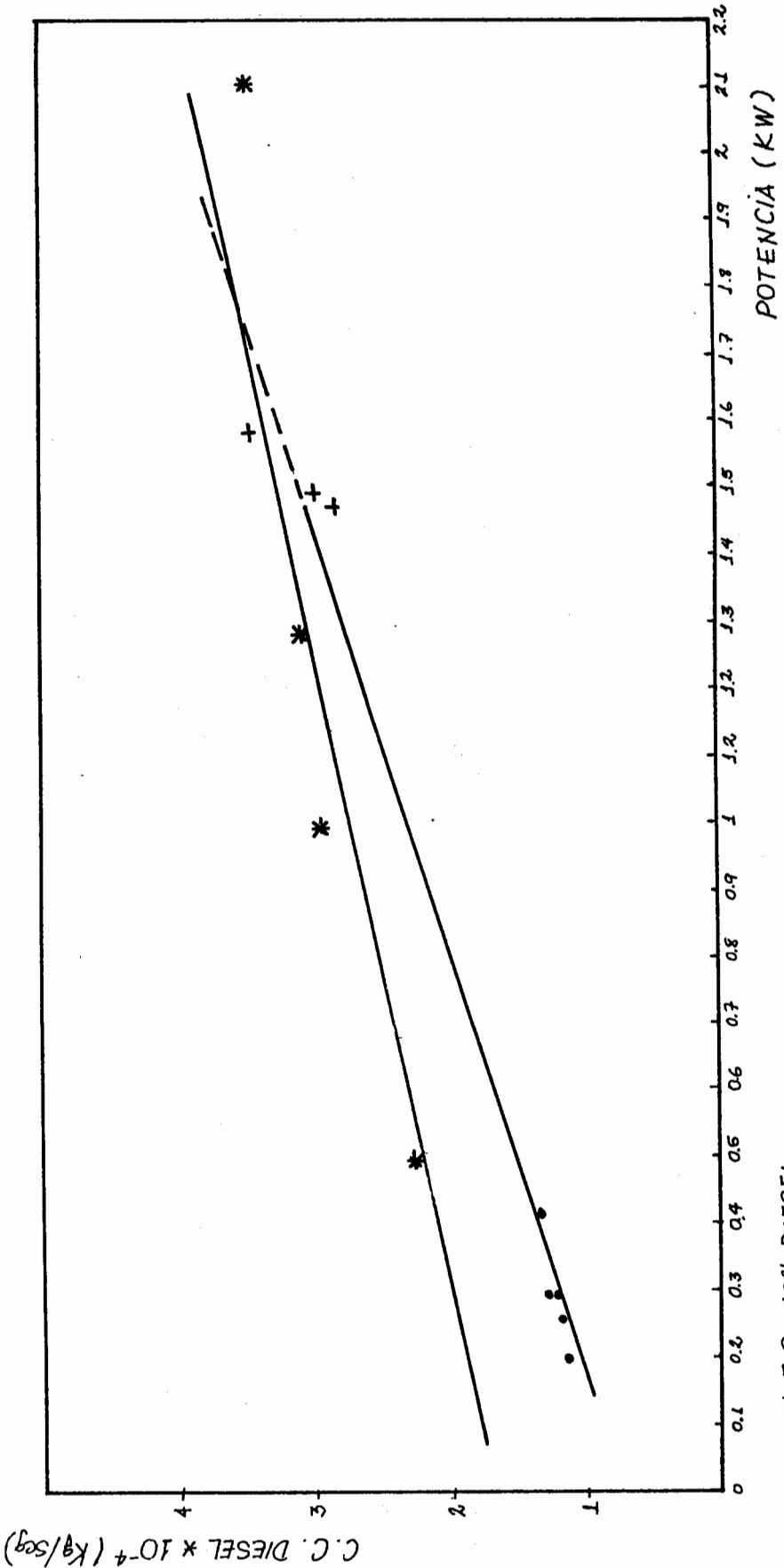


FIG. 4.27 η_t VS POTENCIA



- 90% G.P. - 10% DIESEL
- + 80% G.P. - 20% DIESEL
- * 0% G.P. - 100% DIESEL

FIG. 4.28 C.C. DIESEL VS POTENCIA



CAPITULO V

5. ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo, por tratarse de pruebas realizadas en dos tipos de motores con características de encendido distintas y además para un mejor entendimiento de cada uno de los gráficos mostrados, se dividirá el análisis de resultados en dos partes, las cuales se mencionan a continuación:

- a.- Análisis de resultados en motores de encendido por chispa operando normalmente(sólo gasolina) y con gas pobre(sólo gas).
- b.- Análisis de resultados en motores de encendido por compresión operando normalmente(sólo diesel) y con gas pobre(diesel y gas pobre).

A continuación se procederá a desarrollar cada uno de los literales mencionados anteriormente.

- a.- Análisis de resultados en motores de encendido por chispa operando normalmente(sólo gasolina) y con

gas pobre(sólo gas).

Comenzaremos analizando el gráfico de la potencia versus la velocidad de giro, esto es, las figuras 4.1 y 4.2 . Como se puede observar claramente, la potencia que se obtiene cuando el motor opera con gasolina - como combustible - la potencia de salida en el eje del motor es mayor que al potencia que se obtiene cuando el mismo motor opera con gas pobre.

La caída en potencia que se da cuando el motor opera con gas pobre es de alrededor del 40% con respecto a cuando el motor opera con gasolina; esto se da debido a que el gas posee un poder calorífico menor que la gasolina y por consiguiente, la mezcla aire - gas pobre tendrá un poder energético menor la mezcla aire - gasolina.

A continuación analizaremos la curva de eficiencia térmica versus la velocidad, esto corresponde a las figuras 4.3 y 4.4 . En estas figuras se puede notar que existe una disminución de la eficiencia térmica cuando el motor opera con gas pobre; como sabemos, la curva de eficiencia térmica para un motor nunca cambia, así se cambie las condiciones de operación, pero en este caso, existe un desplazamiento (hacia

abajo) de dicha curva, cuando el motor opera con gas, debido a que la potencia producida por el motor, no es la misma potencia que cuando el motor opera con gasolina, debido al menor poder calorífico del gas.

Este bajo poder calorífico del combustible(gas), hace que el flujo necesario para la combustión sea mucho mayor que el flujo de combustible que se necesita cuando el motor opera con gasolina y al tener en cuenta que la eficiencia térmica de un motor se define como la potencia producida en el eje dividida para el producto del consumo de combustible(gas) por el poder calorífico del gas, esto es, cantidad de energía química del combustible que se transforma en energía mecánica, entonces la eficiencia térmica del motor operando con gas es un poco menor que la eficiencia que se consigue cuando el motor opera con gasolina.

Por último, procederemos a analizar las curvas de consumo de combustible versus la velocidad correspondientes a las figuras 4.5a, 4.5b, 4.6a, 4.6b.

Cuando se analizó las curvas de eficiencia térmica vs la velocidad, se dijo que la eficiencia del

motor cuando éste operaba con gas, era menor que cuando el mismo motor operaba con gasolina, debido a la baja potencia que se conseguía en el eje y al elevado consumo de gas con respecto al consumo de combustible que se consigue cuando el motor opera con gasolina.

Esto nos da como resultado que la curva de consumo de combustible versus la velocidad, para el caso en que el motor se opera con gas, este por encima de la curva que se obtiene cuando el motor opera con gasolina.

b.- Análisis de resultados en motores de encendido por compresión operando normalmente(sólo diesel) y con gas pobre(diesel y gas).

A continuación se comenzará analizando las curvas de consumo específico de combustible versus la potencia, en las cuales podemos observar lo siguiente :

Cuando el motor opera sólo con diesel como combustible, el mínimo de consumo específico de combustible se produce a 1.5 Kw mientras que cuando el motor opera con diesel y gas pobre

como combustible, el mínimo de consumo específico de combustible se produce aproximadamente a 1.3 Kw.

Cuando el motor de encendido por compresión opera con diesel y gas pobre, se produce un desplazamiento de la curva de c.e.c. vs potencia hacia abajo con respecto a la curva que se obtiene cuando el motor opera solamente con diesel.


Ahora nos toca analizar las curvas de eficiencia térmica(N_t) vs potencia, podemos observar que cuando el motor opera con diesel y gas pobre, dicha curva se mantiene casi invariablemente, con respecto a cuando el motor opera sólo con diesel. Además, la máxima eficiencia térmica se consigue a aproximadamente 1.5 Kw para cuando el motor opera normalmente(sólo diesel), mientras que para cuando el motor opera con diesel y gas pobre, la máxima eficiencia térmica se consigue a aproximadamente 1.3 Kw.

Por último nos toca analizar la curva de consumo de combustible versus la potencia. En los gráficos correspondientes podemos observar los siguientes aspectos se a continuación se detallan:

Se observa en todas las curvas obtenidas que existe una disminución en el consumo de diesel, cuando el motor además de operar con diesel, opera con gas pobre.

Como consecuencia de lo dicho anteriormente, se produce una disminución en lo que respecta a las pérdidas mecánicas, ya que la curva, cuando el motor opera con diesel y gas pobre está por debajo de la curva resultante de operar el motor con diesel solamente.

Además observamos que la curva que muestra la variación de gas pobre con respecto a la potencia de salida muestra que hasta aproximadamente 0.82 Kw la relación diesel - gas pobre es de 10% - 90% respectivamente y a partir de 1.47 Kw la relación cambia a 20% - 80% . Además, al cambiar la relación de 10% - 90% a 20% - 80%, en ese momento comienza a aumentar el consumo de diesel respecto de cuando el motor opera normalmente produciéndose un efecto negativo en el motor (teóricamente), esto es, en lugar de seguir consiguiendo ahorro de combustible (diesel) comenzará a aumentar el



consumo, sin embargo, en la realidad esto no alcanza a suceder ya que el motor por abajo de los 2100 RPM comienza a perder estabilidad en su funcionamiento y tiende a apagarse.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este capítulo, al igual que se hizo en el capítulo anterior, procederemos a desarrollarlo en dos partes, esto es:

- .- Conclusiones y recomendaciones para el motor de encendido por chispa .
- .- Conclusiones y recomendaciones para el motor de encendido por compresión .

6.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA.

Una vez realizado el análisis de cada una de las curvas operacionales mostradas en el capítulo anterior, tanto para cuando el motor operaba con gasolina, como cuando operaba con gas pobre, se podría concluir y recomendar lo que a continuación se detalla:

Para realizar la selección de un motor, siempre se observa las curvas de potencia, eficiencia térmica y consumo de combustible versus la velocidad(en lo que respecta a un motor de encendido por chispa). Estas curvas nos ayudan a encontrar el mejor rango de velocidad de operación del motor; esto se consigue, observando donde se consigue la máxima potencia de salida en el eje del motor, con el mínimo de consumo de combustible y a la vez tratando de sacarle al motor la máxima eficiencia(requerimientos de operación).

De acuerdo a lo dicho anteriormente, el rango de velocidades al cual se tiene las mejores condiciones de operación están entre 1500 RPM a 2000 RPM para cuando el motor opera ya sea con gasolina o con gas pobre.

Sin embargo, esto no nos dice de cual motor cumple mejor con nuestros requerimientos de operación; por consiguiente, cabe acotar que es más recomendable operar el motor de encendido por chispa con gasolina que con gas pobre, ya que los resultados que se obtienen con el primer caso, son mejores que los que se

consiguen en el segundo caso(operando el motor con ags pobre), debido esto a la diferencia existente en el poder calorífico entre uno y otro combustible(poder calorífico de la gasolina mayor que el poder calorífico del gas pobre), que hace a su vez aumentar el consumo de combustible y por consiguiente disminuir a la eficiencia del motor, debido también a la baja potencia que se consigue en el eje.

Por lo dicho anteriormente, la utilización de gas pobre en motores de encendido por chísqa, es recomendable en lugares donde conseguir combustible(gasolina) es muy difícil, pero no es recomendable utilizar este gas en la ciudad, ya que es fácil conseguir gasolina y además no se obtiene el mejor aprovechamiento del motor.

6.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO POR COMPRESION.

En lo que respecta al motor de encendido por compresión, siempre para realizar la selección de un motor, se consideran las siguientes curvas operacionales:

.- c.e.c. vs potencia

.- Nt vs potencia

.- c.c. vs potencia

Como se podrá notar, para el motor de encendido por compresión, las curvas se realizan en base a la potencia de salida en el eje, mientras que para el motor de encendido por chíska, las curvas se realizan en base a la velocidad de giro del eje.

Esto se debe a que el motor de encendido por compresión es un motor que no es utilizado para desarrollar grandes velocidades, con poca potencia de salida(que es el caso del motor de encendido por chíska, utilizado comúnmente en automóviles) sino que se trata de un motor que va a estar sometido a grandes requerimientos de carga, de ahí que sus curvas operacionales están basadas en la potencia de salida y además estos motores son usados en equipo pesado o también conectados al eje de un generador.

Tomando en consideración la primera curva operacional, esto es, consumo específico de combustible(c.e.c.) versus la potencia, podemos concluir, basados en el concepto de c.e.c. que fué mencionado en la primera parte de este capítulo,

que cuando el motor opera con diesel y gas, el consumo de combustible para producir 1 Kw de potencia es menor que cuando el opera solamente con diesel.

El ahorro de diesel alcanzado para cuando el motor opera con diesel y gas pobre con respecto a cuando el motor opera sólo con diesel(para producir 1 Kw), es de aproximadamente 35%. Además, utilizando gas pobre, la potencia de salida en el eje del motor es un 30% a 35% mayor que cuando el motor opera sólo con diesel.

Ahora, considerando la curva de eficiencia térmica vs potencia, podemos notar que se mantiene casi invariable la eficiencia, cuando el motor opera con diesel y gas que cuando opera con diesel solamente.

Por último, la curva de consumo de combustible vs potencia nos demuestra lo que inicialmente se ha querido comprobar, esto es, el ahorro de combustible (diesel) que se obtiene al trabajar el motor con gas pobre. El ahorro de combustible alcanzado esta por alrededor del 35% como máximo, ya que si se observan detenidamente cada una de las curvas de consumo de combustible, en todos

estos gráficos, ambas curvas(sólo diesel y diesel con gas) se presentan convergentes, por consiguiente, el ahorro de combustible que se obtiene, no siempre es constante, sino que va disminuyendo a medida que la potencia va aumentando. Además el gráfico que presenta la relación entre los porcentajes de gas pobre utilizado en base a la potencia de salida nos permite observar este fenómeno.

Cabe acotar que al hablar de un 10% de diesel presente en la mezcla diesel - gas, no quiere decir que se a ahorrado 90% en masa de diesel, sino que el nuevo combustible(diesel-gas) posee 10% de diesel en masa y 90% de gas pobre, también en masa.

Como conclusión y recomendación general para el motor de encendido por compresión se puede decir lo siguiente:

Este tipo de motor puede operar con diesel y gas pobre obteniendo mejores resultados que si el mismo funcionará sólo con diesel, pero es recomendable operarlo con gas, siempre que el

motor vaya a ser operado por arriba de los 2100 RPM, ya que a partir de esta velocidad, el motor comienza a perder estabilidad en su funcionamiento y tiende a apagarse, debido a que comienza a ingresar menos aire del que es requerido para la combustión y continúa ingresando más gas, lo que hace que se pierda la " relación aire - combustible ".

Por lo tanto, si se va a requerir que el motor de encendido por compresión opere a un RPM abajo de 2100, se recomienda operarlo sólo con diesel.

Esta decisión se tomará de acuerdo a los requerimientos de carga que tenga el motor, ya que lo que se a tratado en esta tesis es de simular el comportamiento del motor al de un generador.

APENDICE A

DATOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA

OPERANDO CON GASOLINA

PRUEBA # 1			
Motor Operando Normalmente (sólo gasolina)			
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo (seg)	$P_{v_{aire}}$ (mm.H ₂ O)
2900	6.5	69.79	7.2
2700	9.7	76.52	7.0
2500	13.5	81.87	7.1
2300	17.5	84.98	6.8
2100	22.0	88.38	6.9
2000	25.0	90.08	6.7
1800	30.5	93.08	6.5
1700	30.0	99.55	6.6
1600	27.3	100.15	6.5
1500	28.5	101.92	6.4

DATOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA

OPERANDO CON GASOLINA

PRUEBA # 2			
Motor Operando Normalmente (sólo gasolina)			
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo (seg)	P_{aire} (mm.H ₂ O)
2800	8.1	73.16	7.1
2700	9.6	76.41	7.0
2650	10.5	77.86	7.1
2560	14.0	80.26	6.9
2400	16.5	83.42	6.9
2300	17.0	84.52	6.8
2220	20.5	86.34	6.7
2000	25.0	89.92	6.6
1840	28.5	92.48	6.5
1720	27.5	98.26	6.6
1500	27.0	101.90	6.5
1300	26.0	109.41	6.3

APENDICE B

DATOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA

OPERANDO CON GAS POBRE

PRUEBA # 1			
Motor Operando con Gas Pobre (sólo gas)			
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	$P_{v_{gas}}$ (mm.H ₂ O)	$P_{v_{aire-gas}}$ (mm.H ₂ O)
2900	4.5	2.4	4.0
2700	6.0	2.1	3.5
2500	8.0	2.0	3.4
2300	10.0	2.1	3.5
2100	12.5	1.9	3.3
2000	14.0	1.8	3.1
1800	17.0	1.7	3.2
1700	16.5	1.8	3.0
1600	15.5	1.7	3.0
1500	14.5	1.6	2.9

DATOS OBTENIDOS EN EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA

OPERANDO CON GAS POBRE

PRUEBA # 2			
Motor Operando con Gas Pobre (sólo gas)			
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	$P_{V_{gas}}$ (mm.H ₂ O)	$P_{V_{aire-gas}}$ (mm.H ₂ O)
2800	5.3	2.4	4.0
2700	6.0	2.3	3.9
2650	7.6	2.1	3.6
2560	8.5	2.0	3.7
2400	9.8	1.9	3.5
2300	10.0	2.0	3.4
2220	12.0	1.8	3.3
2000	14.3	1.8	3.2
1840	16.0	1.7	3.3
1720	15.5	1.6	3.1
1500	15.2	1.7	3.0
1300	14.8	1.5	2.9

APENDICE C

**TABLA DE DATOS PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 1				
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)				
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo de Cons. Comb. (seg)	Presión Vel. Mezcla 10^{-2} (cm H ₂ O)	Presión Vel. gas 10^{-2} (cm H ₂ O)
2320	3.0	150	9.3	0.0
2280	4.5	132	10.9	0.0
2240	12.5	97	7.9	0.0
2120	20.0	75	12.9	0.0
2080	23.5	71	13.1	0.0
2040	26.5	67	13.0	0.0
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)				
2320	4.5	160	13.2	3.3
2280	6.5	157	12.7	2.2
2240	21.0	112	13.2	3.1
2120	27.0	66	11.4	3.7
2080	26.0	60	12.8	3.9
2040	----	--	----	4.1

**TABLA DE DATOS PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 2				
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)				
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo de Cons. Comb. (seg)	Presión Vel. Mezcla $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)	Presión Vel. gas $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)
2310	3.5	145	9.4	0.0
2300	3.7	137	9.5	0.0
2280	5.0	134	11.0	0.0
2200	13.5	92	11.5	0.0
2150	17.5	80	12.4	0.0
2100	23.0	71	13.1	0.0
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)				
2310	4.0	156	11.9	2.1
2300	4.5	154	12.3	2.2
2280	6.5	153	12.8	3.4
2200	21.5	108	13.1	3.6
2150	25.5	71	12.9	3.7
2100	26.0	62	12.6	4.0

**TABLA DE DATOS PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 3				
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)				
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo de Cons. Comb. (seg)	Presión Vel. Mezcla $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)	Presión Vel. gas $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)
2350	2.0	153	9.2	0.0
2300	3.5	146	9.4	0.0
2200	15.0	115	7.9	0.0
2100	25.5	82	13.0	0.0
2050	26.5	70	13.1	0.0
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)				
2350	3.0	165	11.5	1.9
2300	5.0	152	12.1	2.1
2200	22.0	122	13.2	2.9
2100	26.0	73	13.4	3.5
2050	----	--	----	4.1

**TABLA DE DATOS PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 4				
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)				
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo de Cons. Comb. (seg)	Presión Vel. Mezcla $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)	Presión Vel. gas $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)
2250	7.5	145	11.2	0.0
2200	14.5	112	12.0	0.0
2160	16.0	87	12.5	0.0
2110	18.5	71	13.0	0.0
2040	24.0	64	12.9	0.0
2010	23.0	66	13.1	0.0
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)				
2250	14.0	154	12.9	2.3
2200	22.0	120	12.9	2.9
2160	24.5	75	12.8	3.3
2110	27.0	63	13.1	3.5
2040	----	--	----	4.0
2010	----	--	----	4.1

**TABLA DE DATOS PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

PRUEBA # 5				
Motor Operando Normalmente (sólo Diesel)				
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo de Cons. Comb. (seg)	Presión Vel. Mezcla $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)	Presión Vel. gas $\times 10^{-2}$ (cm H ₂ O)
2200	16.0	93	11.5	0.0
2150	21.0	80	12.4	0.0
2125	22.0	78	12.7	0.0
2076	25.5	70	13.2	0.0
2050	26.5	65	13.2	0.0
Motor Operando con GAS POBRE (Diesel y Gas)				
2200	21.0	110	13.0	3.3
2150	25.0	73	12.9	3.4
2125	26.0	69	11.1	3.5
2076	24.0	61	13.5	3.8
2050	----	--	----	4.0

**TABLA DE DATOS PARA EL MOTOR DE ENCENDIDO
POR COMPRESION**

Motor de Encendido por Compresión		
Condición: completamente acelerado		
Combustible: sólo diesel		
Velocidad (RPM)	Fuerza (N)	Tiempo.Cons. Comb.(seg)
3040	25	82
2400	4	172
2200	8	95
2100	17	73
2000	23	70

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **The Modern Diesel Development and Design.**- Edited by D.S.D. William, C. Eng., MI Mech. E. Lond.- Newnes - Butter Worths. 14th Edition.- Imprint of the Butter Worth Group, 1972.
- 2.- **Thermal Conversion of Solid Wastes and Biomass.**- Jerry L. Jones and Shirley B. Radding, Editors.- SRI International.- Library of Congress CPI Data.- Copyright 1980.
- 3.- **Instructional Test and Experiments on Internal Combustion Engines.**- M.A. PLINT, BSC.(Eng.),PH.D., C.Eng.,F.I. Mech. E.
- 4.- **Tesis: Pruebas Experimentales de Gasificación y Operación con Gas Pobre de un Motor Encendido por Chispa.**- Franklin Leoncio Rodriguez V. .- 1990
- 5.- **Energy Demand Management and Conservation Training Course.**- Hagler, Bailly & Company and Reliance Energy Services .- December 1983
- 6.- **Plint & Partners LTD Engineers.**- Fishponds Road Wokingham RG11 2QG Berkshire.- England

7.- Folleto de Laboratorio de Generación de Poder.- ESPOL

8.-Energy, the Biomass Options.- Henry R. Bungay.- Third
Edition.- 1982

9.- Folleto de Motores Endotérmicos.- ESPOL