

MEL
G-010
I-216
D-071
1978

OK!

ESPOL-CIB
INVENTARIO FÍSICO

16 SEP 2018
POR: Liliana Andrade

Liliana
18/12/2014

T
629.253
B268
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

INVENTARIADO

TESIS DE GRADO

POR: 20-11-2015

"ANALISIS DE EFECTOS DE LOS ADITIVOS COMERCIALES
PARA GASOLINA DE AUTOMOVILES"

D-6711

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO MECANICO

ESPOL-CIB
INVENTARIO FÍSICO

16 SEP 2019

POR: lz

POR:

BOLIVAR A. BARRAGAN GUERRA

GUAYAQUIL-ECUADOR

SEPTIEMBRE, 1978

Ruben Garro
6/3/03

"ANALISIS DE EFECTOS DE LOS ADITIVOS COMERCIALES
PARA GASOLINA DE AUTOMOVILES"



DIRECTOR DE TESIS

A U T O R

ING. MARCO A. PAZMINO B.

BOLIVAR A. BARRAGAN G.

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis son de mi exclusiva responsabilidad, y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

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

DEDICATORIA

A mis Padres

A mis Hijos

A mi Esposa

AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

Al ING. MARCO A. PAZMINO, catedrático
del Departamento de Ingeniería Mecánica de la ESPOL, por su Direc-
ción en el desarrollo de este tra-
bajo.

Al ING. ARTHUR HENDERSON e ING.
GEORGE COSTIGAN, profesores de
Ingeniería Mecánica del Sunder
land Institute Polithecnic, y
al técnico ALAN SLATER por la
colaboración prestada.

"ANALISIS DE EFECTOS DE LOS ADITIVOS COMERCIALES PARA GASOLINA DE AUTOMOVILES"

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| CAPITULO I | |
| INTRODUCCION | 1 |
| 1.1. Antecedentes | 1 |
| 1.2. Justificación del Proyecto | 1 |
| CAPITULO II | |
| COMBUSTIBLES | 4 |
| 2.1. Tipos de Combustibles | 4 |
| 2.2. Fuentes de Combustibles | 8 |
| 2.3. Proceso de Refinamiento | 10 |
| 2.4. Estudio del nivel de octanaje producido en refinerías del Ecuador. | 19 |
| CAPITULO III | |
| INGENIERIA DEL PROYECTO. (TEORIA) | 21 |
| 3.1. Métodos de determinación del octanaje. | 21 |
| 3.2. Estudio del nivel de octanaje y sus efectos en los motores. | 28 |
| 3.2.1. Efectos del bajo octanaje sobre la vida y rendimiento de las máquinas. | 28 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2. Efectos del alto octanaje en las máquinas. | 45 |
| 3.3. Medidas para mejorar el rendimiento de un motor usando combustible de bajo octanaje. | 46 |
| 3.3.1. Aditivos corrientes | 46 |
| 3.3.2. Otros aditivos | 57 |
| 3.3.2.1. Análisis de su efectividad | 57 |
| 3.3.2.2. Análisis de su economía | 76 |
| 3.3.2.3. Estudio del mercado de los aditivos | 76 |
| CAPITULO IV TRABAJO EXPERIMENTAL | 77 |
| 4.1. Introducción | 77 |
| 4.2. Efectos del combustible de bajo octanaje sobre la eficiencia térmica, la potencia, el torque y el consumo específico de combustible. | 87 |
| 4.3. Efectos del combustible de bajo octanaje sobre el rendimiento total de la máquina. | 87 |
| 4.4. Análisis para determinar cuantitativamente los efectos antes mencionados. | 88 |

| | |
|---|-----|
| 4.5. Planificación de un programa de pruebas para cubrir una investigación sistemática de los aditivos analizados en el Capítulo III. | 89 |
| 4.5.1. Prueba sobre los efectos de los aditivos sobre la eficiencia térmica, la potencia, el torque y el consumo de combustible. | 89 |
| 4.5.2. Prueba sobre los efectos de los aditivos sobre el rendimiento total de la máquina. | 101 |
| 4.5.3. Prueba para determinar cuantitativamente los efectos de los aditivos en las características de la máquina. | 101 |
| 4.6. Comparación de la economía, eficiencia y méritos del uso de aditivos. | 102 |
| CAPITULO V ENSAYOS Y RESULTADOS: DISCUSION | 104 |
| CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 114 |
| DIAGRAMAS Y TABLAS | 120 |
| NOMENCLATURA | 195 |
| BIBLIOGRAFIA | 197 |

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| <u>FIG. N°.</u> | <u>DESCRIPCION</u> | Pág. |
|-----------------|---|------|
| 1 | Ampliación de la escala de número de octano por encima de 100. | 22 |
| 2 | Escala de números de potencia mecánica. | 23 |
| 3 | Número de octano respecto a la potencia motriz de salida. | 28 |
| 4 | Proceso de combustión sin picado | 31 |
| 4a | Proceso de combustión con picado | 31 |
| 5 | Influencia de la relación de compresión sobre la tendencia al picado, indicada por el índice de octano y la presión en el colector de admisión. | 39 |
| 6 | Formas de la cámara de combustión. | 43 |
| 7 | Números de octano de mezclas de gasolina con alcohol, benzol y plomo tetraetilo. | 55 |
| 8 | Banco de prueba para trabajo experimental. | 78 |

| <u>FIG. N°</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>Pág.</u> |
|----------------|--|-------------|
| 9 | Panel de control | 117 |
| 10 | Motor Norton Villiers F15 | 117 |
| 11 | Tacómetro, contador de revoluciones y medidor de consumo de combustible. | 118 |
| 12 | Dinamómetro eléctrico | 118 |
| 13 | Equipo utilizado para análisis de ORSAT. | 119 |
| 14 | Relación entre composición de gases de escape y razón de aire - combustible. | 113 |
| 15 y 16 | Gasolina sin aditivo | 163-164 |
| 17 a 20 | Gasolina con aditivo Wynn's | 165-168 |
| 21 a 24 | Gasolina con aditivo STP | 169-172 |
| 25 a 27 | Gasolina con aditivo DUPONT | 173-175 |
| 28 a 30 | Gasolina con aditivo VALVETOP | 176-178 |

| <u>TABLA N°</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>Pág.</u> |
|-----------------|---|-------------|
| 1 | Antidetonantes de gasolinas y otros aditivos. | 49 |
| 2 | Comparación económica entre - los aditivos para gasolina. | 103 |
| 3 a 8 | Gasolina sin aditivo | 121-123 |
| 9 a 26 | Gasolina con aditivo Wynn's | 124-132 |
| 27 a 44 | Gasolina con aditivo STP | 133-141 |
| 45 a 56 | Gasolina con aditivo DUPONT | 142-147 |
| 57 a 74 | Gasolina con aditivo VALVETOP | 148-156 |
| 75 | Análisis de ORSAT para gasolina sin aditivo. | 157 |
| 76 | Análisis de ORSAT para gasolina con aditivo Wynn's | 157 |
| 77 | Análisis de ORSAT para gasolina con aditivo STP | 158 |
| 78 | Análisis de ORSAT para gasolina con aditivo DUPONT. | 158 |
| 79 | Evaluación para potencia máxima de salida. | 159 |
| 80 y 81 | Evaluación para consumo específico mínimo de combustible. | 160 |
| 82 a 85 | Evaluación a partir del análisis de ORSAT. | 161-162 |

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES

La máquina de combustión interna es quizás el mejor aparato mecánico disponible para introducir al estudiante a los aspectos prácticos de ingeniería. Una máquina es algo comparativamente complicado, ocasionalmente inquietante en su funcionamiento y capaz de presentar muchos problemas difíciles y fallas complicadas, cuya solución se presenta como un desafío instructivo para el joven ingeniero.

Lo anterior lo hemos tomado del manual de instrucciones sóbre pruebas y experimentos en máquinas de combustión interna y es el criterio del Dr. Plint.

Esta idea justamente la acogemos para introducirnos en el análisis de los efectos de los aditivos comerciales para gasolina de los automóviles.

Podemos decir entonces, que los aditivos son un medio interesante para aplicar lo dicho anteriormente.

1.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Es muy conocido por los automovilistas y por quienes de una u otra manera se encuentran relacionados con motores de com

bustión interna encendidos por chispa, que existen casas comerciales que distribuyen aditivos para gasolina en pequeñas latas de determinado volumen. Estos aditivos son inclusive fácilmente obtenibles en la mayoría de estaciones de servicio.

Se pondrá publicitariamente la eficacia de los aditivos comerciales para gasolina, que creemos que es una obligación como integrantes de la comunidad y como futuros profesionales, investigarlos con los elementos propios de nuestro medio. Cuando decimos esto, queremos dar a entender - que se debe realizar pruebas bajo nuestras condiciones ambientales y lo que es más importante, realizar pruebas con el combustible que es producido en nuestras refinerías.

Si bien es cierto que cuando se expone un producto al mercado, se lo hace luego de mucho tiempo de investigación y de haber logrado resultados, los mismos que han servido para nuevas investigaciones a fin de optimizar los beneficios o de minimizar los perjuicios si no es posible eliminarlos.

No tratamos de restarle méritos a la labor realizada, por supuesto, por expertos en la materia, sino iniciar una investigación que esté más o menos ajustada con nuestros elementos y llegar a nuestras propias conclusiones que posi-

blemente no harán otra cosa que comprobar lo que se ha dicho de ellos.

De lo que si estamos seguros es de que podremos realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de la efectividad de los aditivos con las pruebas que realizaremos, lo que significa para nosotros el objetivo de la tesis.

La tesis constará de seis capítulos, siendo los dos primeros una introducción al tema, el tercer capítulo comprende un estudio sobre el índice de octanaje, los efectos del índice de octanaje y los efectos de los aditivos para gasolina, en los motores. El capítulo cuatro trata sobre la planificación de la parte experimental y los elementos que se utilizarán para ello. Luego el capítulo quinto en el cual estará concentrada nuestra labor, debido a que es en él, donde se analizan los resultados de las pruebas. Finalmente, el capítulo sexto concluirá nuestro trabajo y en él se podrán encontrar conclusiones, recomendaciones, datos tabulados y graficados, y una amplia referencia bibliográfica que utilizaremos para la elaboración y presentación de la tesis.

CAPITULO 2

COMBUSTIBLES

2.1. TIPOS DE COMBUSTIBLES

Gas Licuado.- Son hidrocarburos que siendo gaseosos a la presión atmosférica y a la temperatura ambiente, por licuación se los pasa al estado líquido, lo que permite almacenarlos en recipientes adecuados bajo presión, para luego emplearlos en condiciones determinadas. Se trata en realidad de propano y butano. La mezcla de ambos productos que se encuentran en el gas natural de yacimientos gasíferos o petrolíferos. Se encuentra también en el gas de refinería que se produce por destilación fraccionaria o "cracking".

Gasolina natural.- Se la obtiene del gas húmedo que es un gas natural acumulado debajo de la tierra, que puede o no estar asociado con las correspondientes acumulaciones de petróleo crudo.

Gasolinas.- Es el subproducto más importante del petróleo. Consiste en una mezcla de hidrocarburos que hierven entre 40°C y 200°C, que se encuentran naturalmente en el petróleo y en el gas natural, junto con los hidrocarburos similares que se obtienen del "cracking" y otras fuentes. En

las fracciones livianas de destilación directa, la composición es influenciada por la naturaleza de los crudos de donde se las obtiene, debido a esto se encuentra que la gasolina es una mezcla compleja de un gran número de hidrocarburos de varias clases.

Gasolina de aviación.- Combustible de especificaciones más rígidas y entre los cuales podemos citar la estabilidad y limpieza, despreciable formación de gomas, número de octano más elevado, estabilidad química, gran volatilidad, etc. Por tal razón, las gasolinas obtenidas del "cracking" térmico por ser inestables y aquellas que se obtienen del "cracking" catalítico pueden necesitar refinación para ser empleadas. Finalmente las gasolinas que se obtienen del "reforming" suministran los hidrocarburos aromáticos necesarios.

Gasolina para automotores.- Deben contener suficientes constituyentes volátiles para permitir el arranque satisfactorio del motor, pero este porcentaje no debe ser excesivo, porque daría pérdidas por evaporación o vaporización prematura en el carburador. Tampoco debe tener un porcentaje elevado de productos pesados ya que al no vaporizarse fácilmente en las condiciones ordinarias impediría una buena distribución en los cilindros del motor. Debe tener un

número octano elevado y además contener poco azufre.

La gasolina de motores actualmente es una mezcla de: cortes directos de gasolinas (vírgenes) que son destilados del crudo, estables y de poco poder antidetonante, gasolina de "cracking"; gasolina de "reforming" obtenida de gasolina presada directa (aromáticos) y gasolinas de alquilación y polimerización obtenidas de los gases del "cracking". Puede contener butano de la planta para darle presión de vapor adecuada y además plomo tetractilo (TEL), inhibidores de gomas, aditivos para promover combustión limpia.

Kerosene.- Se puede definir como la fracción de petróleo que destila en 150°C y 300°C y que no contiene gasolina, ni residuo. Su punto de inflamación será mayor de 40°C. Debe ser incoloro o ligeramente amarillento. Su densidad varía con la composición, pero tratándose de kerosene constituido por hidrocarburos parafínicos su densidad varía de .800° a .815° API. El color tiene importancia porque es el índice de la refinación. El punto de inflamación es un índice del peligro de incendio en el transporte y manejo, puesto que es la temperatura más baja hasta la cual puede calentarse para que sus vapores mezclados con aire produzcan una mezcla explosiva.

Se lo utiliza para iluminación, calefacción doméstica, en

turbinas a gas y en ciertos tipos de tractores.

"Gas oil".- Es la fracción del petróleo que destila después del kerosene u otros iluminantes, su rango de destilación se encuentra entre 275°C y 400°C. Es de color amarillo y se lo utiliza para hacer gas de aceite y carburar gas de alumbrado o gas de agua (mejoramiento del valor calorífico). La mayor parte del "gas oil" se emplea en la refinería para llevarlo al "cracking" y obtener así gasolina, diesel, etc. Otro empleo es como absorbente.

Diesel.- Corresponde a las fracciones de petróleo que se emplean como combustibles en Diesel o máquinas de compresión a ignición y se lo obtiene de fracciones entre el kerosene y el "fuel oil" o aceites lubricantes.

Los combustibles diesel deben tener una viscosidad determinada de modo que el combustible pueda también lubricar el equipo de inyección y además estar libre de sedimentos y otras sustancias que puedan corroer las mallas y la válvula (azufre). Interesa también en estos productos la destilación, punto de inflamación, residuo carbonoso, punto de escorrimiento, número de cetano e índice de Diesel.

Aceite de quemar o "fuel oil".- Es un producto residual de la destilación del petróleo. Se obtiene de las refinerías

que elaboran solamente gasolinas, kerosene y "gas oil", de modo que es el producto obtenido como residuo en las plantas de "topping" (destilación directa) y los residuos de las plantas de "cracking", etc. Hoy el residuo de la destilación directa no se usa como "fuel oil" sino como carga para las plantas de "cracking" y se emplea como "fuel oil" el residuo del "cracking". El "fuel oil" del "cracking" tiene viscosidad más baja, lo que hace que se atomice más fácilmente en los quemadores en donde se emplea como combustible directo, siendo su principal uso el de calentar hornos, calderas, equipos, etc. Reemplaza para tales casos al carbón puesto que se puede hacer una combustión automática en los quemadores, además tiene mayor eficacia, limpieza, ocupa menos volumen de almacenaje, de poder calorífico superior, sin peligro de combustión espontánea, humo y cenizas.

Los aceites de quemar se gradúan por su viscosidad, que es una característica importante relacionada a su uso, el poder calorífico, bajo contenido de azufre y de cenizas son otras propiedades importantes. El agua y el sedimento, originan espuma y corrosión.

2.2. FUENTES DE COMBUSTIBLE

En nuestro medio encontramos dos fuentes de combustible a partir del petróleo crudo y son la región Oriental y la

Península de Santa Elena.

En la región Oriental existen cinco campos: Lago Agrio con 15 pozos, Shushufindi con 42 pozos, Sacha con 69 pozos, A-guarico con 5 pozos y Auca con 14 pozos. En la Península de Santa Elena existen tres campos: CEPE-Ancón con 581 pozos, CEPE-Carpet con 8 pozos y CEPE-Cautivo con 115 pozos.

Para la información sobre producción de petróleo crudo de estas fuentes así como para obtener datos estadísticos de producción de los diferentes derivados del petróleo en las refinerías de Anglo, Gulf, Texaco y Esmeraldas hemos acudido a la Dirección General de Hidrocarburos, la cual a través de la Oficina de Estadística y Documentación Petrolera nos ha proporcionado datos desde Diciembre de 1977 hasta Junio de 1978. Estos datos se encuentran en las Tablas incluidas en el Capítulo VI.

De los datos de Junio de 1978 proporcionados se tiene que: Los campos en la Región Oriental produjeron 6'543973 barriles de crudo, con un promedio día operación de 226592 barriles. La producción de crudo en la Península de Santa Elena fue de 51693 barriles de crudo, con un promedio día operación de 2621 barriles.

Las refinerías de Esmeraldas, Anglo, Gulf y Texaco procesan

ron 2'562.610 barriles, con un promedio día calendario de 85407 barriles, notándose un incremento de 78.4% si se compara con la cifra de Junio de 1977. Estas refinerías produjeron 2'561.959 barriles de los diferentes derivados del petróleo, con lo que se registra un incremento del 80.2% comparado con el número mes del año anterior.

De las mismas tablas vamos a obtener la razón por la que, como decimos más adelante, debemos realizar nuestras pruebas limitados a gasolina de 80 octanos. Se produce cierta cantidad de gasolina de 63 octanos en la Refinería de Anglo ubicada en Ancón, que sirve para mezclarla con la de 80 octanos y de esta manera se expende una sola clase de gasolina.

2.3. PROCESO DE REFINAMIENTO

Destilación.- Es el primer paso en la elaboración de los productos del petróleo, en el cual se separa del petróleo crudo los principales productos convencionales.

Es el proceso más importante en la refinería y todas ellas dependen más del proceso de destilación que de cualquier otro proceso.

En la separación primaria del petróleo crudo por destilación, los productos líquidos tienen una carrera de destilación y

no son hidrocarburos individuales, excepto los gases mezcla, tales como propano y butano. Cada producto contiene muchos compuestos y hierven dentro de un rango limitado.

En la destilación del petróleo crudo los componentes se separan en un número de fracciones volátiles y un residuo con los componentes de punto de ebullición más alto.

Un buen fraccionamiento es indispensable, evitando que las fracciones de un producto vayan a otros. Así el kerosene no debe contener las fracciones volátiles de la gasolina, ya que bajan el punto de ebullición y de inflamación del kerosene. Tampoco las gasolinas deben contener componentes del rango del kerosene, que elevan el punto seco y afectan el comportamiento de la gasolina en los motores.

La destilación es la operación completa de calentamiento, vaporización, fraccionamiento, condensación y enfriamiento.

La destilación tiene dos finalidades: (1) el fraccionamiento del petróleo crudo en cortes de diferente punto de ebullición y peso específico y (2) la reducción del material residual o la elevación del punto de inflamación.

Una unidad o planta de destilación, en su unidad entera; no requiere una superficie muy grande. La instalación consta de

hornos, columnas de fraccionamiento, columnas de evaporación instantánea, torres despojadoras, condensadores, intercambiadores de calor, bombas, casa de control; además, de sagues, cañerías para productos, gas, agua, aire comprimido, etc.

Destilación destructiva o "cracking". - Es la descomposición pirogénica del petróleo, con producción de hidrocarburos más livianos. Permite transformar fracciones pesadas del petróleo principalmente en gasolinas, de mayor valor; además se obtiene productos como el kerosene, "gas oil", "fuel oil" como un producto residual y también gases.

Todos los hidrocarburos del petróleo tienen una temperatura característica, arriba de la cual tienen lugar el "cracking".

El "cracking" es un fenómeno donde moléculas grandes se descomponen por el calor en moléculas de peso molecular más bajo y a la vez algunas moléculas reactivas se combinan con otras para dar moléculas más grandes que la carga original.

Prácticamente todos los procesos del "cracking" tienen lugar en los tubos de un alambique, de modo que no se requieren cámaras de reacción. La orientación es a la producción de

material limpio, que puede a su vez llevarse al "cracking" y que haya poca producción de coque o que no se produzca. Una pequeña parte de la descomposición se realiza en el evaporador. Como se trabaja a temperaturas elevadas, el recorrido a través de los tubos debe ser corto (línea de transferencia desde 475°C hasta 525°C) de acuerdo a la carga y tiempo de "cracking" (2 a 4 minutos). Se trabaja en operación continua, por períodos de alrededor de 3 meses, terminando la operación al formarse el coque en los tubos, el mismo que se separa de éstos con vapor y aire.

Se llama "cracking" térmico a la pirólisis de productos del petróleo más pesados que la gasolina (sin catalizador); el cual se puede realizar en fase vapor, líquida o mixta dependiendo de la presión. Si la presión es menor que 4 at. se tiene fase vapor y si la presión es superior a 25 at. se tiene fase líquida o mixta, (535°C a 595°C en fase vapor y 425°C a 525°C en fase líquida o mixta).

Factores que influyen en la producción y en la calidad de los productos son temperatura y tiempo; además de influir el rendimiento, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor será el rendimiento. Sin embargo, si se exagera el tiempo el resultado será una disminución del rendimiento.

La velocidad de reacción, la temperatura y el tiempo están relacionados entre sí, de tal manera que a temperaturas elevadas la velocidad de reacción es mayor y requiere menor tiempo.

La presión tiene su principal acción que la manifiesta al evitar la evaporación cuando se incrementa y tiende a producir la fase líquida, mientras que su descenso tiende a producir la fase vapor. Para producir mucha gasolina, "gas oil" en fase líquida y materiales para pesados, la presión debe ser alta.

Posteriormente el "cracking" catalítico, iniciado en 1937, empleando presiones mucho menores, en presencia de catalizadores, ha desplazado en gran parte al "cracking" térmico. Así por procesos catalíticos, partiendo de "gas oil", se obtienen grandes disponibilidades de nafta de alto octano y también por procesos catalíticos se mejoran las naftas de bajo octano (cracking), pasando a naftas de altos octano (reforming). Los procesos catalíticos se emplean también en polimerización, alquilación e isomerización de gases, para obtener a partir de los mismos, gasolinas de alto octano.

En la actualidad se complementan las plantas de "cracking" térmico y catalítico puesto que hay grandes cantidades de

"gas oil", que se obtienen en el "cracking" catalítico que no pueden reciclarse por la gran cantidad de coque que producen y que pueden someterse térmicamente al "cracking".

Reformado o "reforming".- Este proceso se emplea para mejorar las gasolinas pesadas que se obtienen de la destilación directa y que tienen un bajo índice octano; con el mismo propósito se lo utiliza en las gasolinas provenientes del "cracking".

El "reforming" térmico se inició en 1930 y se emplea para gasolinas pesadas las cuales tienen un número octano de 30 a 40. Consiste principalmente en una reacción de "cracking" para producir olefinas, de bajo peso molecular.

Debido a la baja calidad de la producción es reemplazado actualmente por los procesos de "reforming" catalítico.

El "reforming" catalítico, utiliza catalizador o selectivo para reacciones específicas deseadas que conducen a la obtención de gasolinas de alto número octano y sin exceso de gas. Los procesos más empleados trabajan en lecho fijo y con catalizador platino.

Las características de los catalizadores son la selectividad para la deshidrogenización e isomerización, estabili-

dad, etc.

Hasta el año 1952, las unidades eran del tipo no regenerativo, empleándose catalizador platino para un ciclo y luego se reemplazaba por catalizador fresco. Posteriormente se desarrolló el proceso "reforming" regenerativo, el cual regenera el catalizador intermitentemente al tratarlo con oxígeno para separar el coque, ya sea con o sin separación del catalizador del reactor. Este proceso tiene la ventaja que opera a presiones más bajas y en forma continua.

Polimerización.- Consiste en la conversión de hidrocarburos no saturados de peso molecular bajo (gases) por polimerización a combustibles para motores (gasolinas) de alto número de octano.

La carga normalmente empleada es el gas de "cracking" y que es químicamente reactivo.

Las plantas de polimerización utilizan procesos catalíticos, con catalizadores que trabajan a temperaturas y presiones más bajas y tienen mejor control que los procesos térmicos. Estos han sido desplazados actualmente, empleándose solamente para plantas de gasolina de gas natural, que no tienen olefinas, pero tienen exceso de propano y butano.

Alcohilación.- Se emplea este término en la industria del petróleo e indica la unión de hidrocarburos diferentes, incluyendo olefinas con un hidrocarburo saturado. Por este proceso se producen hidrocarburos individuales sintéticamente a fin de poder utilizarlos en motores de gran potencia. El gran valor de estos hidrocarburos, tales como el isoctano, ha mejorado la eficiencia de los aviones en lo que respecta al desarrollo de mayores velocidades, mayor capacidad de carga muerta y mayor facilidad de maniobras.

La alcohilación consiste en la adición de unas olefinas (butilenos preferentemente, propileno o amilenos) a un isoparafínico (generalmente isobutano). En este proceso se aumenta el peso molecular, obteniéndose hidrocarburos de cadena lateral, pasando de gases a un producto alquilado que hierve en el campo de las gasolinas y teniendo un número de octano 88 a 95. Este producto tiene un excelente comportamiento al TEL y son ideales para mezclarlos con gasolinas, debido a que está libre de productos formadores de gomas.

Los procesos industriales emplean ácido sulfúrico o ácido fluorhídrico y cloruro de aluminio como catalizadores operando con las mismas cargas.

Isomerización.- La gran demanda de isobutano para alcohila-

ción ha hecho que algunas refinerías no puedan obtenerlo en cantidades suficientes y deben proceder a la isomerización del *n*-butano.

Ultimamente ha tomado gran interés la isomerización del *n*-pentano y del *n*-hexano, de los que hay grandes disponibilidades en las refinerías y en el gas natural, para obtener combustibles para motores de alto número octano. Este es el último proceso desarrollado para transformar naftas livianas de bajo octano en isómeros de alto octano.

La isomerización de los hidrocarburos parafínicos se realiza en presencia de catalizadores. El primero empleado fue el cloruro de aluminio para isomerizar butano, pentano y hexano. Posteriormente se comenzó a utilizar metales soportados como catalizadores, que contenían platino, óxido de molibdeno en alúminas y níquel en sílice-alúmina.

Los primeros procesos trabajaban a temperaturas bajas - (180°C a 150°C) con catalizador cloruro de aluminio. Los procesos posteriores emplean temperaturas altas (370°C a 480°C) y con catalizadores metálicos soportados.

El proceso empleado en las refinerías de Anglo y de Gulf,

es el de destilación atmosférica. El proceso empleado en la refinería de Esmeraldas es el "cracking térmico" y el "cracking catalítico".

2.4. ESTUDIO DEL NIVEL DE OCTANAJE PRODUCIDO EN REFINERIAS DEL ECUADOR

Realmente este es un punto del capítulo que lamentablemente no puede ser desarrollado con la profundidad que deseamos al conocer que solo existe gasolina de un solo octanaje: 80 NO.

Hasta el año 1977, las destilerías de Anglo, Gulf y Texaco producían gasolina de 63 NO. A partir de Enero de 1978 la única refinería que la produce es la de Anglo.

En febrero de 1978 entró en funcionamiento la refinería de Esmeraldas procesando petróleo crudo para producir derivados entre los que se encuentra la gasolina de 80 NO. Con perspectivas a producir gasolina de hasta 90 - 92 NO se diseñó la refinería, pero por razones de política interna ésta no se procesa. De tal manera que por datos proporcionados en los Laboratorios de Anglo podemos anotar ciertas características de la gasolina de 80 NO las cuales son: Presión de vapor a 100°F de 9 lbs/in², cantidad máxima de go-

mas de 5 mlgr/100 ml y cantidad de azufre de .1%/peso.

Datos interesantes son los de volatilidad los cuales indican que a 70°C y 77°C se evapora un 10% y 50% respectivamente. A temperaturas de 121°C y 190°C se evapora un 50% y 90% respectivamente. Queda de residuo un 2% como máximo. Decimos que son interesantes porque dan idea del arranque en frío y la marcha en carretera.

Por último, el método Research del ASTM es el utilizado para obtener el índice de octanaje de la gasolina, el cual es brevemente explicado en el capítulo siguiente.

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO. (TEORIA)

3.1. METODOS DE DETERMINACION DEL OCTANAJE

Básicamente los combustibles son evaluados haciendo una comparación entre su comportamiento y el de ciertos combustibles de referencia. Debemos anotar que los componentes de los combustibles de referencia deben ser tales que sus mezclas en ciertas proporciones deben tener siempre las mismas características detonantes, característica principal sobre la cual se basa el índice octano; de otro modo la escala de referencia no puede ser fija ni invariable. Solamente existen dos formas para evitar la falta de constancia en los combustibles de referencia. Estas dos formas son:

- a) El empleo de sustancias puras cuyas propiedades físicas y químicas son constantes e independientes de cómo, cuándo o donde fueron preparadas, esto es de que no varíen de una partida a otra ni cambien con el tiempo.
- b) La utilización de gasolinas seleccionadas especialmente con la adecuada estabilidad de almacenaje, las cuales se separan en suficiente cantidad como para que los laboratorios que las utilizan dispongan siempre de productos

idénticos. El tipo primero se conoce como referencias primarias y el segundo tipo como referencias secundarias. Estas últimas deben calibrarse con respecto de las primeras.

En general, las parafinas son los combustibles menos sensibles. Existen, sin embargo, algunas excepciones, particularmente los aromáticos, con relaciones de compresión críticas más altas. De aquí que fuera necesario que dos parafinas, *n*-heptano e isooctano, se escogieran para definir la escala de índice de detonación, ya que la mayoría de los demás combustibles presentan unas características muy bajas de calidad de antidetonante; cuando se los somete a condiciones severas de motor.

Las referencias primarias que se han utilizado para determinar el grado de detonación de los combustibles con propiedades antidetonantes muy bajas, consisten en mezclas de isooctano y *n*-heptano, ambos son hidrocarburos completamente puros. Por definición de la escala de números octanos, el del isooctano se toma con un valor de 100 y el valor del *n*-heptano de

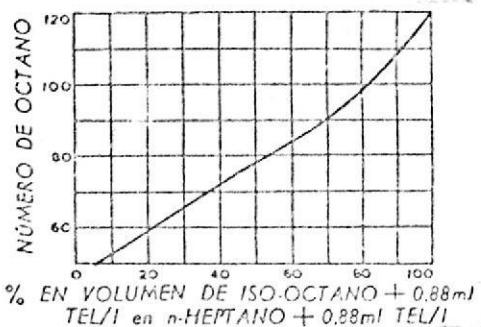


FIG. 1.- Ampliación de la escala de números de octano por encima de 100.

(Moderna Tecnología del Petróleo)

0. La escala puede sobrepasar de 100, originando valores numéricos patrones arbitrarios a las mezclas de isooctano más heptano con .40 ml de tetraetilo de plomo (TEL) por cada galón de combustible (Fig. 1), o a las de isooctano puro de TEL.

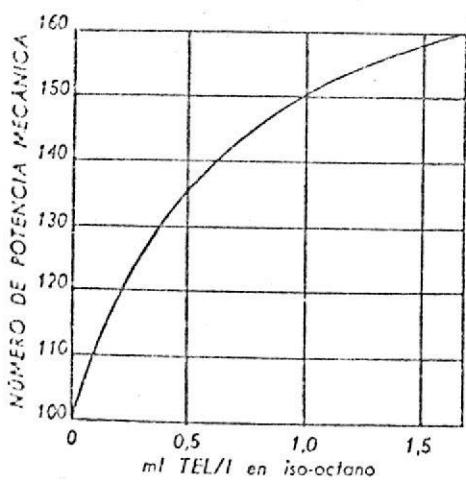


FIG. 2 .- Escala de números de potencia mecánica.
(Moderna Tecnología del Petróleo).

La escala de octano se emplea con mezclas de índice octano inferiores a 100, mientras que los resultados superiores se registran, bien en valores de índice octano tomados en la escala ampliada o en términos de ml de TEL en isoctano, que se pueden convertir directamente en números de potencia mecánica.

Los números de potencia mecánica generalmente utilizados para la valoración superior a 100

se basan en isoctano tomado como referencia primaria con distintas cantidades de TEL. (Figura 2) y su escala se relaciona con la escala de isoctano más TEL, tomando como base el rendimiento promedio de los combustibles etilados de referencia en motores de escala completa.

La Cooperative Fuel Research (CFR) adoptó el empleo del isoctano y del n-heptano como combustibles de referencia. Así una mezcla que contiene el 70% de isoctano y el 30% de n-heptano en volumen, se dice que es un combustible de índice octano igual a 70. Para combustibles de índice octano mayor que 100, también utiliza mezclas de isoctano y plomotetraetilo, la escala de octano se define como sigue:

$$NO = 100 + 22.28 \text{ TEL/l} + .736 \text{ TEL} + \sqrt{1 + 1.472 \text{ TEL} - .35216 \text{ TEL}^2}$$

donde el TEL representa 1 ml de TEL por cada galón americano de isoctano. Además sólo se toma la raíz positiva

de la cantidad bajo el signo radical.

Los métodos de ensayo del motor CFR se basan en el funcionamiento del mismo variando las condiciones de operación, tales como r.p.m., temperatura de refrigeración, y los detalles de instalación y diseño, al igual que el procedimiento de detección del "martilleo" (aguja móvil, térmico y acústico), tipos de válvula (cubiertas, planas, refrigeradas con sodio), etc.

El motor para el ensayo es un motor muy robusto de válvulas en cabeza y precisamente se construye así para que sea capaz de soportar el trabajo continuo en las condiciones de martilleo, el ciclo del motor se realiza en cuatro tiempos y es de un solo cilindro con 3.25 pulgadas de diámetro y 4.50 pulgadas de carrera. Es del tipo de compresión variable, que tiene un mecanismo que permite subir o bajar el cilindro, lo que se traduce en una relación de compresión variable que va desde 3:1 y mayores de 15:1; sin embargo, normalmente sólo se utiliza relaciones de compresión de 4:1 a 10:1. Un mecanismo único de válvulas mantiene un hueco constante de las mismas para cualquier posición del cilindro. Se utiliza un carburador de diseño horizontal y chorro de sangrado de aire.

Tres unidades de cámara de flotación pueden subir o bajar

se para proporcionar la relación de aire-combustible de picado máximo. Una de las unidades se utiliza para el combustible desconocido que ha de analizarse y las otras dos unidades para las mezclas de los combustibles de referencia.

Se utiliza un sistema de refrigeración por evaporación, para mantener constante la temperatura de la camisa del cilindro se deja que el refrigerante hierva en la misma, el vapor formado asciende hasta el condensador reflector, donde se condensa y vuelve al sistema.

Todas las dimensiones, accesorios e instrumentos, disposición, condiciones de operación y los detalles del ensayo que afecten la detonación han sido normalizados en la medida de lo posible o lo necesario para conseguir el control adecuado y seguridad en los resultados. La necesidad de normalizar el máximo tanto la máquina como los procedimientos, proviene del hecho de que muchos factores propios de la máquina afectan la tendencia al "martilleo" del combustible.

La evaluación original del índice de octanaje de los combustibles es el método CFR, de denominación ASTM, D 908. Sin embargo, diversos combustibles ensayados por este pro-

cedimiento no se comportaron de igual manera cuando se emplearon en motores de automóviles funcionando en carretera, ya que las condiciones de funcionamiento de ensayo CFR no fueron tan severas en algunos combustibles como las de motores en carretera con aceleraciones a estrangulamiento totalmente abierto. Consecuentemente se desarrolló el método Motor para obtener una mejor correlación entre los métodos de carretera y de laboratorio. Se debe anotar que existen diferencias tales como avance al encendido, temperatura de la mezcla en el colector de admisión y en las velocidades del motor. La tendencia reciente en los carburantes y en las características de transmisión de los motores es tal que la mejor correlación la proporciona la media de los métodos Research y Motor.

El aumento de la velocidad del motor y de la temperatura de la mezcla, al pasar del método Research al método Motor, aumenta apreciablemente la superficie de combustión y la temperatura de la mezcla final. Consecuentemente, un combustible sensible a la temperatura dà un límite notablemente más bajo en el método Motor.

Para la evaluación de combustibles en carretera se utilizan (procesos de pruebas de límites modificados) Modified

Borderline Test Procedure (CRC con designación F-8B-943), el cual está basado sustancialmente en una intensidad de picado constante y catalogación del carburante desconocido entre dos mezclas de referencia. La evaluación se realiza durante una aceleración con el estrangulamiento totalmente abierto para una velocidad o velocidades dadas, utilizando el avance al encendido necesario a la velocidad dada, para obtener la intensidad de picado deseada, la misma que se encuentra por encima de la detonación incipiente.

Se han desarrollado diversos métodos de cálculos de índices de octano en carretera y uno de ellos, que se basa totalmente en los índices de octanaje del método Research y del método Motor es el siguiente:

$$\text{NO en carretera} = .839 (.50 \text{ Research} + .50 \text{ Motor}) + 18.8$$

Los mayores inconvenientes de las escalas de referencia primaria, basadas en mezclas de isooctano, n-heptano y TEL son las siguientes:

- a) Los índices de octanaje no guardan una relación constante con el rendimiento. Dicho de otra manera, el incremento de una unidad de número octano cerca del extremo superior de la escala representa un aumento en

el rendimiento mucho mayor que si fuera en el extremo inferior de la misma (Fig. 3).

b) La discontinuidad del índice de octano en el valor 100 cuando se emplean mezclas octano-heptano por debajo de este valor y de octano-TEL cuando se trata de valores superiores a 100. Eso hace difícil calcular el índice de octano de mezclas o los índices de octanaje de gasolinas, debido a que los grados de detonación tales como por ejemplo: 98 y $100 \pm .07$ ml. de TEL/ltr. no tienen ninguna medida matemática.

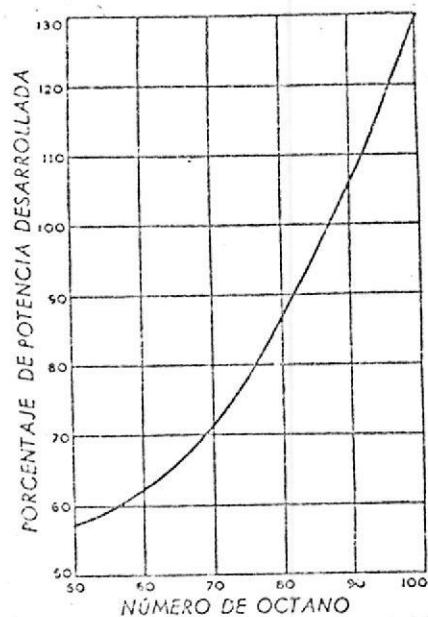


FIG. 3.- Número de octano respecto a la potencia motriz de salida.

(Moderna Tecnología del Petróleo)

3.2. ESTUDIO DEL NIVEL DE OCTANAJE Y SUS EFECTOS EN LOS MOTORES

3.2.1. Efectos del bajo octanaje sobre la vida y rendimiento de la máquina

Todos los motores de combustión interna que trabajan con productos del petróleo y encendidas por chispa originan, al quemar un combustible inadecuado, un ruido característico conocido como detonación, variando el sonido desde un "picado" agudo a un "golpeteo" sordo, según el diseño de la máquina y la composición del combustible. Este fenómeno y la importancia de sus efectos no fue estudiado se-

riamente hasta que Kettering en los Estados Unidos y Ricardo en Inglaterra comprobaron que esto limitaba la relación de compresión a la que podía funcionar un motor.

Un motor de gasolina que no detona con el estrangulamiento muy abierto, puede hacerse detonar aumentando la relación de compresión, utilizando carburante de poder anti-detonante más bajo o avanzando el encendido; de aquí el nombre de detonación de chispa. Pequeños cambios de estas variables en el orden indicado dan, normalmente, una detonación incipiente. Cambios mayores aumentan la severidad de la detonación, y pueden dar lugar al preencendido, el sobrecalentamiento y pérdida de potencia, resultando el motor deteriorado.

El proceso de combustión no turbulento se inicia en pequeños núcleos entre los electrodos de la bujía y se propaga casi radialmente a partir de este punto. Una elevada turbulencia de la carga, distorsionará apreciablemente el proceso de combustión. Algunos suponen que la combustión tiene lugar en una zona sumamente estrecha, que puede llamarse el "frente de llama" y otras, que la combustión continúa después que el frente de llama ha pasado a través de la carga. Una poscombustión apreciable es probablemente el resultado de una falta de homogeneidad de la mezcla,

que siempre tiene lugar en cierto grado.

La elevada temperatura de los productos formados en el frente de llama produce una expansión que comprime la fracción quemada situada detrás del frente de llama, y la fracción no quemada situada delante. Esto hace que se eleve la temperatura de la fracción no quemada, que puede llegar al autoencendido y producir una elevación local de la presión - que da lugar al sonido de "picado". Esta teoría la dió originalmente Ricardo en 1919.

Withrow y Boyd fotografiaron el proceso de combustión a través de una mirilla de cuarzo fundido en la cabeza del cilindro. Cuando se produce la detonación, tiene lugar una inflamación repentina de la última porción de la carga sin quemar. En algunos casos la llama apareció en el mismo instante en toda la última porción de la carga, mientras que en otros la combustión se inició en la fracción sin quemar situada delante del frente de llama, propagándose la combustión hacia la llama inicial por una parte y por la otra hacia la pared del cilindro.

Withrow y Rossweiler fotografiaron el proceso de combustión a través de una cabeza de cilindro de cuarzo fundido. En el proceso sin detonación (Figura 4) progresó más o menos ordenadamente el frente de llama a través de la cámara

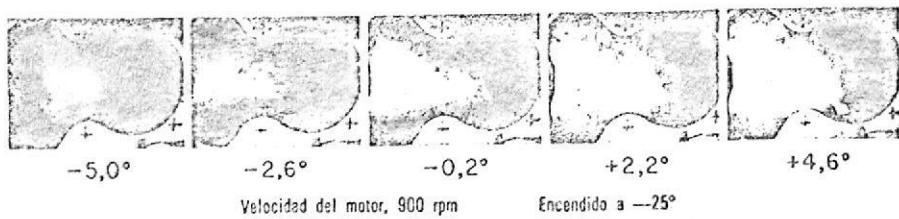


FIG. 4.- Proceso de combustión sin picado. Solo se muestra parte del proceso de combustión, pero el movimiento de la llama continúa, más o menos ordenadamente, hasta 16° después del punto muerto superior.

(Proceso de los motores de combustión)

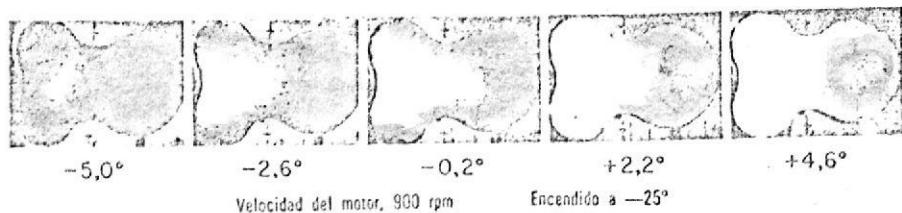


FIG. 4a.- Proceso de combustión con picado. (Proceso de los Motores de Combustión)

de combustión. En el proceso en detonación (Fig. 4a), aparece prácticamente el mismo progreso de la llama para parte del recorrido de la misma pero finaliza con una repetida inflamación de la fracción no quemada. La última parte de la carga puede autoencenderse en varios puntos, ya que la mezcla no es nunca homogénea, y esto puede manifestarse por un aumento de la velocidad de propagación

de la llama. El autoencendido se ha observado simultáneamente en muchos puntos de una mezcla presumiblemente homogénea en un motor de compresión rápida MIT.

La evidencia de los experimentos recientes confirma las primeras suposiciones de autoencendido de la mezcla como causa de la detonación en la combustión.

Cuando tiene lugar la detonación aparecen presiones locas comparativamente elevadas como resultados de la combustión casi instantánea de la última fracción de la carga. Este desequilibrio de presiones en la cámara de combustión tiene una duración muy breve, ya que la última fracción de la carga, se expande casi inmediatamente, lo que iguala a las presiones. Esta onda de presión viaja a la velocidad del sonido, en un sentido y en el contrario atravez de los gases en la cámara de combustión, hasta que se disipa por el efecto debido al rozamiento. La frecuen-

cia depende de la velocidad de las ondas y del espacio en que están confinadas, y el sonido de la detonación puede venir determinado por la frecuencia de las ondas de presión.

También están siempre presentes ondas de presión distintas de las producidas por la combustión extremadamente rápida de la última parte de la carga (mezcla final). El proceso de combustión normal produce continuamente ondas de presión de intensidad variable que chocan con las paredes de la cámara de combustión y se reflejan volviendo hacia la llama disminuyendo o aumentando su intensidad, dependiendo de la posición del frente de la llama y del diseño de la cámara de combustión.

El flujo de la mezcla hacia el interior del cilindro y el movimiento del pistón dan lugar a ondas de presión. Consecuentemente, diversas ondas de presión dificultan el progreso de la llama aun en la combustión sin detonación, influenciando también el autoencendido de la mezcla final en la combustión con detonación.

Los factores que influyen en el proceso de detonación son:

- a) Características del combustible: estructura molecular, temperatura de autoencendido, reacciones de prellama y

velocidad de combustión o velocidad de la llama.

- b) *Condiciones de la mezcla: relación combustible-aire y temperatura del aire de admisión, densidad de carga y distribución.*
- c) *Relación de compresión: condiciones de la mezcla final, tiempo de cierre y aperturas de las válvulas, presiones en los colectores y relación de compresión permisible.*

- d) *Instante del encendido y dispersión en el reglaje.*
- e) *Cámara de combustión: diseño, situación de las bujías, material y estudio superficial.*

Estructura molecular del combustible. Los carburantes derivados del petróleo están constituidos normalmente por muchos hidrocarburos de estructuras moleculares diferentes o distintas posiciones de los átomos en la molécula; lo cual tiene gran influencia sobre la tendencia de la combustión de la mezcla combustible-aire a producir detonación en un motor. La relación entre la estructura molecular de las parafinas y la tendencia a la detonación viene indicada por las reglas generales siguientes:

1. Al aumentar la longitud de la cadena de carbonos aumenta la tendencia a la detonación.

2. La centralización de los átomos de carbono disminuye la tendencia a la detonación.
3. La adición de radicales metilo (CH_3) a los lados de la cadena de carbonos y en el carbono de posición 2 o en el central, disminuye la tendencia a la detonación.

Las investigaciones realizadas con hidrocarburos aromáticos y nafténicos han mostrado las siguientes relaciones entre la estructura molecular y la tendencia a la detonación.

1. Los naftenos tienen una tendencia a la detonación notablemente mayor que los aromáticos correspondientes.
2. Un doble enlace tiene un pequeño efecto antidentalante, mientras que 2 ó 3 dobles enlaces generalmente dan lugar a una tendencia a la detonación notablemente menor.
3. Aumentando la longitud de una cadena lateral crece la tendencia a la detonación en ambos grupos de carburantes, mientras que la ramificación de una cadena lateral disminuye la tendencia a la detonación.

Temperaturas de autoencendido y retardo del encendido. - Cuando la temperatura y la densidad son suficientemente elevadas tienen lugar el autoencendido de una mezcla, las reacciones

de prellama se producen a una velocidad tal que la energía química se libera más rápidamente de lo que se disipa por transferencia calorífica o por cualquier otro procedimiento. Esto aumenta tanto la velocidad de las reacciones de prellama como la temperatura, hasta que se produce la llama y la rápida reacción. Así tiene lugar un apreciable retardo de tiempo entre el instante en que se alcanza la temperatura de autoencendido y la aparición de la llama, que depende de la mezcla, del aparato y de las condiciones impuestas. El retardo del encendido es el tiempo requerido para que una mezcla de carburante y aire se autoincendie, cuando está sometida a cierta temperatura suficientemente elevada y a una presión determinada.

Velocidad de la llama o velocidad de combustión. - El tiempo necesario para que la llama se propague desde la bujía a través de la cámara de combustión depende del combustible, relación de mezcla, condiciones de presión y temperatura y diseño de la cámara de combustión. Una velocidad de combustión elevada permite un tiempo menor para que la mezcla final pierda energía por transferencia calorífica hacia las paredes de la cámara de combustión. Esto tiende a producir la detonación. Una elevada velocidad de combustión disminuye el tiempo necesario para que

la mezcla final alcance las condiciones requeridas para una inflamación espontánea mediante el proceso de autoencendido. Esto tiende a prevenir la detonación.

No obstante, las velocidades de combustión elevadas, requieren avances de encendido pequeños y óptimos, que den lugar al quemado de la mezcla final más próximo a la posición en el punto muerto superior del pistón, que son velocidades de combustión bajas. Esto también aumenta la tendencia a la detonación. Si la velocidad de la llama es lo suficientemente elevada para permitir que atraviese la mezcla en un tiempo menor que el retardo de encendido necesario para que la mezcla final se autoinflame, bajo las condiciones de temperatura y presión continuamente crecientes, a las que está sometida, la mezcla final se quemará normalmente y la detonación de la combustión no tendrá lugar.

Relación combustible-aire. - La tendencia al autoencendido es máxima en mezclas entre la estequiométrica y la que tiene el 25% del aire necesario. Una distribución desigual de aire y combustible en un cilindro cualquiera, o entre diversos cilindros, lleva a la conclusión de que algunos cilindros tienen una tendencia mayor que otros a la detonación, por la variación local de la relación aire-combustible. Por lo general, para reducir la tendencia a la

detonación en aquellos cilindros que tienen una mayor tendencia a la misma es necesario retrasar un poco el avance al encendido o enriquecer la mezcla.

Las diversas fracciones de una gasolina tienen diferentes características antidetonantes, las fracciones más volátiles tienen una calidad antidetonante mas alta, se evaporan más completamente en el colector de admisión y se distribuyen más uniformemente en los cilindros. Las fracciones menos volátiles están en estado líquido y normalmente se distribuyen en forma irregular. Esto se complica por la tendencia del plomotetraetilo a concentrarse en las fracciones menos volátiles de la gasolina, debido a su punto de ebullición relativamente elevado. Consecuentemente, la tendencia a la detonación en un motor de varios cilindros, puede variar apreciablemente.

Relación de compresión. - Un aumento de la relación de compresión hace disminuir el volumen de gases residuales y consecuentemente disminuye la temperatura de la mezcla y también la temperatura de la mezcla final. Este efecto sobre la temperatura de la mezcla hace disminuir la tendencia a la detonación, pero el efecto del cambio en la relación de compresión sobre la temperatura de la mezcla final es mayor que el necesario para compensar el efecto de la disminución en la dilución con los gases residuales ca-

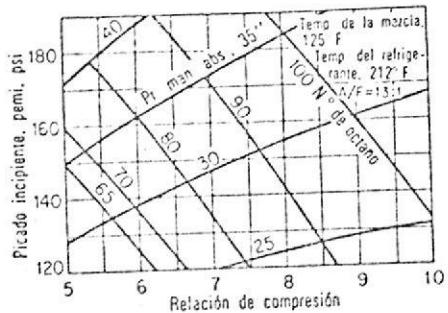
lientes. Pueden obtenerse temperaturas de mezcla más bajas mediante el barrido del espacio residual con mezcla fresca. Sin embargo, esto aumenta muy apreciablemente la tendencia a la detonación. Así el efecto de dilución de los gases residuales baja la tendencia a la detonación a pesar de au-

mentar la temperatura de la mezcla. La dilución del aire de ad-misión con gases de escape en-friados disminuye la tendencia a detonar si se emplean grandes diluciones por ejemplo del 20%.

FIG. 5 .- Influencia de la relación de compresión sobre la tendencia al picado, indi-cada por el índice de octa-no y la presión en el colec-tor de admisión. (Proceso de los Motores de Combustión).

tar el IO del carburante, particularmente con los combusti-bles de IO más elevados. (Fig. 5).

Ajuste del encendido.- Cualquier variación en el instante del encendido hace variar la cantidad de carga quemada antes y después de que el pistón alcance el punto muerto - superior, el avance en el encendido óptimo es el que dà el rendimiento máximo, ya que el combustible se quema con la relación de expansión media más elevada. El avance al encendido demasiado grande aumenta el trabajo de compre-sión, lo que aumenta la temperatura de la carga, dando lu-gar a que la última parte de ésta se queme con el pistón, próximo al punto muerto superior. Ambas circunstancias au-



mentan la tendencia a la detonación. De aquí que pueda reducirse o eliminarse, haciendo menor el avance al encendido, lo que puede disminuir de forma clara la potencia de salida.

La relación entre el avance al encendido óptimo y el necesario para la detonación incipiente depende del combustible. Por tanto, una detonación incipiente no es una indicación de un avance del encendido óptimo, pues este avance para la detonación incipiente será mayor o menor que el avance del encendido óptimo, a una velocidad cualquiera del motor, si el índice de octano del combustible es mayor o menor, respectivamente, que el requerido para el avance del encendido óptimo a la velocidad dada.

Forma de la cámara de combustión. - Esta depende principalmente de la disposición de las válvulas, aunque la cabeza del pistón y el contorno de la cámara de combustión, permiten variaciones considerables. Las diversas formas de las cámaras de combustión se clasifican como sigue, siendo algunas adaptadas al empleo de dos o cuatro válvulas por cilindro:

1. Cabeza en T (prácticamente en desuso)
2. Cabeza en L

- a) Válvula de admisión al lado de la válvula de escape.
 - b) lo mismo que a) con cabeza de alta turbulencia.
3. Cabeza en F, válvula de admisión sobre la válvula de escape o en la cabeza del cilindro.
4. Válvulas en cabeza
- a) Válvulas verticales con cámara de combustión cilíndrica.
 - b) Válvulas inclinadas con cámara de combustión en cúpula.
 - c) Válvulas verticales y cámara de combustión turbulenta.
 - d) Válvulas de línea, pero inclinadas; cámara de combustión turbulenta.

El diseño de cabeza en T obliga al empleo de las relaciones de compresión más bajas para prevenir la detonación con un combustible dado, mientras que el diseño de válvula encamisada (ahora en desuso) permite la utilización de relaciones de compresión más elevadas. El motor con válvulas de seta tienen un punto caliente anormal en la cabeza de la válvula de escape, que queda eliminado en el motor de válvulas encamisadas.

El motor con cabeza en L no turbulenta es, por lo general, de relación de compresión más baja que el motor de válvulas en cabeza. Sin embargo, la introducción de cabeza en L muy turbulenta desarrollada por Ricardo, hace que estos dos diseños tengan características análogas desde el punto de vista de la detonación. Desde entonces se ha incrementado la turbulencia en los motores de válvula en cabeza al variar la forma de la cabeza del pistón y las paredes de la cámara de combustión.

En general, cuanto más compacta es la cámara de combustión, mejores serán las características antidetonantes, ya que tanto el recorrido de la llama como el tiempo de combustión serán más cortos. El diseño de la cámara de combustión de forma tal que la cabeza del pistón se aproxime mucho el cilindro al final de la carrera de compresión, introduce un movimiento de elevada turbulencia a la carga, durante la combustión. Esto aumenta apreciablemente la velocidad de combustión y reduce el tiempo de quemado.

Si se diseña el espacio muerto para que sea ocupado por la mezcla final y que esté rodeado por paredes y cabeza del cilindro bien refrigeradas, es muy efectivo el retardo de la reacción de prellama en la mezcla final.

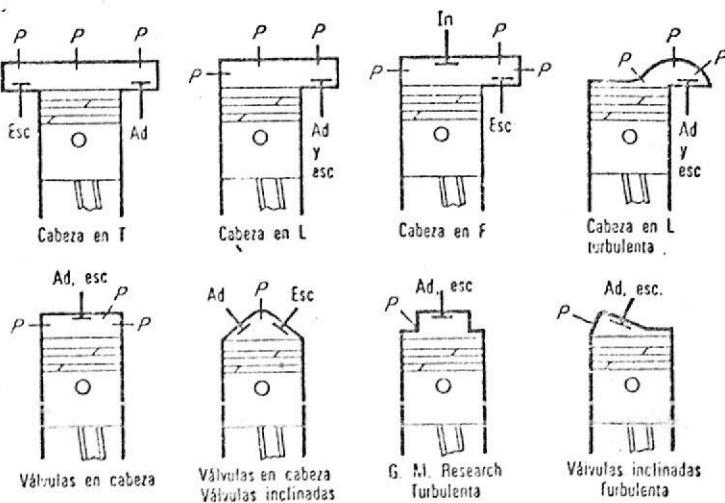


FIG. 6 .- Formas de la cámara de combustión. La Letra P indica la posible situación de las bujías.
(Proceso de los Motores de Combustión)

Localización de las bujías. - Las características de detonación de cualquiera de las cámaras de combustión, previa mente descritas, pueden variar apreciablemente al cambiar la localización de las bujías. En la cámara no turbulenta, la bujía debe colocarse de forma tal que el recorrido

de la llama sea mínimo. Esto reduce el tiempo de combustión a un mínimo, y la llama puede atravesar la mezcla final antes de que tenga lugar la detonación.

La bujía debe colocarse tan cerca como sea posible del punto más caliente de la cámara de combustión, que es la cabeza de la válvula de escape. La parte de la mezcla más caliente, junto a la válvula de escape, se quemará más rápidamente a causa de la temperatura más elevada. De aquí que sea más recomendable que el proceso de combustión se inicie cerca de la válvula de escape y que termine en el punto más frío de la cámara de combustión.

Una colocación central de la bujía con elevada turbulencia puede dar lugar a un proceso de combustión muy rápido y resulte un motor irregular. Cuando ocurre esto, hay que variar la localización de la bujía para aumentar el recorrido de la llama y el tiempo de combustión, o bien aumentar la rigidez del motor. Dos bujías colocadas en lados opuestos del cilindro es mejor que colocar una sola en uno de los lados.

La cámara de combustión en cúpula con válvulas inclinadas es adecuada para la colocación central de la bujía. Sin embargo, dos bujías, una colocada en la parte anterior y otra en la parte posterior y algo más próximas a las válvulas de escape, son mejores que una, particularmente en los cilindros grandes.

3.2.2. Efectos del alto octanaje en las máquinas

Del estudio hecho anteriormente, podemos decir que las ventajas inherentes en el consumo de combustible de alto octanaje, pueden traducirse en un incremento de potencia o en una disminución del consumo.

Se habla de un incremento de potencia, ya que a una relación de compresión cualquiera puede obtenerse una potencia de salida máxima con el avance al encendido en su calibración óptima, ya que la calidad antidetonante del combustible permite obtener una combustión libre de detonación. Evitando así el estrangulamiento del motor, lo cual reduce el IO requerido por la reducción de la densidad y temperatura finales y, por consiguiente una disminución del rendimiento térmico.

Sin embargo, las relaciones de compresión más elevadas, cuya utilización es posible, llevando las propiedades antide-

tonantes del combustible, ya sea por mejoras en los procesos de refino o por adición de plomo tetraetilo, incrementan los problemas asociados con las presiones y temperaturas más altas y la potencia obtenida. El empleo de plomo tetraetilo puede dar lugar a dificultades relacionadas con la corrosión, formación de depósitos, quemaduras de las válvulas, etc. a menos que se tomen las precauciones necesarias, teniendo cuidado con los detalles de diseño y el empleo de materiales adecuados, sobre todo en las válvulas. Las modernas válvulas de acero contienen grandes porciones de Ni, Cr, Mo, etc. que las hace resistente a las temperaturas altas y a la corrosión, pudiéndose además endurecer los asientos empleando aleaciones especiales como la estelita, que es una aleación de Co, Cr y W.

3.3. MEDIDAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOTOR USANDO COMBUSTIBLE DE BAJO OCTANAJE

3.3.1. Aditivos corrientes

Aunque es posible, no es económicamente conveniente incrementar el índice de octanaje de las gasolinas por métodos de refinación solamente. Para obtener un incremento en número de octano se han utilizado aditivos, con ello se cubre las demandas que imponen las modernas máquinas de alta compresión.

Los requerimientos ideales para un aditivo son:

1. Bajo costo por unidad de incremento en el índice octano.
2. La ausencia de depósitos en las máquinas y en su sistema de escape.
3. Temperatura de ebullición relativamente baja que asegure una buena distribución en una máquina de cilindros múltiples.
4. Completa solubilidad.
5. Antitóxico y que los gases de escape emitidos sean también antitóxicos.
6. Solubilidad completa de los gases de escape.

Los aditivos que son solubles en los hidrocarburos u otros combustibles, disminuyen la tendencia al autoencendido de la mezcla combustible-aire, aumentando el índice de octanaje del combustible. Este efecto se cree que es debido a la rotura, en número suficiente, de las reacciones en cadena que producen las partículas o radicales altamente energéticos, lo que produce un retraso en el autoencendido, de la mezcla final y permite que la llama normal pase a través de ella, sin picado de la combustión. Por esta razón los aditivos son llamados Antidetonantes; en cambio, a los aditivos que reducen el índice de octanaje favoreciendo con esto

el autoencendido se los denomina Prodetonantes (azufre, piróxido, explosivos, etc.). (Tabla 1).

El antidetonante primario tetraetilo de plomo (TEL) con un punto de ebullición de 199°C se ha encontrado que es el más efectivo por unidad de costo. El TEL se mezcla siempre con el dibromoetileno y el dicloro etileno, de forma que los compuestos de plomo formados durante la combustión son suficientemente volátiles para que la mayoría se expulse con los gases de escape del motor.

Las mezclas de gasolina etilada-aire contienen aproximadamente 1 molécula de TEL por 1'000.000 moléculas de aire-gasolina. El TEL aparentemente no afecta el progreso de la llama en la primera parte del proceso de combustión normal, pero previene la inflamación repentina de la mezcla final.

En algunos casos (principalmente cuando se trata de compuestos puros) el TEL es un prodetonante, cuando es agregado a ciertos compuestos cíclicos completamente insaturados (diolefinas cíclicas, aromáticas con cadenas laterales insaturadas, etc.) reduce la razón de compresión crítica; en los casos más usuales, la relación de compresión crítica es incrementada. La respuesta al aditivo es también -

llamada la susceptibilidad, la cual es un cambio en la razón de octanaje por unidades arbitrarias de aditivo - (y algunas veces por el cambio en la razón de compresión crítica).

| Name | Formula | M | grams† to match 1 g TEL/gal (approx.) | Boiling Temperature, °F |
|--|------------------------|-----|---|-------------------------------|
| Tetraethyl lead | $(C_2H_5)_4Pb$ | 323 | 1 | 396 |
| Methyl triethyl lead | $CH_3(C_2H_5)_3Pb$ | 309 | 1.05 | 355 |
| Dimethyl diethyl lead | $(CH_3)_2(C_2H_5)_2Pb$ | 295 | 1.1 | 319 |
| Trimethyl ethyl lead | $(CH_3)_3(C_2H_5)Pb$ | 281 | 1.2 | 279 |
| Tetramethyl lead | $(CH_3)_4Pb$ | 267 | 1.3 | 230 |
| Iron carbonyl | $Fe(CO)_4$ | 168 | 1.3 | |
| Nickel carbonyl | $Ni(CO)_4$ | 171 | 1.8 | 109 |
| Aniline (amine) | $C_6H_5NH_2$ | 93 | 33 | 365 |
| Ethyl alcohol | C_2H_5OH | 46 | 158 | 172 |
| Methyl cyclopentadienyl manganese tricarbonyl (AK-33x) | $CH_3(C_5H_4)Mn(CO)_3$ | 218 | 1.3 | 451 |
| Ethylene dichloride | $C_2H_4Cl_2$ | 99 | | 183 |
| Ethylene dibromide | $C_2H_4Br_2$ | 188 | | 269 |

†Relative effects change with test conditions, fuels, and quantity of additive (1 g metallic lead ≈ 0.95 ml TEL ≈ 0.65 ml TML).

TABLA 1 .- Antidetonantes de Gasolinas y otros aditivos
(Proceso de los Motores de Combustión)

Como una generalización para gasolinas comerciales, los parafínicos tienen la más alta respuesta al TEL; con los olefinicos y aromáticos, la respuesta es menor. La respuesta es proporcionalmente menor con el incremento en las cantidades de aditivos. Esta reducción se mantiene si un factor antagonista está presente y se llama Antagonista a aquella sustancia que decrece la respuesta el aditivo antidetonante.

Recordemos que una sustancia prodetonante decrece el indi-

ce de octanaje de un combustible sin aditivos, una sustancia antagonista decrece la efectividad del aditivo antidetonante en el combustible.

Recordemos que una sustancia prodetonante decrece el índice de octanaje de un combustible sin aditivos, una sustancia antagonista decrece la efectividad del aditivo antidetonante en el combustible. Los prodetonantes pueden ser o no ser antagonistas (y viceversa). El azufre por ejemplo es un prodetonante y también un antagonista; de tal manera que el contenido de azufre de una gasolina es restringido a los límites más bajos. Los haluros y los fosfatos son antagonistas pero no prodetonantes (aunque para las concentraciones en gasolina el antagonismo es despreciable). Según Livingston, para una gasolina particular, los índices de los efectos de varias clases de sustancias para con el TEL son como sigue:

P > Si > As > Br > Cl

Este orden puede cambiar si hay cambios de combustible y también puede cambiar si hay cambios en aditivos antidetonantes.

Consecuentemente, una sustancia que incrementa la respuesta a los aditivos antidetonantes es llamado un Promotor. Existen dos tipos de promotores: uno que tiene poco o nada de efectos (tales como los ésteres de alcoholes terciarios); el otro tipo es también un antidetonante efectivo (tal como AK-33X con un costo de cuatro veces mayor que el TEL) como ejemplo Acetato Tert-butil (TBAc), térmicamen-

te se diluye en ácido acético y en isobutano durante la compresión y la combustión incidente. Aunque el ácido acético no es por sí mismo un antidetonante, éste cambia drásticamente la respuesta de la gasolina al TEL. Por otro lado, AK-33X es a veces un antidetonante casi tan efectivo como el TEL, en una base de masa metálica (granos de manganeso a granos de plomo) cuando es medido por el método Research (y casi igual al TEL cuando es medido por el método Motor). Cuando una pequeña cantidad es añadida a algunos combustibles con plomo, el índice octano es incrementado más que cuando la misma cantidad es agregada a un combustible sin plomo. Por ejemplo Gibson muestra que la adición de 0.1 gr. de manganeso (en AK - 33X) a alquílos de plomo (3 ml TEL/gal con $10 \approx 100$) incrementa el índice octano en 6.4 unidades (método Research) y para obtener este mismo índice se ha requerido .40 gr. de manganeso en combustibles sin plomo ya que cada gasolina comercial responde de manera diferente al TEL y a los varios promotores, la gasolina que se presente en el futuro debe estar calculada para las cantidades óptimas de cada aditivo para el costo más bajo; es posible, que esto cambie también los métodos de refinación. (La ganancia en el índice octano está valorada en una refinería en .2 a .5 ctv. de \$/galón por cada unidad que se incremente).

Aunque el TML con un punto de ebullición de 110°C, no es, en general, un antidetonante tan efectivo como el TEL en un motor estandar de un solo cilindro (máquina CFR para investigación de combustibles) puede ser más efectivo en el motor de un carro típico. Una primera razón para esta disecrepancia es que el TML es más volátil que el TEL, además, con el múltiple enfriador de las máquinas de multicilindros, el TML es distribuido en forma más uniforme entre cilindro y cilindro.

Bajo condiciones de aceleración los componentes más pesados (los menos volátiles) del combustible se mueven con dificultad en el colector de admisión y las fracciones más ligeras alcanzan el cilindro primero. Si esas fracciones tienen un índice de octanaje bajo, el TML será más efectivo que el TEL. De esta manera, una mezcla de reformiato catalíticos y gasolinas sin tratamiento demuestran que existe una menor detonación con TML.

Aditivos organo-metálicos tales con el TEL (y AK-33X) deben primero descomponerse antes de entrar en contacto con el oxígeno. Si la máquina es operada de tal manera que el gas final tiene una alta temperatura y una baja presión, el aditivo se descompone dando como resultado un gran retraso de ignición y una alta razón de compresión crítica; si la presión del gas final es alta, puede ocurrir autoencen-

dido antes que el aditivo esté completamente descompuesto y antes de que llegue a ser el aditivo completamente efectivo. De la manera como se descompone el aditivo, es ahora generalmente aceptado que las unidades del plomo con oxígeno forman partículas diminutas de óxido de cloruro - cristalinos. Así a lo largo del gas final está una neblina o nube de partículas que proveen de superficie catalítica para destruir radicales y peróxido.

El pentacarbonilo de hierro es otro cuerpo antidetonante, su nombre comercial es "Motil". Al quemarse en el motor produce anhídrido carbónico y óxido de Fe, este último en un estado tal de subdivisión que es arrastrado por los gases de escape. Sin embargo, tiene el inconveniente de que tiende a acortar el encendido y causar extrema sequedad de los cilindros y sus anillos.

El alcohol es un aditivo antidetonante que adolece del inconveniente de separarse de la nafta cuando existe agua en la mezcla. Se han utilizado mezclas de alcohol etílico y gasolina para aumentar el NO de las gasolinas de NO relativamente bajo. Sin embargo, al aumentar el NO de las gasolinas, se han hecho menos interesantes las mezclas de alcohol y gasolina para dicho propósito. El efecto en una mezcla del 10% al 25% de alcohol etílico y el resto con gasolina

de motor de grado regular han puesto de manifiesto que, si la temperatura del aire de admisión es al menos de 38°C para la gasolina, la temperatura deseable del aire de admisión es la misma que para la gasolina, y que requieren temperaturas de 10°C a 18°C más elevada que para la gasolina cuando el porcentaje de alcohol etílico es del 50 % y 95% respectivamente.

Cabe anotar que si el agua presente en una mezcla de alcohol-gasolina es superior a la cantidad correspondiente al equilibrio a una temperatura dada, el combustible tiende a separarse en dos capas. Mediante un estudio se ha visto que la solubilidad del agua en las mezclas de alcohol etílico e hidrocarburos parafínicos disminuye al aumentar el peso molecular del hidrocarburo. Así las gasolinas más volátiles tienen una tolerancia de agua más alta. Una caída brusca de la temperatura ambiente en una mezcla, cuyo contenido en agua, está próximo al de equilibrio antes del descenso de temperatura, puede dar lugar a la rápida separación de la gasolina y el alcohol.

Podemos observar de la Figura 7 la influencia del TEL, del alcohol sobre el Número Octano en la gasolina.

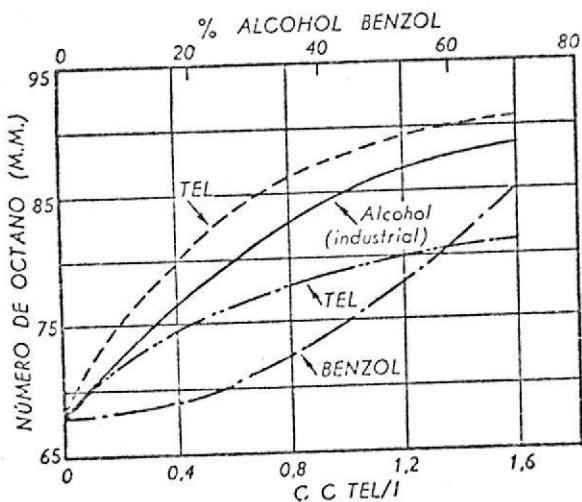


FIG. 7 .- Números de octano de mezclas de gasolina con alcohol, benzol y plomo tetraetilo
(Moderna Tecnología del Petróleo)

Hablando sobre diversas propiedades de los combustibles que no se encuentran libres de agua, suciedad u otras materias extrañas, por supuesto inherentes en ellos, podemos decir, que cualquier tendencia corrosiva del combustible o de las impurezas que éstos pudieran contener, deben ser evitadas. Algunas gasolinas tienen una tendencia a depositar gomas, un producto sólido de oxidación, en los sistemas de combustibles y sobre las guías de las válvulas. Cantidadexcesivas de goma en la gasolina a menudo causan problemas tales como ajustes excesivos en las válvulas y tapones en los conductos de combustible. La goma es el producto de una oxidación lenta. Es relativamente fácil detectar y eliminar la goma ya que ésta se encuentra en suspensión o disuelta en el combustible, pero predecir la velocidad de formación de la goma bajo condiciones de almacenamiento y controlar su

formación, es algo difícil. Existen pruebas de oxidación acelerada de ASTM que han sido desarrolladas; estas comparan la tendencia del combustible a la formación de las gomas cuando se encuentra almacenada con un aceptable grado de satisfacción. Reactivos químicos especiales conocidos como Inhibidores, son mezclados con la gasolina para reducir la tendencia a formar gomas.

Por otra parte el TEL puede causar algunos problemas de depósito sobre las paredes de los cilindros, bujías, válulas, etc. y esto puede favorecer la corrosión y la erosión de las mismas. Esas dificultades son reducidas agregando un haluro orgánico, tal como el dibromoetileno $C_2H_4Br_2$ y de cuya mezcla se obtiene un aditivo llamado E TYL fluido. Sin embargo, con este compuesto es necesario limitar la concentración del TEL de acuerdo al servicio para el cual el combustible se va a usar.

Algunas veces el combustible y el lubricante parece que trabajan juntos para incrementar los depósitos sobre la máquina, esto es ahora de creerse ya que ciertas combinaciones de combustible y aceites son causa de algunos problemas a este respecto bajo circunstancias donde cada uno por separado no causaría serias dificultades.

Una dificultad con muchos agentes antidetonantes es su to

xicidad o carácter venenoso, actuando a través de la piel o cuando se introduce hasta los pulmones. El TEL es un veneno peligroso del tipo más reciente. Sobre este particular, existen leyes con las cuales se obliga a colorear y a prohibir su uso excepto para máquinas de combustión interna. El Benceno, es algo menos venenoso que el TEL, pero también produce efectos sobre la piel y sobre los pulmones cuando es aspirado.

3.3.2. Otros aditivos

3.3.2.1. Estudio de su efectividad

Las gasolinas para los motores modernos se mezclan cuidadosamente empleando productos procedentes de diversos procedimientos de refino tales como termodesintegración cata
lítica, reforma catalítica, polimerización, alquilación, isomerización y cracking hidrogenante. Sin embargo, los modernos motores complejos crean demandas sobre las gasolinas que no pueden satisfacerse sólo mediante estos procedimientos de refinación. Se añaden productos químicos hechos por encargo para mejorar la calidad de la gasolina - al suplementar sus características naturales, como son los antioxidantes para realzar su estabilidad ante la oxida
ción; o proporcionarle nuevas propiedades como los deter
gentes del carburador que reducen al mínimo la formación

de depósitos. Muchas gasolinas modernas contienen cinco o seis aditivos diferentes. Es esta combinación de elaboración y aditivos la que produce las gasolinas que se necesitan para los motores de hoy.

Antes de 1975, se diseñaban motores para funcionar con gasolinas que contenían alquilos de plomo como mejoradores del octanaje. Con la llegada de los reactores catalíticos para controlar la emisión apareció la necesidad de contar con gasolina libre de plomo y fósforo (menos de .05 gr Pb/gal y .005 gr P/gal.) ya que el plomo y el fósforo causan el deterioro de los reactores. Este cambio aparentemente insignificante en la composición química de las gasolinas tuvo un efecto notable sobre los aditivos de la -gasolina. Por ejemplo, el límite de fósforo en las gasolinas libres de plomo, es menor que la pequeña cantidad de fósforo que entregan los actuales aditivos que contienen fósforo cuando son usados a la dosis recomendada. Debido a esto, las modernas gasolinas sin plomo contienen materias derivadas del fósforo. Además, el aumento en requerimiento de octano (ARO) (el aumento en requerimiento de octanaje que ocurre con la acumulación de millas) fue más elevado para los motores que emplean combustibles libres de plomo. Previamente, no hubo una contribución apreciable de aditivos al ARO, con los combustibles que contenían

plomo. Para combustibles sin plomo, algunos aditivos, especialmente las fracciones de aceite lubricantes y polímeros de elevado peso molecular que se emplean para el control de los depósitos en el sistema de inducción pueden, en algunos casos, contribuir en forma significativa al ARO. Por tanto, la mayor parte de las gasolinas libres de plomo no contienen estos tipos de aditivos.

Generalmente, los aditivos de la gasolina se pueden dividir en dos categorías:

- a. Aditivos protectores. Estos reducen al mínimo los problemas asociados con la manipulación y el almacenamiento, incluyen tintes, desactivadores metálicos, antioxidantes, inhibidores de la corrosión y demulsionantes.
- b. Aditivos del funcionamiento. Estos están destinados a mejorar el funcionamiento de los motores e incluyen aditivos anticongelantes, detergentes para el carburador, aditivos para controlar la formación de depósitos en el sistema de inducción y agentes para evitar el encendido en la superficie.

Muchos aditivos combinan dos o más propiedades y son llamados aditivos multifuncionales. Por ejemplo, no es inusitado que un eficaz detergente del carburador sea buen inhibidor de la corrosión.

Aditivos protectores. Tintes. Se requiere de la adición de tintes o colorantes a las gasolinas para indicar la presencia de agentes antidetonantes del plomo. El teñido en la gasolina en contraste con otros combustibles, identifica el hecho de que se usa sólo como combustible de motores, previniendo así que sea mal empleada como material calefactor o de otra forma. Los tintes para las gasolinas son compuestos orgánicos solubles en hidrocarburos.

Algunos tintes ozonícos son usados en gasolinas a una relación de 8.6 a 11.4 gr/1000 ltr.

Antioxidantes. Los anioxidantes son compuestos orgánicos que reducen la cantidad de gomas que se forma por la auto-oxidación de la gasolina. Los primeros antioxidantes de uso comercial fueron introducidos en la década de 1930-40. En esa época, las refinerías a la vez que duplicaban la cantidad de gasolina disponible mediante procedimientos de termoextracción o "cracking", producían gasolinas que contenían olefinos y diolefinos especialmente vulnerables a la formación de gomas. Estas gomas se podían depositar en el sistema de combustible de los autos, especialmente en el carburador y en el sistema de entrada, lo cual conduciría a problemas de funcionamiento o desempeño mermado. Desde la llegada de la reforma catalítica, ha aumentado la cantidad de materias cíclicas, aromáticas y parafínicas, con una

subsiguiente reducción de materias olefínicas. Sin embargo, aunque los productos de la reforma catalítica no son tan sensibles a la oxidación, todavía se necesitan antioxidantes para evitar el deterioro. Las gasolinas actuales contienen de 8.6 a 14.3 gr/1000 ltr. de estas materias.

La autooxidación de la gasolina se caracteriza por un período de inducción durante el cual la gasolina absorbe muy poco oxígeno, y solo se forman muy pequeñas cantidades de productos de oxidación. Durante este período de inducción se forman los hidroperóxidos, éstos se descomponen y toman parte en reacciones en cadena. Como resultado de las reacciones en cadena, aumenta en gran medida la tasa de formación de productos de la oxidación, así como la misma oxidación y esto lleva luego a la formación de la goma. En general, el antioxidante reacciona con los radicales libres que lleva la cadena y perturba el procedimiento de formación de cadenas y a lo largo la formación de gomas. Como resultado, se prolonga el período de inducción de la gasolina. La eficacia de los antioxidantes de la gasolina se basa en su capacidad de prolongar el período de inducción.

Los antioxidantes corrientes que se utilizan hoy en día, están basados en la química del fenol demorado y la diamina de fenileno.

Desactivadores del metal. Cantidades minúsculas de compuestos metálicos, en partículas de cobre, aceleran la formación de gomas. Las reacciones de los fenoles, mercaptanos y otros materiales ácidos con las aleaciones de cobre empleados en la metalurgia de las refinerías, sistemas de distribución y sistemas de automóviles, dan origen a estos compuestos de cobre solubles en gasolina. Los efectos de estos compuestos son tan potentes que aun los más eficaces antioxidantes no pueden por ellos mismo proporcionar estabilidad adecuada. Debido a esto se añaden desactivadores metálicos a una relación de 8.6 a 14.3 gr/1000 ltr. para suplementar antioxidantes.

Existen dos métodos de reducir al mínimo los efectos de cobre sobre la gasolina. El primero es transformar el compuesto del cobre en otro compuesto de cobre que no exhiba comportamiento prooxidante. Actualmente esto se logra tratando las gasolinas con diamina NiN' - disalicilidina - 1,2-propánica.

El segundo método es formar un quelato que es de baja solubilidad en la gasolina, y que esencialmente elimine el cobre de la solución mediante precipitación sobre una superficie. Se utiliza muy poco este método de eliminación del cobre.

Los agentes de quelatación además de las aminas fenólicas, han sido usados con éxito limitado. Entre ellos se incluyen derivados ácidos del arsénico y el fósforo, ácido picolírico, bisguanidina y tiourea.

Inhibidores de la corrosión. La corrosión puede conducir a graves problemas en tanques de almacenaje, tuberías, buques-tanque y tanques de combustibles de automóviles. En algunos casos esto puede llevar a un reemplazo completo - del sistema. Además, la herrumbre recogida por una cualquiera de estas fuentes puede causar un funcionamiento deficiente del motor de gasolina al tupir los filtros de combustible y los orificios del carburador. Por ejemplo, pequeñas partículas de herrumbre pueden alojarse en el asiento de una válvula de flotación del carburador, impidiendo que se asiente la válvula y dando por resultado a la larga, un motor inundado. Para evitar la corrosión, se añaden inhibidores a la gasolina a dosis muy bajas (usualmente < 28.5 gr/1000 ltr) con el fin de proteger las superficies metálicas con las cuales entra en contacto.

La corrosión y formación de herrumbre de las piezas de hierro y metálicas es causada por pequeñas cantidades de humedad y aire que están disueltas en la gasolina. La humedad puede entrar en la gasolina ya sea en la refinería o en la estación de servicio, durante el transporte o procedente de la

condensación formada en el tanque de gasolina de los autos.

Los inhibidores de la corrosión solubles en gasolina tienen por lo general un grupo alquilo de cadena larga, junto con el menos un grupo polar. Esta combinación de grupos hace que el inhibidor se concentre en las fronteras metal-gasolina siendo así activo en la superficie. Los compuestos que han sido usados para este propósito incluyen amidas y ácidos de alquilo de cadena larga, fracciones de petróleo oxidadas, ácidos fosfóricos de alquilo y fosfatos de amina de alquilo.

Los inhibidores de la corrosión actúan al recubrir las superficies metálicas con una película protectora muy fina, impidiendo que el agua entre en contacto con la superficie metálica.

Desmulsionantes. Aunque se emplean las precauciones más estrictas para su manipulación, la gasolina puede entrar en contacto con pequeñas cantidades de agua de diverso PH que van desde altamente básico hasta ligeramente ácido, antes de llegar al consumidor. Muchos aditivos de la gasolina tienen capacidad de dispersar humedad dentro de la gasolina, enturbiendo la misma y la magnitud de este efecto depende del PH. Este problema es reducido al mínimo por medio del

uso de desmulsionantes a baja concentración en el orden de 14.3 gr/1000 litros.

Se presume que estos aditivos trabajan en la interfase gasolina-agua, haciendo más difícil que la humedad entre en la fase gasolina, o si la gasolina está turbia, ayudando a transferir el agua de vuelta a la fase acuosa. Cada desmulsionante requiere un equilibrio correcto de características de solubilidad de agua y gasolina para proporcionar la requerida actividad de la interfase gasolina-agua.

Aditivos para el funcionamiento:

Antidetonantes. Hablando químicamente, el proceso de combustión es una oxidación de etapas múltiples que abarca la producción de hidroperóxidos orgánicos en las primeras etapas. A medida que avanza el frente de llamas los hidroperóxidos se descomponen en radicales que inician críticas reacciones de ramificación en cadena. Estas secciones de ramificación en cadena pueden iniciar el autoencendido antes de la llegada del frente de llamas a la mezcla no quemada de aire-combustible. La autoignición inicia ondas de choque que golpean contra las paredes de la cámara de combustión y producen el sonido detonante. A fin de evitar este fenómeno se debe incrementar el índice de octanaje de la gasolina y uno de los métodos es agregando aditivos antide-

tonantes.

Muchos aditivos han sido evaluados según su calidad antide-
tonante y los que tienen éxito pueden ser divididos en dos
clases: metálicos y no metálicos. Entre los aditivos metá-
licos tenemos el TEL, el TML, mezclas químicas y físicas de
TEL y TML como el plomo de metil trietílico, plomo de dime-
til dietílico y plomo de trimetil etílico. Las mezclas físi-
cas se hacen añadiendo las cantidades adecuadas de TEL y de
TML de forma que no exista equilibrio químico. Los resulta-
dos de su utilización son un desplazamiento de los límites
de autoencendido hacia regímenes de temperaturas y presio-
nes más elevadas.

Principalmente debido al adverso efecto de los aditivos or-
ganoplumbíferos sobre los silenciadores de escape catalítí-
cos que se usan en los autos después de 1974 para controlar
las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburo, ya no
se están empleando tales alquilos de plomo. De tal manera
que al disminuir su utilización ahora comienza a emplearse
un aditivo de manganeso, tricarbonilo de manganeso metilci-
clopentadienílico (TMM), usado desde 1959 como agente anti-
detonante complementario con el TEL, pero ahora se emplea
como agente antidetonante principal en combustibles en los
cuales no se permite el plomo. Se han recomendado concen-

traciones de aditivos de hasta .034 gr/millon de litros y proporcionan diversos incrementos en la mejora del octanaje, dependiendo de la dosis y la composición de la gasolina. Son comunes mejoras de uno o dos números de octanaje.

Otros componentes metálicos que han demostrado la calidad de mejorar el octanaje pero nunca han sido utilizados comercialmente para este propósito incluyen compuestos de cerio, ferroceno y pentacarbonil de hierro. Sin embargo, los compuestos de hierro causan excesivo desgaste del motor y atascan las bujías de encendido.

La segunda clase de antidetonantes está compuesta de materiales no metálicos. Los materiales que contienen nitrógeno, como la anilina y sus derivados, son los más eficaces. Estos materiales, desactivan los productos de la oxidación, antes de que se descompongan pero son consumidos ellos mismos y por tanto no están disponibles para ser subsiguientemente desactivados, tal como ocurre con los óxidos de plomo. Debido a diversas razones, esta clase de aditivos no ha sido utilizada nunca en forma comercial.

Detergentes del carburador. Los depósitos que se forman en la zona de la mariposa reguladora del carburador durante el funcionamiento en vacío puede interferir con el funcionamiento normal del carburador. Una causa de la forma-

ción de estos depósitos está en los contaminantes aerotransportados, que son atraídos dentro del carburador y chocan contra la superficie interior de la mariposa reguladora justo debajo de la misma, en la posición de funcionamiento en vacío. También se pueden acumular depósitos cerca de las aberturas a los conductos de aire para funcionamiento en vacío. La acumulación de depósitos se intensifica si funciona mal la válvula de ventilación positiva del cárter - (VPC) ya que el aire soplante, que contiene contaminantes del cárter, será desviado a través del filtro de aire hacia el carburador. La recirculación del gas de escape (RGE), usado para controlar los gases de nitrógeno, puede contribuir también a la formación de depósitos, especialmente en las zonas más bajas de la mariposa reguladora y en la parte inferior de la misma. La influencia de la RGE varía considerablemente, dependiendo de la ubicación de la lumbrera de escape del RGE.

Tales depósitos restringen el paso del aire por los bordes de la mariposa en la posición de funcionamiento en vacío y alteran la relación aire-combustible, haciendo que el motor funcione con una mezcla más rica de aire-combustible durante bajas velocidades y carga. Esto a su vez lleva generalmente a:

- a) Un aumento en emisiones de CO y HC

b) funcionamiento reducido en vacío y frecuentes pasos.

c) reducción en el chorro de combustible.

Se puede corregir el efecto de los depósitos por medios mecánicos, ajustando debidamente la mezcla aire-combustible - del funcionamiento en vacío. Sin embargo, en los autos de modelos más nuevos, el grado de ajuste es limitado, y a medida que se forman los depósitos, llegará el momento en que ya no se pueden hacer más ajustes mecánicos y se deteriore el funcionamiento del motor. Debido a esto, se ponen detergentes del carburador en la gasolina en una proporción de 28.5 a 430 gr/1000 litros para impedir la acumulación a lograr la eliminación de estos depósitos. Estos aditivos son compuestos orgánicos que tienen una parte no-polar para asegurar la solubilidad de la gasolina y una parte polar para promover la actividad en la superficie. Entre los compuestos orgánicos que se han usado, se encuentran las succinimidas, las aminas fenólicas, las imidazolinas, los fosfoamidatos y las aminas de éster.

Todavía no se entiende bien el mecanismo mediante el cual funciona un detergente del carburador, pero se sabe que es extremadamente importante la polaridad en el compuesto orgánico. Esto implica que el mecanismo involucra cierto tipo de fenómeno en la superficie. Parece posible que, como

en el caso de los agentes inhibidores de la corrosión y anticongelantes, las moléculas se enlazan sobre la superficie metálica del carburador con sus cabezas polares cerca de la superficie y sus extremos no polares extendidos dentro de la gasolina, que es lo que impide la acumulación de depósitos. La capacidad de algunos detergentes de carburador de eliminar depósitos sugiere que también ocurre cierta intersección de solvencia.

Agentes anticongelantes. La introducción de algunas gasolinas más volátiles durante la década de 1950-60, con el fin de mejorar la arrancada en frío y el calentamiento de los motores, trajo consigo el problema de los motores atascados, causado por la formación de hielo en la mariposa del carburador. El efecto refrigerante del combustible evaporándose en el aire de entrada, hace que se forme hielo durante los pocos primeros minutos de funcionamiento del motor, en condiciones frías y húmedas. Se puede formar suficiente hielo de forma que, cuando la mariposa del carburador vuelva a la posición de funcionamiento en vacío, ningún aire pueda pasar a través y el motor se atasca. La congelación ocurre rápidamente entre 2°C y 13°C con humedades relativas superiores al 50%. La congelación es más grave a 4°C y una humedad de 90% a 100%.

Debido al efecto antes mencionado, se ponen aditivos en las gasolinas para impedir el mal funcionamiento del motor. Se han usado dos tipos de aditivos anticongelantes para la gasolina, los que reducen la temperatura de congelación y los agentes activos en la superficie o surfactantes. Los agentes que reducen la temperatura de congelación pueden ser clasificados en dos grupos de acuerdo con sus niveles de tratamiento requeridos:

a) Aditivos de elevado nivel de tratamiento, estos incluyen alcoholes de bajo peso molecular, tales como metanol e isopropanol, y deben ser añadidos en cantidades bastante grandes para que sean eficaces. Estas cantidades van desde 4.280 hasta 17.120 gr/1000 litros, lo cual es de .5% a 20% de porcentaje de volumen.

Estos aditivos funcionan al ser extraídos por el agua en la corriente aire-combustible, a medida que ésta pasa a través de la garganta del carburador. Cuando ha sido extraído suficiente aditivo, la temperatura de congelación del agua se reduce en forma suficiente como para que no se pueda formar hielo. La eficacia de estos tipos de aditivos, depende de la cantidad de aditivos acumulados en el agua, depositada sobre la superficie de la mariposa del carburador y la garganta del carburador. El peso molecular del aditivo y sus tendencias a la extracción son dos

características importantes que se relacionan con la eficacia. Estas características deben ser equilibradas en forma tal, que el aditivo sea soluble en gasolina y sin embargo que sea capaz de ser extraído por el agua.

Los agentes anticongelantes surfactantes, son moléculas orgánicas que contienen tanto una parte polar como una no polar, la polar para hacer a la molécula surfactante y la no polar para hacer a la molécula soluble en gasolina. Su eficacia está comprendida entre los límites de 14.2 a 28.5 gr/1000 ltrs. y es en esta gama donde se manifiesta una interferencia a la adhesión del hielo al metal, haciendo que el hielo se separe en escamas de las superficies metálicas. Estos aditivos, en contraste con los reductores de la temperatura de congelación, no parecen afectar la formación de hielo sino que reducen las fuerzas adherentes entre el agua y el metal, esto se logra formando una fina capa sobre las superficies metálicas de la mariposa y la garganta al carburador.

Aditivos para el control de depósitos en el sistema de in-ducción

En años recientes, se ha presentado un problema de funcionamiento cada vez más grave, debido a la formación de exceso de depósitos en las lumbreras de entrada y en el asien-

to cónico de las válvulas (depósitos en el sistema de inducción). Estos depósitos han sido asociados con diversos factores entre los que se encuentran (1) intervalos más prolongados entre cambios de aceite, (2) de adopción de ventilación positiva del cárter (VPC), (3) el uso de recirculación del gas de escape (RGE) para controlar el óxido de nitrógeno. Estos depósitos pueden acumularse suficientemente como para hacer que se atasque el vástago de la válvula, interfiriendo así con el cierre de las válvulas de entrada. Lo que preocupa más, es que estos depósitos pueden desprenderse y alojarse entre la válvula y el asiento de la misma, causando escape de las válvulas y en casos graves, haciendo que se quemen las válvulas. Esto dà como resultado pérdidas tanto de potencia como de combustible.

Tanto la gasolina como el aceite lubricante dan origen a estos depósitos. Las gasolinas contienen pequeñas cantidades de sustancias polares de elevado peso molecular - que se depositan sobre las superficies calientes.

Los polímeros de moderada viscosidad a un porcentaje volumétrico de .03 y .10 en la gasolina, son muy eficaces en reducir al mínimo los depósitos en los sistemas de inducción. Antes del uso de los polímeros, estos depósitos

se eliminaban exclusivamente mediante el uso de aceites para cilindros superiores, a dosis un poco más elevadas (.10 a .30 de porcentaje volumétrico). Una desventaja en el uso de los aditivos poliméricos y el aceite para cilindros superiores, es su efecto adverso sobre el aumento en los requisitos de octanaje (ARO) de las gasolinas libres de plomo.

A medida que los automóviles acumulaban kilómetros, existe generalmente un aumento en el número de octano de la gasolina que se necesita para funcionar sin detonaciones. Esto es lo que se denomina como requisito de aumento de octanaje. Para las gasolinas que contienen plomo, existe poca diferencia en los AROS entre gasolinas que contienen aditivos poliméricos y/o aceites para cilindros superiores y gasolinas que no contienen estos elementos. Sin embargo, en el caso de las gasolinas libres de plomo, el uso de estos aditivos trae como resultado AROS significativamente más elevados que los que no los contienen. Debido a esto, muchas gasolinas libres de plomo no contienen aditivos para el control de los depósitos en el sistema de inducción.

Agentes contra el encendido de las superficies

El encendido de las superficies, ocurre cuando una mez-

cla de combustible-aire es encendida por zonas de calor dentro de la cámara de combustión. El fenómeno tiende a limitar el rendimiento del motor, ya que las relaciones de compresión se elevan más allá de 10:1, debido a estas relaciones de compresión, las temperaturas máximas son suficientemente elevadas como para hacer que se enciendan los depósitos carbonaceos de la cámara de combustión.

La presencia de óxidos de plomo en estos depósitos carbonaceos aumenta la tendencia al encendido de las superficies.

Dos manifestaciones externas, significan que está ocurriendo el encendido, debido a los depósitos en la superficie. Se oyen detonaciones "locas" cuando el frente de llama de la superficie encendida hace que la temperatura y la presión se eleven mucho más rápido que en casos de combustión normal. Se oyen "ruidos" cuando el encendido procedente de varias causas hace que se eleve rápidamente la presión y, como esto ocurre durante la carrera de compresión, lleva a una presión máxima mucho más elevada que la deseada.

Los compuestos organofosfóricos como el fosfato difenil

cresílico y el fosfato difenil metílico, pueden reducir la ignición o encendido de las superficies al transformar los depósitos que tienen bajas temperaturas de incandescencia en fosfatos con temperaturas mucho más elevadas. Esto se puede ilustrar claramente al comparar las temperaturas de incandescencia de diversos compuestos:

| | PbO ₂ | PbO | Pb ₃ (PO ₄) ₂ | Carbón |
|----|------------------|-----|---|--------|
| °C | 700 | 775 | 1150 | 1200 |

3.3.2.2. Análisis de su economía

Se ha tratado de obtener información acerca del aspecto económico de los aditivos. Pero lamentablemente hasta el momento de terminar nuestro trabajo ésta es una información que se reservan los fabricantes y sus distribuidores. Solo podemos decir en forma general que el incremento del IO es más barato con aditivos que con procesos de refinación.

3.3.2.3. Estudio del mercado de los aditivos

Al igual que en el punto anterior intentamos obtener información suficiente para desarrollar el tema pero no es posible hacerlo por cuanto no nos han proporcionado facilidades.

C A P I T U L O IV

TRABAJO EXPERIMENTAL

4.1. INTRODUCCION

Para realizar nuestra labor experimental trabajamos en los laboratorios de Conversión de Energía del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y más propiamente dicho ante el banco de prueba de motores de combustión interna cuyas características se presentan a continuación:

Características del banco de prueba TE46/D - 3.7 Kw. Fig. 8.

Motor

Tipo: Norton Villiers F15

Diámetro interior: 65.0 mm.

Carrera del pistón: 44.0 mm.

Volumen de barrido: 147.0 cc

Relación de compresión: 7:1

Velocidad máxima: 3600 \pm 30 rpm

Diámetro del Indicador 14.0 mm.

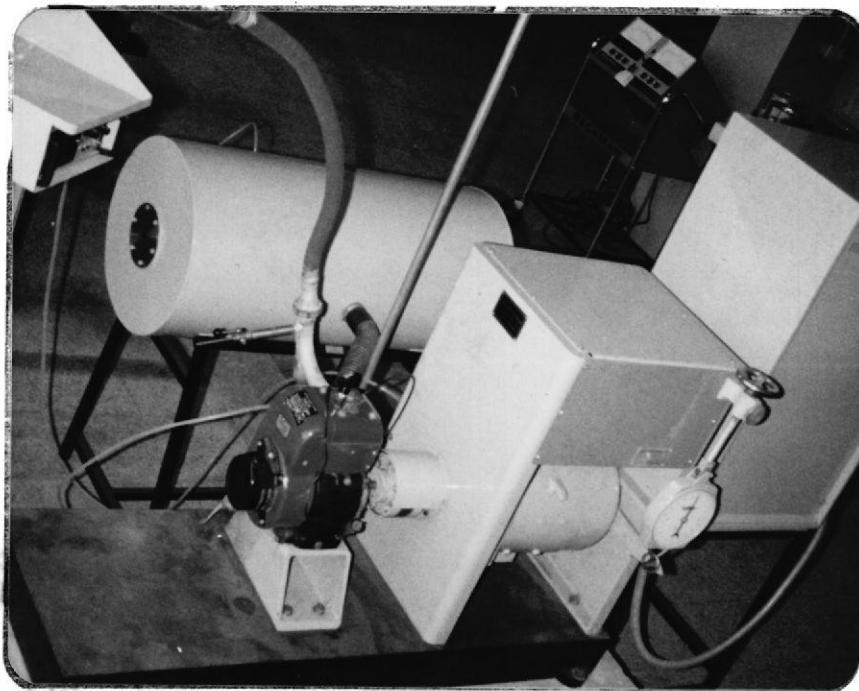
Diámetro del tubo de escape: 25 mm/1" BSP

Longitud del tubo de escape: 1 m.

Dinamómetro

Capacidad: 3.7 Kw a 2000 rpm (15.9 amp a 220 volt)

Tipo: BK3 shunt
Velocidad máxima: 3600 \pm 30 ppm
Brazo de torque: 265 mm.
Excitación: 220 volt. D.C.
Constante K_1 : 36.04



Banco de Prueba para Trabajo Experimental

FIGURA 8

Pasaremos luego a dar una breve explicación de los instrumentos de mediciones que hemos de utilizar en nuestras experiencias.

Panel de control:

Contiene voltímetro, amperímetro, reóstato, seleccionador de número de resistencias a conectarse, arrancador automático del motor (no utilizable aún), seleccionador motor/generador (no útil aún), luz indicadora de suministro de corriente continua y botón para cortar el funcionamiento del motor (no útil ahora). (Fig. 9)

Vale la pena decir que es el reóstato el que nos permite variar la velocidad, manteniendo constante un set de operación.

Regulador de Mezcla:

El chorro variable por medio de un tornillo, permite suministrar a la máquina una cantidad de combustible que va desde el límite cero hasta una mezcla excesivamente rica, en donde se presentarán dificultades de encendido. Esta variación se la realiza cerrando completamente el chorro de mezcla aire-combustible con el tornillo de ajuste y abriendo progresivamente con pasos que van más o menos en 1/4 de vueltas del tornillo de ajuste. (Fig. 10).

Tacómetro y Contador de revoluciones:

Tacómetro incorporado en el dinamómetro, para calcular luego características tales como potencia de salida y consumo de combustible.

Contador de revoluciones que puede ser conectado o desconectado manualmente, y que nos permite medir la velocidad calibrando el contador para un determinado tiempo; el mismo que es medido con un cronómetro. (Fig. 11).

Las revoluciones hechas en un tiempo t se calcularán de la siguiente manera:

$$n = \frac{60 N}{t}$$

Desde N = número de revoluciones en el tiempo t .

Medidor de consumo de combustible:

El medidor de consumo de combustibles Plint, usado en nuestro banco de pruebas, consiste en un tubo de vidrio conteniendo 4 discos separadores, los mismos que están calibrados para contener un volumen exacto de combustible entre ellos. (Fig. 11).

El consumo de combustible es calculado como sigue:

$$v = \frac{3600 V_G}{t}$$

donde:

V_G = volumen calibrado por el medidor (lt)

t = tiempo de consumo para V_G (seg.)

v = consumo de combustible (lt/hr)

Consumo específico de combustible (v), es una característica importante de una máquina de combustión interna, tal que esto da una medida de la eficiencia térmica de una máquina. Está definido el consumo específico de combustible como sigue:

$$v = \frac{V}{P} \left(\frac{et}{kw \times hr} \right)$$

donde:

V = consumo de combustible (lt/hr)

P = potencia al freno (Kw)

Podemos calcular consumo específico de combustible en $\frac{Kg}{Kwh}$ multiplicando en la fórmula anterior el factor V por ρ (densidad específica) que viene dada en Kg/lt.

Dinamómetro:

El Dinamómetro eléctrico está equipado con resortes de balance para dar directamente mediciones de torque cuando es

tá absorbiendo potencia. Conociendo la longitud del brazo de torque podemos calcular la potencia. La potencia es el producto de la velocidad angular por el torque. (Fig. 12).

Luego:

$$P = \frac{2\pi n}{60} \times \frac{T}{1000}$$

$$T = \frac{FL}{1000}$$

Así:

$$P = \frac{2\pi n F L}{6 \times 10^7}$$

haciendo $K_1 = \frac{6 \times 10^7}{2 L}$

$$P = \frac{n F}{K_1}$$

Constante del dinamómetro y es igual

$$K_1 = 36.04$$

Nuestra fórmula para calcular potencia quedaría así:

$$P = \frac{nF}{36.04}$$

Resistencias. - El banco de prueba genera corriente directa y la forma como disipa esta energía es convirtiéndola en energía calorífica através de una serie de resistencias.

Una vez que el banco de prueba ha sido montado sobre su ba

se de concreto y se han instalado los accesorios para su funcionamiento, hacemos funcionar el motor para iniciar nuestro trabajo experimental.

Problemas en el funcionamiento del motor.- Luego de un período de funcionamiento se presenta en el motor un sonido que indica algo anormal, razón por la que se toma la decisión de desarmarlo. Del análisis efectuado a sus partes, se encuentra que la causa del sonido radica en las válvulas y ya que no hay mecanismo para regular la luz que debe existir entre leva y vástago de la válvula, se arma nuevamente el motor. De tal manera que no teniendo posibilidad de evitar el ruido, ya que éste se ocasiona debido al diseño mismo del motor, continuamos con el trabajo. No sin antes anotar que el desgaste entre dichos elementos será mayor mientras aumenta el tiempo de funcionamiento del motor.

En esta parte debemos anotar que nuestro trabajo tuvo que afrontar el problema de una falla en el ventilador del generador.

Vamos pues, a hacer un breve análisis del problema, ya que estamos convencidos que el tema puede ser de interés para un análisis más amplio.

Debemos entonces, mencionar que cada uno de los ocho álabes

que tiene el ventilador vibra a cierta frecuencia natural. Esta frecuencia natural de los álabes se incrementa debido a las fuerzas variables producidas en la entrada y salida del aire, por la compresión y expansión del volumen de aire entre las paredes de la cobertura del ventilador.

Estas fuerzas incrementan la amplitud de vibración de los álabes hasta entrar en resonancia debido a la velocidad del motor. Siendo el pie del álabe la zona donde se concentran el mayor esfuerzo, será éste justamente el lugar donde comience la falla por fatiga del material.

Por último tenemos que anotar que en el primer ventilador tuvimos dos veces el mismo problema pero con diferentes álabes. Además haciendo una inspección visual a la zona de ruptura, ésta presenta la característica propia de falla por fatiga, la cual corresponde a zonas con diferente grado de oxidación y por consiguiente con diferente aspecto superficial.

Estamos seguros de lo anterior basados en el hecho de que un nuevo ventilador con el doble de álabes que el anterior, donde las fuerzas actuantes por álabes serían la mitad más o menos en relación a las que actúan sobre los álabes del primer ventilador, no presentó falla en su funcionamiento.

Analizando la razón del buen funcionamiento del ventilador con doble número de álabes podemos decir que la frecuencia natural ($\omega_n = \sqrt{\frac{K}{m}}$) de vibración del álabe es la misma en ambos casos. La frecuencia de excitación es directamente proporcional al número de álabes.

Para que exista resonancia y por consiguiente razón para fatigarse el material, es necesario que la frecuencia de excitación sea igual a la frecuencia natural ($\omega = \omega_n$). Con el nuevo ventilador no será posible llegar a resonancia dentro de los mismos límites de velocidades al aumentar el número de álabes y de esta manera la frecuencia de excitación.

Proceso para la prueba de medida de consumo de combustible:

Superadas estas dificultades iniciaremos el proceso para la prueba llenando el medidor de combustible hasta un nivel cercano al tope del cilindro abriendo la llave de ventilación que se encuentra en la parte superior del mismo y la válvula de paso de combustible al motor. Se cierra la válvula de suministro cuando el motor comienza a consumir combustible. Cuando el nivel de combustible pasa por el tope del primer espaciador se pone a funcionar el contador - de revoluciones acoplado al dinamómetro eléctrico y un cronómetro para medir el tiempo. Durante el consumo de combustible se observa la lectura en el dinamómetro y se toma

un valor promedio. La medición de consumo es terminada - cuando el nivel de combustible pasa por el espaciador intermedio inferior, hasta aquí se consumirán 25 cc de combustible.

Al finalizar la prueba hay que reabrir la válvula de suministro de combustible, cerrando a la vez la rejilla de ventilación ya que de no realizar esta operación llegaría el momento en que la máquina operaría sin combustible.

Este proceso se empleará una vez que hemos conseguido el siguiente set de calibración:

| | |
|-------------------------|--|
| Regulador de mezcla: | $3/4, 1, 1 \frac{1}{4} \text{ y } 1 \frac{1}{2}$ vueltas |
| Velocidad máxima: | 3600 ± 30 rpm. |
| Regulador mecánico: | en posición de velocidad máxima. |
| Voltaje: | 220 volt. D.C. |
| Número de resistencias: | 0 |

Luego se comienza a variar la velocidad con el reostato.

En nuestro medio, podemos obtener al momento de iniciar nuestro trabajo experimental, solamente una clase de gasolina que tiene un índice de octanaje de 80 según datos proporcionados por CEPE.

Esto limita nuestro trabajo y tomaremos entonces como ga-

solina de bajo octanaje la única que hemos podido conseguir y que realmente se encuentra clasificada como una ga solina de bajo número octano.

4.2. EFECTOS DEL COMBUSTIBLE DE BAJO OCTANAJE SOBRE LA EFICIENCIA TERMICA, LA POTENCIA, EL TORQUE Y EL CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE.

En el capítulo anterior hemos analizado teóricamente cada uno de los efectos del bajo octanaje en la máquina. Nos proponemos ahora realizar una serie de pruebas experimentales con variaciones en la robustez de la mezcla y velocidades del motor para estudiar luego cuales son los efectos producidos, sobre la eficiencia térmica, la potencia, el torque y el consumo específico de combustible.

4.3. EFECTOS DEL COMBUSTIBLE DE BAJO OCTANAJE SOBRE EL RENDIMIENTO TOTAL DE LA MAQUINA

Una vez obtenidos los datos para analizar los efectos producidos en la eficiencia térmica, la potencia, el torque, y el consumo específico del combustible, podemos analizar en forma conjunta cuales han sido los efectos sobre el rendimiento total de la máquina. Lógicamente que para ello - contaremos con datos tabulados y gráficas a partir de estos datos, y que en forma planificada elaboraremos un pro

grama de pruebas para cubrir una investigación sistemática.

4.4. ANALISIS PARA DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS EFECTOS ANTES MENCIONADOS.

El análisis para determinar cuantitativamente los efectos del combustible de bajo octanaje sobre la eficiencia térmica, la potencia, el torque y el consumo específico del combustible y en general sobre el rendimiento total de la máquina, está basado en las pruebas realizadas.

Hemos regulado la mezcla aire-combustible con el tornillo de regulación, poniendo desde 3/4 vueltas (tomando cero vueltas al tornillo ajustado completamente) luego 1, $1\frac{1}{4}$ y finalmente $1\frac{1}{2}$ vueltas. Esto significa que hemos tomado pruebas con mezclas pobres y mezclas ricas de aire-combustible.

En cada una de las regulaciones de mezcla aire-combustible se realizará variaciones de velocidad dentro del rango permitido por el motor y mediciones de consumo de determinada cantidad de combustible, de tiempo empleado en consumir dicha cantidad de combustible, de voltaje y amperaje generado, tomando promedios de las lecturas dadas por el dinamómetro y controlando las cargas conectadas al sistema.

4.5. PLANIFICACION DE UN PROGRAMA DE PRUEBAS PARA CUBRIR UNA INVESTIGACION SISTEMATICA DE LOS ADITIVOS ANALIZADOS EN EL CAPITULO III.

4.5.1. Prueba sobre los efectos de los aditivos sobre la eficiencia térmica, la potencia, el torque y el consumo específico de combustible

Tenemos conocimiento sobre la técnica de las pruebas realizadas con el combustible de bajo octanaje, y ello nos permite concretar aún más nuestro trabajo con los aditivos.

Seguidamente pondremos un ejemplo de una tabla de datos, de las pruebas a realizarse.

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F N | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|--------|-------------|-----------|
| 3570 | 5150 | 87.0 | 11.0 | 120 | 5.3 |
| . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . |
| 1260 | 5576 | 265.0 | 19.0 | 100 | 4.5 |

Gasolina sin aditivo para Z = 1 vuelta, R = 2 Resistencias

Luego presentamos la tabla de resultados obtenidos a partir de la tabla de datos, y que sirve para darnos una idea de cómo se presentarán los ensayos y resultados con aditivos.

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | v kt/kw-hr |
|-----------------|---------|--------------|-----------------|
| 3552 | 1.084 | 1.03 | .954 |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| . | . | . | . |
| 1262 | .665 | .34 | .51 |

Gasolina sin aditivo para $Z = 1$ vuelta, $R = 2$ resistencias.

Cabe aclarar, que los aditivos comerciales para gasolina con excepción de uno, no recomienda una proporción específica para un volumen determinado de combustible. Se limitan solamente a dar una información muy general para su aplicación.

Como podemos apreciar de las tablas tenemos diferentes proporciones de los aditivos, los mismos que serán probados para mezclas pobres y mezclas ricas de aire-combustible aditivo dentro del rango de 1200 ± 30 rpm hasta 3570 ± 30 rpm.

Esto significa que a más de hacer pruebas variando la ro-

bustez de la mezcla aire-combustible más aditivo, podemos variar la proporción de aditivo en la mezcla, lo que nos permite comparar resultados ya no solamente entre los aditivos sino entre las diferentes proporciones del aditivo mismo.

Una vez que hemos obtenido la calibración óptima para el funcionamiento del motor, repetimos las pruebas más significativas para obtener resultados sobre relación aire-combustible a presión y temperatura ambiente. Esta repetición de pruebas será tanto con gasolina sin aditivo como con gasolina con aditivo.

Por último, para completar nuestro trabajo experimental, utilizaremos el aparato de Orsat para hacer un análisis culitativo de gases de escape y la influencia que tendrían los aditivos sobre la combustión de la mezcla. Este instrumento lo posee el Departamento de Ingeniería Mecánica, en el laboratorio donde se desarrolló esta tesis.

ANALISIS DE GASES

En años recientes, los métodos instrumentales han estado reemplazando los viejos métodos de análisis de gases, especialmente en procesos y aplicaciones de control. Sin em-

bargo los viejos métodos son todavía usados ampliamente en los laboratorios, los cuales obtienen análisis de gases con poca frecuencia y hacen que la obtención del instrumental sea económicamente factible. En algunos casos los métodos absorbitimétricos son usados como métodos de chequeo cuando los resultados son de dudar.

El Método ORSAT.- El aparato de Orsat es una de las piezas más viejas de los equipos para análisis de gases, se opera basado en el principio de medición de un volumen de gas a presión atmosférica y luego pasando el gas a través de varios reactivos. El volumen del gas remanente es medido después que se trata con cada reagente y la pérdida de volumen en cada uno de ellos es el volumen de gas absorbido en ellos. (Fig. 13).

El método Orsat ha sido empleado muchos años para chequear la eficiencia de hornos, calderas, calentadores, o cualquier aparato usado para quemar material orgánico combustible con aire. Dióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno son determinados en su orden para determinar o calcular la eficiencia de la combustión. El contenido de Dióxido de carbono y de Oxígeno dan la cantidad de material quemado y el exceso de aire que es usado. La presencia de monóxido de carbono y bajo contenido de Oxígeno indica una can-

tidad insuficiente de aire y una combustión incompleta. Demasiado aire indica que hay pérdida de calor al calentar el exceso de aire.

Líquidos de Confinamiento. - El método más simple de transferir cuantitativamente un gas de una bureta a otra es por desplazamiento del gas con un líquido. Un líquido usado para este propósito es conocido como un líquido de confinamiento. Los dos líquidos más usados frecuentemente son Mercurio y una solución salina de sulfato de sodio.

El mercurio es un líquido de confinamiento común ya que no se disuelve ni reacciona con muchos de los gases que son analizados. Algunas de las desventajas del uso del mercurio son las siguientes:

1. Ya que la mayoría de las soluciones usadas son acuosas, una película de agua debe ser usada en el mercurio debido a que el gas medido está saturado con agua. La película de agua contrarresta la inercia de Hg. porque el agua disolvería muchos de los gases comprendidos en el área. Con la subida y bajada del mercurio, variaciones de presiones son fijadas sobre los gases causando una variación en el equilibrio de la solución. Esta variabilidad llega a ser apreciable cuando se manipula gases que son

absolutamente solubles en agua. La solubilidad del díxido de carbón en agua es muy sensible a la presión.

2. Porque de la alta densidad del Hg, cualquier pequeña diferencia en el nivel de Hg causa gran diferencia de presión y así una gran diferencia de volumen. Esto es tratado en algunos Orsats teniendo un manómetro de compensación conectado al aparato y conexiones eléctricas arregladas tal que la misma presión en el gas se mantenga durante la medición del volumen. El número de accesorios que se necesitan con el Hg hacen de él un aparato portable no práctico.

Con respecto a la solución salina de sulfato, éste es uno de los mejores líquidos de confinamiento para tales propósitos, ya que es una solución hecha ácida con ácido sulfúrico. Una solución saturada no puede ser usada donde se operarán cambios de temperatura. En lugares la solución comienza a cristalizarse. Si hay cambios bruscos durante la noche, a bajas temperaturas, la tubería entre la botella - para nivelar y la bureta estará tan llena de cristales que será imposible usarla. Una solución casi saturada, es por otra parte, completamente satisfactoria. La solubilidad de algunos gases es completamente baja cuando están en solución. La adición de ácido sulfúrico a la solución salina,

baja la solubilidad de los gases ácidos. Soluciones de otras sales, como sulfato de magnesio y cloruro de sodio, han sido usadas pero el sulfato de sodio parece ser em más satisfactorio.

Los gases que tienen un componente soluble en agua y en solución salina pueden ser determinados por absorción del compuesto soluble en agua y transportando el gas insoluble al aparato para su análisis.

Hablando ya, sobre los reactivos, se puede decir que las casas comerciales los suministran pero que también pueden ser preparadas en el laboratorio.

Lo expuesto a continuación representa la experiencia del autor y que abarca un período de muchos años. Es posible que otros autores recomiendan otros reactivos en otras concentraciones.

Dióxido de Carbono.- La solución preferida para la absorción de este gas es usualmente Hidróxido de K y al 20%. El KOH es preferido al NaOH porque el carbonato de K formado por la absorción de CO₂ es más soluble en KOH que el carbonato de Na en solución de NaOH. Consecuentemente, la solución absorbente no tiene que ser cambiada a menudo y la pipeta no llega a ser obstruida con carbonato.

Oxígeno.- Una de las soluciones más confiables para la determinación de O es Pirogalol alcalino, La solución puede ser preparada disolviendo 39 gr de KOH en 50 ml. de H₂O, enfriando la solución resultante y agregando una solución de 27.5 gr. de Piragalol en 50 ml de H₂O. La mezcla debe ser hecha bajo una atmósfera de N a fin de mantener la solución libre de O. Esta solución disolverá una gran cantidad de O pero emitirá CO cuando existe más 50% de O está presente en la mezcla. Debido a que la solución es alcalina, CO₂ y gases ácidos deben ser removidos antes de determinar el O. La solución no debería ser almacenada pero debería ser preparada a medida que se requiera.

Oxorbent es una solución comercial que es vendida como un absorbente de O. La capacidad es menor que la del pirogalol alcalino y es el que no admite ni emite CO. Los gases ácidos deben ser removidos antes que la mezcla se pase por el Oxorbent.

Cloruro cromoso puede ser usado pero la absorción es lenta y la solución requiere un largo tiempo para su preparación. La solución es preparada mezclando 90 ml. de ácido hidroclórico concentrado con 900 ml. de una solución acuosa saturada de cloruro crómico que haya sido reducida por unión con Zn por 48 horas.

Hidrosulfito de Na ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) solución rápidamente absorbente de O y que no emite CO, su capacidad no es como la de pirogalol pero trabajará bien. La solución de hidrosulfito de Na se prepara agregando 50 gr de Hidrosulfito de Na a 250 ml, de agua y 40 ml de solución de hidróxido de Na conteniendo 500 gr de Hidróxido de Na en 100 ml. de agua. Dos pipetas de solución de hidrosulfito de Na se requieren para estar seguro que la solución no se agotará. Una solución de hidrosulfito de Na - antraquinona - β - sulfonato de Na cambiará a café cuando la solución está agotada. Esta solución se obtiene, mezclando 16 gr de hidrosulfito de Na con 6.6 gr de Na OH y 2 gr de Hidrosulfito de Na-antraquinona - β - sulfonato de Na con 100 ml de agua.

Uno de los reactivos más viejos para O es el fósforo sólido mojado en forma de barras. Debido a que P debe mantenerse en humedad, se debe agregar agua a la pipeta. La capacidad del P es grande y no reacciona con compuestos insaturados u otros que pueden estar presentes. El reactivo debe estar protegido de la luz a fin de evitar que se forme una película de fósforo rojo inactivo.

Monóxido de carbono.- Cloruro cuproso amoniacial es usado para determinar CO, el reactivo es hecho mezclando 17.4 gr. de cloruro cuproso con 88 ml. de amoniaco concentrado y 67 ml de agua. El Cu cambiante es guardado en la pipeta para

mantener la solución reducida. Debido a que esta solución absorberá O también, éste debe ser removido antes de de terminar CO. El gas resultante es pasado atravez de áci-
do o de una solución salina acidificada para remover los vapores de amonio.

Ácido Cloruro cuproso es algunas veces usado para determi-
nar CO. Se obtiene mezclando 400 gr de cloruro cuproso con
1800 ml de ácido hidroclorídrico concentrado y 400 ml de H₂O. Cobre cambiante es colocado en la pipeta a fin de man-
tener la solución reducida. El gas residual es pasado a
travez de KOH para remover el ClH. Esta solución también
absorbe O.

Otro reactivo para CO e sulfato -β- naftol cuproso. Este es mezclando 50 gr de óxido cuproso con 200 ml de ácido -
sulfúrico concentrado (gravedad específica 1.84), 25 ml.
de H₂O y 25 gr de β-naftol. Este reactivo es más demorado
que el ácido cloruro cuproso en solución en la absorción
de CO. O y componentes insaturados causan interferencia.

Hay también reactivos comerciales, tales como Co-sorben-
tes de Burrell, que son proporcionados para determinar CO.

Proceso de operación.- La operación principal consiste en someter un volumen medido de gas que servirá de muestra a

sucesivos contactos con soluciones químicas que hemos escogido en base a la experiencia de quienes han trabajado antes en ésto, y son el Hidróxido de K al 20%, pirogalol alcalino y una solución amoniacal de cloruro de cobre, para absorber componentes específicos como el CO₂, O₂ y CO respectivamente. La disminución de volumen de la muestra de gas, después de cada contacto es la base para calcular el porcentaje del compuesto particular en la mezcla.

Preparación de los reactivos químicos.- Se ha preparado la solución diluida al 20% de hidróxido de K para la absorción del CO con 40.0 gr KOH y 200 ml de H₂O. La solución de Pirogalol fue preparada con 41.25 gr. Pirogalol diluidos en 75 ml H₂O y mezclándola con el compuesto enfriado resultante de 52.5 gr KOH en 75 ml H₂O, para la absorción del O₂. Por último para obtener la solución amoniacal de cloruro cuproso se prepararon 17.4 gr de Cu con 88 ml de Amoníaco concentrado y agregando 67 ml H₂O.

Se debe anotar que en cada prueba realizada se utilizaron los reactivos únicamente en ella y que para una nueva prueba se prepararon nuevamente los compuestos a utilizarse. Esta operación se la realizó a fin de que los resultados sean en lo posible lo más exactos.

Como se ha dicho anteriormente, los reactivos químicos se

prepararon dentro de los laboratorios del Instituto de Química de la ESPOL, debido a que no existía en el mercado o casas comerciales especializadas que vendieran el producto ya preparado, listo para su uso.

Posiblemente una de las razones por las cuales las casas comerciales no las tienen, sea por su uso limitado tan solamente a unas cuantas industrias y laboratorios, que seguramente ellos mismos los importan. Además como son reactivos de análisis, su almacenamiento es peligroso, por cuanto puede absorber oxígeno del aire y perder así su efectividad.

De tal manera que esto nos conduce al objetivo de nuestra tesis y que es justamente analizar lo que ocurre con la eficiencia térmica, la potencia, el torque y el consumo específico de combustible, cuando existe un agregado en la mezcla aire-combustible: el aditivo para gasolina.

Consideramos oportuno dejar aclarado que en nuestras experiencias no podremos hacer variaciones en el encendido, debido al diseño simple del motor. En cuanto a la abertura de los platinos mantendremos la que recomienda el manual de instrucciones y que es de 0.48 mm.

4.5.2. Prueba sobre los efectos de los aditivos sobre el rendimiento total de la máquina

Una vez que hemos obtenido pruebas suficientes con las diferentes proporciones de los aditivos y con los diferentes aditivos podemos realizar un estudio basado en los efectos parciales sobre los parámetros mencionados en el punto anterior y evaluar los efectos sobre el motor, ya no solamente parcialmente sino también en forma total.

4.5.3. Prueba para determinar cuantitativamente los efectos de los aditivos en las características de la máquina.

Nuestro estudio sería más completo si el factor tiempo no hubiera sido determinante en nuestras pruebas. Contábamos con poder realizar un análisis acerca de corrosión en las válvulas, en el cárter, en el cigüeñal, etc. También un análisis relacionado de vida útil de los elementos del motor, pero como el tiempo de funcionamiento del motor con cada uno de los aditivos no fue suficiente para obtener los resultados deseados, hemos tenido que omitir esta prueba y por consiguiente los resultados no pueden ser presentados.

Sin embargo, hemos acudido a los fabricantes de los aditivos, quienes no han proporcionado información al respecto.

4.6. COMPARACION DE LA ECONOMIA, EFICIENCIA Y MERITOS DEL USO DE LOS COMBUSTIBLES.

Esto constituye para nosotros un punto importante, debido a que no solamente interesa conocer a partir de las pruebas realizadas, los resultados sobre el rendimiento de la máquina, que viene a ser el aspecto técnico-ingeneril del tema tratado. Sino que interesa también analizar si nuestras pruebas, que necesariamente nos conducirán a la optimización del funcionamiento del motor, no llevarán también a resultados positivos en cuanto a la conveniencia económica del uso de los aditivos y si ellos reunen cualidades suficientes para ser utilizados.

La tabla 2 nos servirá para ello.

| | Precio (sucres) | Volumen aditivo (cc) | Volumen gasolina (gal) | Proporción (cc/gal) | Precio/gal. (sucres/gal) |
|----------|--------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| VALVETOP | 35 | 473.0 | 5.0 | 94.60 | 7.00 |
| | | | 15.0 | 31.53 | 2.33 |
| | | | 20.0 | 23.65 | 1.75 |
| STP | 60 | 236.5 | 8.0 | 29.560 | 7.50 |
| | | | 26.0 | 14.780 | 3.00 |
| | | | 20.0 | 11.825 | 3.75 |
| WYNN'S | 85 | 325.0 | 11.0 | 29.540 | 7.73 |
| | | | 20.0 | 16.250 | 4.25 |
| | | | 27.5 | 11.825 | 3.10 |
| DUPONT | 65 | 236.5 | 14 | 16.825 | 4.64 |
| | | | 20 | 11.825 | 3.25 |

TABLA 2.- Comparación económica entre los aditivos para gasolina

C A P I T U L O V

ENSAYOS Y RESULTADOS: DISCUSION

Ensayos y resultados de gasolina sin aditivo bajo distintos grados de robustez de la mezcla y a diferentes velocidades del motor.

Para obtener un nivel de referencia y poder comparar los resultados que se obtendrán de las pruebas con los aditivos, se realizan pruebas con gasolina sin aditivo. Los datos y resultados de estas pruebas se encuentran en las Tablas 3 a la 8.

Ensayos y resultados de mezcla de gasolina con diferentes proporciones de aditivo Wynn's bajo distintos grados de robustez de la mezcla y a diferentes velocidades del motor.

Puede observarse de las tablas 9 a la 26, 3 diferentes proporciones encargadas, de las cuales hemos obtenido con el siguiente set de calibración: proporción de 11.825 cc/gal., 2 resistencias, 1 vuelta al tornillo regulador de mezcla y 3274 rpm, la potencia de 1.934 Kw; pero con un consumo específico de combustible que no corresponde al mínimo. Este valor se encuentra cuando tenemos: 16.25 cc/gal., 4

resistencias, 1 vuelta al tornillo regulador de mezcla y 3.309 rpm.

Con este aditivo tenemos dos pruebas que dan los mejores resultados y son:

| Z | C | P | V |
|---|--------|-------|------|
| 1 | 11.825 | 1.934 | .527 |
| 1 | 16.25 | 1.928 | .517 |

La potencia que resulta de la proporción 11.825 es .3% mayor que la obtenida de la proporción 16.25. Pero el consumo específico de combustible es mayor en un 2%. Tomamos la segunda prueba en base a su menor consumo específico de combustible para realizar el análisis de Orsat.

Ensayos y resultados de mezcla de gasolina con diferentes proporciones de aditivo STP para variaciones de robustez de la mezcla y a diferentes velocidades del motor.

Se encuentran registrados los datos y resultados en las Tablas 27 a la 44. El aditivo en la proporción de 14.78 cc/gal. da potencia máxima de 1.904 Kw con el siguiente set de calibración: 2 resistencias, 1 1/4 vueltas al tornillo - regulador de mezcla y a 3306 rpm. En cuando al consumo espe

cífico de combustible se tiene que es de .583 lt/kw-hr. Es te valor no corresponde al mínimo el cual es conseguido con el set de calibración de 4 resistencias, 1 vuelta al tornillo regulador de mezcla y a 3181 rpm y con la misma proporción de 14.78 cc/gal. Este valor es de .519 lt/kw-hr.

Haremos un breve análisis para determinar, cual prueba tomar para analizarla con el aparato de Orsat.

| Z | C | P | V | |
|-------|--------|-------|------|-----|
| 1 | 11.825 | 1.827 | .527 | (A) |
| 1 1/4 | 11.825 | 1.875 | .600 | (B) |
| 1 | 14.78 | 1.769 | .519 | (C) |
| 1 1/4 | 14.78 | 1.904 | .583 | (D) |

Tomaremos la prueba (A), por contener menor proporción de aditivo y por tener solo de diferencia 1.5% con respecto al menor consumo específico de combustible. En cuanto a potencia se encuentra en el valor promedio de las pruebas B, C y D.

Ensayos y resultados de mezcla de gasolina con diferentes proporciones de aditivo DUPONT bajo distintos grados de robustez de la mezcla y a diferentes velocidades del motor.

Ensayos DUPONT.- Las tablas 45 a la 56, muestran los ensayos y resultados obtenidos con este aditivo.

Resultados.- Con la siguiente calibración: 4 resistencias, 1 vuelta al tornillo regulador, 3330 rpm obtenemos potencia máxima de 1.848 Kw y corresponde en este caso al consumo específico de combustible mínimo. Debemos anotar que es la proporción recomendada por los fabricantes.

Ensayos y resultados de mezcla de gasolina con diferentes proporciones de aditivo VALVETOP bajo distintos grados de robustez de la mezcla y a diferentes velocidades del motor.

Ensayos y resultados VALVETOP.- Puede ser observados de las tablas 57 a la 74 y de ellas obtenemos lo siguiente: Existe potencia máxima cuando ensayamos con la proporción 31.53 cc/gal., 1 vuelta al tornillo regulador de mezcla, 3337 rpm y su valor es de 1.8 Kw.

En cuanto al consumo específico de combustible podemos decir, que corresponde al mínimo ya que su diferencia con el mínimo real obtenido es del 1%.

Tomamos ahora la Figura 9* como gráfica tipo para observar los resultados del consumo específico de combustible y de la potencia en relación a la velocidad del motor.

* Esta gráfica se encuentra en el Cap. VI

Se nota que el consumo específico de combustible se incre-menta en forma gradual a medida que se incremento la velo-cidad del motor. Esto ocurre de igual manera para los di-ferentes grados de robustez de la mezcla.

En cuanto a la potencia se observa que el cambio produci-do para distintos grados de mezcla, es poco significativo. Estos resultados importantes que sirven para optimizar las pruebas entre las diferentes proporciones de los aditivos y entre los aditivos mismos.

Para aclarar la idea están las Figuras 11 a la 24.

Ensayos y resultados de pruebas óptimas tomando como refe-rencia la potencia máxima.

La tabla 79 ha sido elaborada tomando en cuenta la po-tencia máxima desarrollada por las mezclas de gasolina con aditivo y como nivel de referencia la desarrollada por la gasolina sin aditivo.

De acuerdo con esto los resultados se dan en porcentajes, indicando ya sea un incremento o un decremento de poten-cia en relación a nuestro nivel de referencia y son los si-guientes:

Wynn's con 5.4% de aumento; STP con 3.76% de aumento, DU-

PONT con .70% de aumento y VALVETOP con 1.9% de disminución de potencia. Las proporciones respectivas son: 11.825 cc/gal., 14.78 cc/gal., 11.825 cc/gal., y 31.53 cc/gal., respectivamente, para cada uno de los aditivos.

Ensayos y resultados de pruebas tomando como referencia el consumo específico mínimo de combustible.

Cuando analizábamos los datos de las pruebas de la tabla 79 lo hacíamos desde el punto de vista de Potencia máxima. Ahora de los datos de las tablas 80 y 81 obtenremos resultados pero tomando en cuenta el consumo específico mínimo de combustible.

Tomando como punto de referencia los resultados de gasolina sin aditivo se hará una comparación porcentual de consumo específico de combustible con las mezclas de gasolina más aditivo.

Tenemos así que los porcentajes de incremento de consumo específico de combustible con respecto al nivel de referencia son: 3.4% para Wynn's; 5% para DUPONT; 5.4% para STP y 8% para VALVETOP. Las proporciones son respectivamente: 16.25 cc/gal, 11.825 cc/gal, 16.25 cc/gal y 31.53 cc/gal.

Centramos nuestros resultados en Wynn's y STP ya que DUPONT tiene similar costo pero con rendimiento en cuanto a potencia, inferior a STP.

Comparación económica.- Tomamos los siguientes datos de la Tabla 2.

| | Precio S/. | Volumen de aditivo cc | Volumen gasolina Gal. | Proporción cc/gal | Precio vol. de gasolina S/./gal |
|----------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| WYNN'S | 85 | 325 | 20 | 16.25 | 4.25 |
| STP | 60 | 236.5 | 20 | 11.825 | 3.00 |
| DUPONT | 65 | 236.5 | 20 | 11.825 | 3.25 |
| VALVETOP | 35 | 473 | 20 | 23.65 | 1.75 |

Evaluaremos así, los resultados de Wynn's y STP debido a que presentan aspectos interesantes para analizar.

Primeramente veamos lo que sucede con el aumento en potencia. Se ha calculado a partir de los datos anteriores que Wynn's aumenta en 1.27% la potencia por cada sucre y que STP aumenta en 1.25% la potencia por cada sucre.

Calculando el incremento de consumo específico de combustible tenemos que Wynn's presenta .8% de incremento por cada sucre y que STP presenta 1.8% de incremento por sucre.

Análisis de ORSAT.- Tomando como referencia la Figura 14, tenemos que para mezclas ricas el porcentaje de CO₂ debe disminuir cuando se incrementa la robustez de la mezcla, sucediendo lo contrario con el CO; en lo referente al O₂, no debe existir porcentaje alguno. En cuanto a mezclas pobres, se puede decir que cuando se incrementa la pobreza de la mezcla hay un pequeño decremento del porcentaje de CO₂, un significativo incremento de O₂ y una ausencia de CO.

Aplicaremos este criterio tanto para gasolina sin aditivo como para gasolina con aditivo; en base a que el aditivo favorece la combustión de la mezcla aire-combustible y por tanto en el análisis de gases de escape debemos en contrar acentuadas tales características.

Se han tomado muestras de gases de escape de gasolina sin aditivo para potencia máxima y para consumo específico mínimo obtenidos con el set de calibración óptimo de la máquina y en el caso de mezclas de gasolina con aditivos, la muestra ha sido tomada también en el set de calibración óptimo y con una proporción de aditivo determinada. Hemos tomado ésta decisión en base a que son estas las pruebas más significativas para analizar. (Tablas 75 a la 78).

Tales pruebas nos van a dar una idea más completa acerca

del comportamiento de los aditivos en el rendimiento de la máquina. Para ello tenemos que referirnos a la tabla 79.

Vemos que el torque, siendo directamente proporcional a la potencia, es mayor para el aditivo Wynn's que es el que incrementa la potencia en mayor porcentaje. Decreciendo para STP, DUPONT y VALVETOP que es el orden en que disminuye la potencia.

Veamos lo que sucede con la eficiencia térmica relacionada al consumo específico de combustible. Sabemos que la relación entre ellas es de proporcionalidad inversa y por ello que los resultados obtenidos nos indican la mayor eficiencia térmica para el menor consumo específico de combustible.

Los resultados comprueban también que para mayor robustez de la mezcla tenemos una relación aire/combustible menor que cuando la mezcla es pobre.

La eficiencia volumétrica para mezclas ricas presenta ligera variación con STP, manteniéndose constante para Wynn's y DUPONT. Existe un incremento cuando se opera con mezclas pobres.

Siempre nos estamos refiriendo con respecto a nuestro nivel de referencia que son los resultados de la gasolina sin

aditivos.

Las muestras tomadas para analizar en el aparato de ORSAT cuyos datos se encuentran en las tablas 75 a la 78 nos de muestran que existe una mejora en la combustión del combustible cuando se trata de mezclas ricas y de mezclas pobres con aditivo.

Pero sólo podemos hacer una comparación con relación a la muestra en referencia de manera cualitativa ya que los resultados obtenidos no logramos hacer una comparación cuantitativa tal como muestran las tablas 82 a la 85.

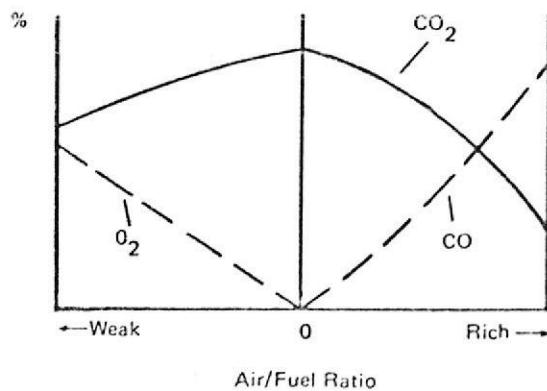


FIG. 14.- Relación entre composición de gases de escape y razón de aire-combustible.

(Instruccional Test and Experiments on Internal Combustion Engines).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hemos probado cada uno de los aditivos, tenemos los resultados de los ensayos y ahora en este capítulo anotamos las conclusiones a que hemos llegado, lo cual es realmente el objetivo de nuestra tesis.

Debemos distinguir dos aspectos importantes relacionados con nuestro trabajo: el primero el aspecto técnico o ingenieril y el segundo el aspecto económico. Es el aspecto técnico el que nos interesa principalmente y es el que lleva a concluir que Wynn's es el aditivo que produce el mayor incremento de potencia y el menor incremento de consumo específico de combustible comparado con los demás aditivos probados.

STP es un aditivo que creemos merece un análisis más detallado, ya que el incremento de potencia y el incremento de consumo específico de combustible necesitan evaluarse. Sin embargo técnicamente hablando es mejor que DUPONT.

Refiriéndonos a DUPONT, es evidente que el aumento de potencia es tan pequeño y el aumento de consumo específico de combustible es considerable en relación a la mezcla de

referencia que no es recomendable desde este punto de vista. De la misma manera VALVETOP, presenta una disminución de potencia y el que más alto porcentaje de incremento de consumo específico de combustible.

En cuanto al segundo aspecto, el económico, tendremos que valernos de la comparación económica hecha en el punto 4.6.

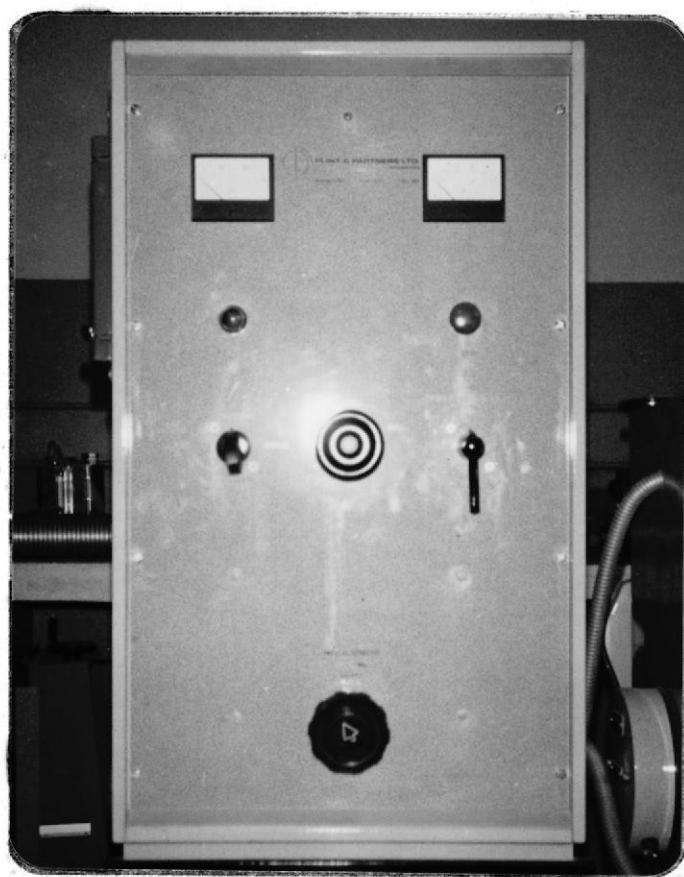
De aquel análisis podemos tomar los porcentajes de incremento de potencia relacionado con el factor económico. Se puede entonces comparar que $1.27\%/\$1.$ y $1.25\%/\$1.$ para el aditivo Wynn's y el aditivo STP respectivamente, son similares. Por tanto, cuando se hable del aspecto potencia-economía diremos que los dos son recomendables.

No se puede decir lo mismo cuando se trata del aspecto consumo específico de combustible-economía, ya que Wynn's lleva ventaja contra STP. Mientras el primero solo incrementa el consumo específico de combustible en $.8\%/\$1.$ el segundo lo hace en $1.8\%/\$1.$ Esto considerado en grandes cantidades representa un parámetro muy influyente.

Conocemos de nuestras pruebas los resultados para cada uno de los aditivos utilizados, y básicamente ellas estuvieron encaminados a encontrar el incremento de potencia y la dis-

minución de consumo específico de combustible; de aquellos resultados hemos concluido que no existe disminución de consumo específico de combustible sino más bien un aumento; sin embargo, en cuanto a potencia si existe incremento. También hemos hecho una comparación económica entre ellos y ahora solo nos queda decir que de acuerdo con ello la performance del motor aumenta para un mayor rendimiento.

Por último, si bien es cierto que hemos concluido tomando en cuenta el factor ingenieril y el factor económico entre los aditivos, creemos que si tomamos en cuenta la acción de los mismos en el campo de la corrosión, los sedimentos, la lubricación, se justifica su uso; a pesar de que con el precio actual que tiene nuestra gasolina (≈ 5 S/.-gal.) comparado con el de las latas de aditivos comerciales hay gran diferencia. Corresponde en este caso hacer una evaluación que no es el objetivo de esta tesis. Se recomienda que un trabajo en este campo debería ser realizado dada su importancia.



Panel de Control

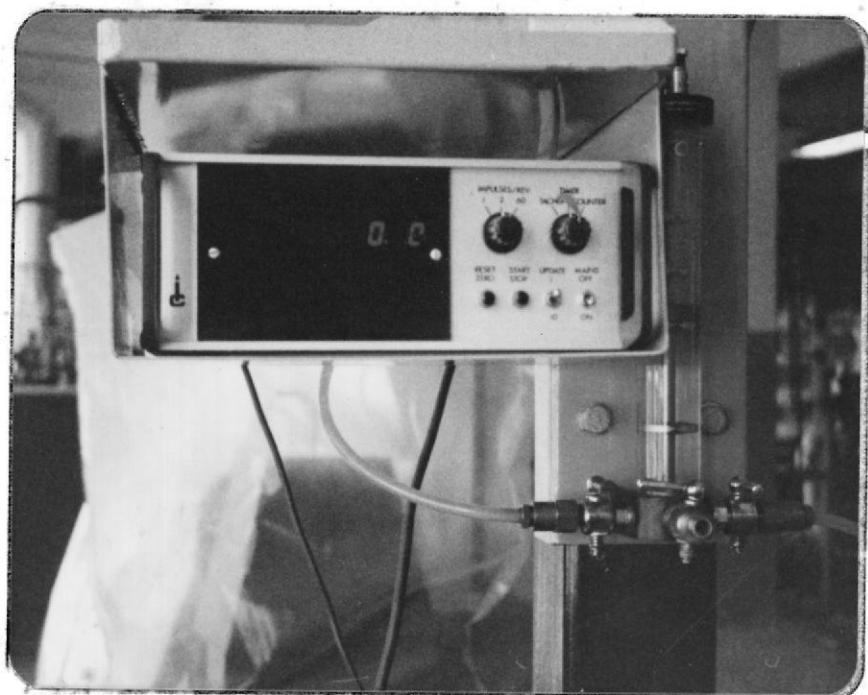
FIGURA 9



Motor

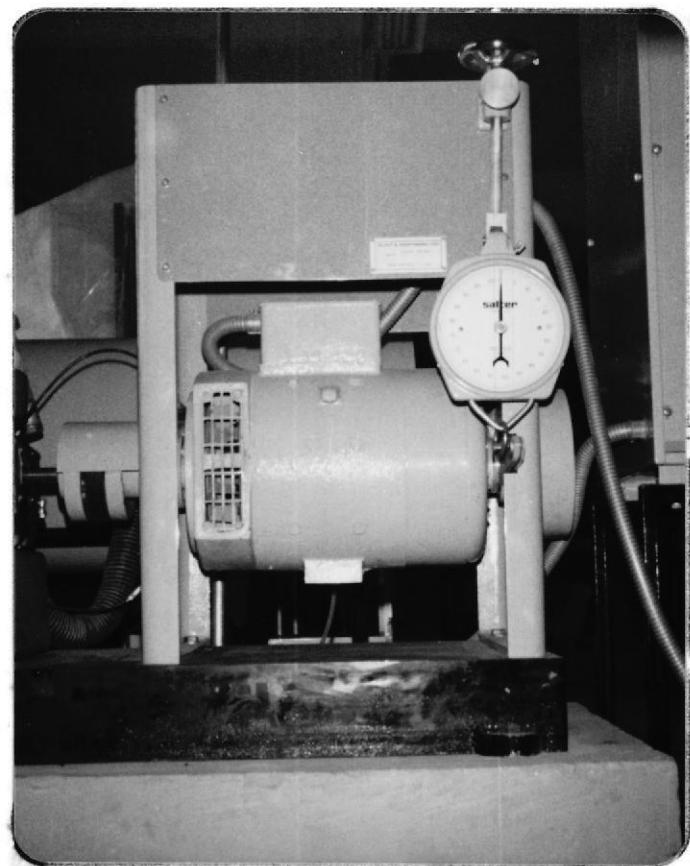
Norton Villiers F15

FIGURA 10



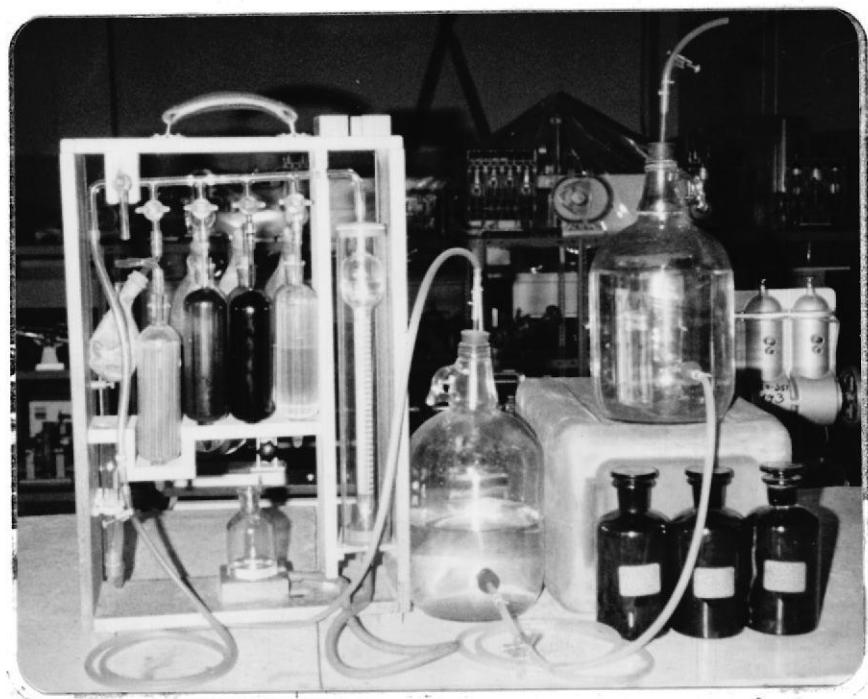
Tacómetro, Contador de revoluciones y Medidor de Consumo de Combustible.

FIGURA 11



Dinamómetro eléctrico

FIGURA 12



Equipo utilizado para análisis ORSAT

FIGURA 13

DIAGRAMAS Y TABLAS

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3570 | 5150 | 87,0 | 11.00 | 120 | 5.3 |
| 3030 | 4203 | 83.0 | 25.50 | 165 | 7.3 |
| 2520 | 4324 | 103.6 | 22.00 | 160 | 6.7 |
| 2010 | 4924 | 147.4 | 21.00 | 140 | 6.0 |
| 1620 | 5310 | 195.4 | 19.75 | 125 | 5.3 |
| 1470 | 5463 | 224.0 | 19.75 | 115 | 5.0 |
| 1260 | 5576 | 265.0 | 19.00 | 100 | 4.5 |

Gasolina sin aditivo para $Z = 1$ vuelta y $R = 4$ Resistencias

TABLA 3

| n rev./min. | P Kw | V lt/hr | η lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|--------------------|
| 3552 | 1.084 | 1.034 | .954 |
| 3038 | 1.812 | 1.084 | .598 |
| 2504 | 1.528 | .869 | .568 |
| 2004 | 1.168 | .610 | .523 |
| 1630 | .893 | .460 | .515 |
| 1463 | .802 | .402 | .500 |
| 1262 | .665 | .340 | .510 |

Gasolina sin aditivo para $Z = 1$ vuelta y $R = 4$ resistencias

TABLA 4

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3600 | 4436 | 74.2 | 5.00 | 85 | 2.0 |
| 3030 | 3256 | 65.0 | 22.00 | 235 | 5.0 |
| 2520 | 3170 | 75.6 | 22.00 | 215 | 4.7 |
| 2010 | 3600 | 107.4 | 22.00 | 190 | 4.3 |
| 1620 | 4150 | 153.6 | 21.00 | 165 | 3.5 |
| 1470 | 4200 | 170.0 | 20.75 | 155 | 3.3 |
| 1260 | 4332 | 190.6 | 20.00 | 140 | 3.0 |

Gasolina sin aditivo para $Z = 1 \frac{1}{4}$ vuelta y $R = 2$ resistencias

TABLA 5

| n' rev/min. | P Kw | $\frac{V}{lt/hr}$ | $\frac{V}{lt/kw-hr}$ |
|------------------|---------|-------------------|----------------------|
| 3587 | .498 | 1.213 | 2.437 |
| 3005 | 1.853 | 1.385 | .755 |
| 2516 | 1.536 | 1.190 | .755 |
| 2011 | 1.228 | .838 | .680 |
| 1621 | .944 | .586 | .620 |
| 1482 | .853 | .529 | .620 |
| 1368 | .759 | .472 | .622 |

Gasolina sin aditivo para $Z = 1 \frac{1}{4}$ vuelta y $R = 2$ resistencias

TABLA 6

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3600 | 2862 | 47.6 | 5.25 | 90 | 2.0 |
| 3030 | 2631 | 52.2 | 20.50 | 230 | 5.0 |
| 2520 | 2674 | 63.0 | 21.75 | 215 | 4.7 |
| 2010 | 2922 | 87.0 | 22.25 | 195 | 4.3 |
| 1620 | 3312 | 123.4 | 21.25 | 165 | 3.5 |
| 1470 | 3429 | 139.6 | 20.75 | 155 | 3.3 |
| 1260 | 3493 | 157.4 | 20.25 | 140 | 3.0 |

Gasolina sin aditivo para $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta y $R = 2$ resistencias

TABLA 7

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3608 | .525 | 1.890 | 3.600 |
| 3024 | 1.720 | 1.724 | 1.000 |
| 2547 | 1.537 | 1.428 | .930 |
| 2015 | 1.244 | 1.034 | .830 |
| 1610 | .949 | .729 | .770 |
| 1474 | .848 | .645 | .760 |
| 1331 | .748 | .572 | .760 |

Gasolina sin aditivo para $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta y $R = 2$ resistencias

TABLA 8

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3450 | 4141 | 72.0 | 18.5 | 225 | 5.0 |
| 3270 | 4013 | 73.4 | 21.25 | 245 | 5.3 |
| 3060 | 4023 | 79.0 | 21.00 | 240 | 5.0 |
| 3030 | 4013 | 80.2 | 21.00 | 235 | 5.0 |
| 2940 | 4014 | 82.6 | 21.25 | 230 | 5.0 |
| 2760 | 4052 | 88.2 | 21.00 | 215 | 4.8 |
| 2550 | 4234 | 104.0 | 21.60 | 215 | 4.7 |
| 2190 | 4722 | 131.2 | 21.25 | 195 | 4.3 |
| 1680 | 5395 | 198.0 | 19.00 | 150 | 3.3 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 vuelta; R = 2 y C = 11.825 cc/Gal.

TABLA 9

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3451 | 1.770 | 1.250 | .706 |
| 3280 | 1.934 | 1.226 | .630 |
| 3055 | 1.780 | 1.140 | .640 |
| 3002 | 1.749 | 1.120 | .640 |
| 2916 | 1.720 | 1.090 | .630 |
| 2756 | 1.606 | 1.020 | .635 |
| 2443 | 1.464 | .865 | .590 |
| 2159 | 1.273 | .686 | .539 |
| 1635 | .862 | .450 | .527 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 vuelta R = 2 resistencia
C = 11.825 cc/gal

TABLA 10

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3480 | 3502 | 60.6 | 16.75 | 215 | 4.7 |
| 3360 | 3436 | 61.8 | 19.50 | 235 | 5.0 |
| 3210 | 3435 | 64.4 | 19.50 | 230 | 5.0 |
| 3030 | 3468 | 69.2 | 19.75 | 225 | 4.7 |
| 2730 | 3450 | 76.2 | 19.75 | 210 | 4.5 |
| 2460 | 3534 | 86.2 | 20.25 | 205 | 4.3 |
| 2010 | 4081 | 122.6 | 19.40 | 180 | 4.0 |
| 1530 | 4541 | 176.8 | 17.75 | 145 | 3.3 |
| 1290 | 4351 | 209.2 | 16.75 | 125 | 2.7 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/4 vueltas; R = 2 resistencias
 $C = 11.825 \text{ cc/gal.}$

TABLA 11

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3467 | 1.610 | 1.485 | .922 |
| 3530 | 1.910 | 1.456 | .762 |
| 3200 | 1.730 | 1.397 | .808 |
| 3007 | 1.648 | 1.300 | .789 |
| 2716 | 1.490 | 1.180 | .793 |
| 2460 | 1.380 | 1.044 | .755 |
| 1997 | 1.075 | .734 | .683 |
| 1541 | .759 | .509 | .670 |
| 1248 | .580 | .430 | .740 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/4 vueltas; R = 2 resistencias
 $C = 11.825 \text{ cc/gal.}$

TABLA 12

| <i>n'</i> rev/min. | N rev. | <i>t</i> seg. | F <i>nt</i> | V' volt. | A amp. |
|-----------------------|-----------|------------------|----------------|-------------|-----------|
| 3360 | 2665 | 47.6 | 17.50 | 220 | 4.7 |
| 3210 | 2664 | 49.6 | 18.50 | 220 | 4.7 |
| 3030 | 2690 | 53.2 | 19.00 | 220 | 4.7 |
| 2910 | 2703 | 55.6 | 18.75 | 212 | 4.6 |
| 2700 | 2713 | 60.4 | 19.75 | 210 | 4.5 |
| 2520 | 2746 | 65.6 | 19.75 | 205 | 4.3 |
| 2280 | 2818 | 74.4 | 20.50 | 200 | 4.3 |
| 2010 | 3061 | 91.2 | 20.25 | 180 | 4.0 |
| 1620 | 3492 | 130.8 | 19.40 | 155 | 4.4 |
| 1290 | 3407 | 159.0 | 17.75 | 130 | 3.0 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/2 vueltas; R = 2 resistencias
C = 11.825 cc/gal.

TABLA 13

| <i>n</i> rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|----------------------|---------|------------|---------------|
| 3359 | 1.630 | 1.890 | 1.160 |
| 3223 | 1.654 | 1.814 | 1.100 |
| 3034 | 1.600 | 1.690 | 1.058 |
| 2917 | 1.520 | 1.620 | 1.065 |
| 2695 | 1.477 | 1.490 | 1.010 |
| 2512 | 1.370 | 1.370 | 1.000 |
| 2273 | 1.293 | 1.210 | .936 |
| 2014 | 1.130 | .987 | .870 |
| 1602 | .862 | .690 | .798 |
| 1286 | .633 | .566 | .894 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/2 vueltas; R = 2 resistencias
C = 11.825 cc/gal.

TABLA 14

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3510 | 4348 | 74.6 | 16.00 | .145 | 6.3 |
| 3420 | 4140 | 72.6 | 19.00 | 160 | 7.0 |
| 3300 | 4192 | 76.0 | 21.00 | 170 | 6.3 |
| 3030 | 4245 | 83.8 | 21.50 | 165 | 7.0 |
| 2550 | 4391 | 104.4 | 21.50 | 160 | 6.7 |
| 2040 | 5028 | 149.6 | 20.75 | 140 | 6.0 |
| 1620 | 5366 | 200.0 | 19.50 | 120 | 5.3 |
| 1290 | 5407 | 254.0 | 17.25 | 95 | 4.3 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias

$$C = 16.25 \text{ cc/gal.}$$

TABLA 15

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|-----------------|---------|---------------------|------------------------|
| 3497 | 1.550 | 1.206 | .780 |
| 3421 | 1.804 | 1.240 | .687 |
| 3309 | 1.928 | 1.185 | .614 |
| 3039 | 1.813 | 1.074 | .592 |
| 2524 | 1.505 | .862 | .573 |
| 2017 | 1.160 | .602 | .518 |
| 1610 | .871 | .450 | .517 |
| 1277 | .611 | .355 | .580 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias

$$C = 16.25 \text{ cc/gal.}$$

TABLA 16

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt. | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|----------|-------------|-----------|
| 3420 | 3354 | 59.2 | 19.50 | 240 | 5.3 |
| 3360 | 3308 | 59.2 | 20.50 | 240 | 5.3 |
| 3060 | 3349 | 65.6 | 21.75 | 240 | 5.0 |
| 2700 | 3372 | 75.0 | 22.00 | 225 | 4.7 |
| 2460 | 3465 | 84.8 | 22.25 | 215 | 4.7 |
| 2100 | 3814 | 109.6 | 22.00 | 195 | 4.3 |
| 1620 | 4373 | 162.2 | 21.00 | 165 | 4.5 |
| 1290 | 4265 | 203.8 | 17.25 | 125 | 2.7 |

Gasolina con aditivo wynn's $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 16.25$ cc/gal.

TABLA 17

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|--------------|-----------------|
| 3399 | 1.839 | 1.520 | .827 |
| 3353 | 1.907 | 1.520 | .797 |
| 3063 | 1.849 | 1.372 | .742 |
| 2698 | 1.647 | 1.200 | .729 |
| 2452 | 1.514 | 1.061 | .701 |
| 2088 | 1.275 | .821 | .644 |
| 1618 | .946 | .555 | .587 |
| 1256 | .600 | .442 | .735 |

Gasolina con aditivo Wynn's $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 16.25$ cc/gal.

TABLA 18

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt. | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|----------|-------------|-----------|
| 3420 | 2661 | 46.6 | 18.25 | 220 | 4.7 |
| 3240 | 2659 | 49.6 | 19.75 | 235 | 5.0 |
| 3030 | 2657 | 52.4 | 20.75 | 230 | 5.0 |
| 2730 | 2699 | 59.2 | 20.75 | 220 | 4.7 |
| 2490 | 2745 | 66.4 | 22.00 | 215 | 4.7 |
| 2040 | 3011 | 87.4 | 22.00 | 195 | 4.3 |
| 1650 | 3380 | 124.8 | 21.75 | 170 | 3.7 |
| 1260 | 3317 | 158.2 | 17.50 | 125 | 2.7 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/2 vueltas; R = 2 resistencias
 $C = 16.25 \text{ cc/gal.}$

TABLA 19

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|---------------------|------------------------|
| 3426 | 1.735 | 1.930 | 1.110 |
| 3216 | 1.763 | 1.814 | 1.030 |
| 3042 | 1.752 | 1.717 | .980 |
| 2735 | 1.575 | 1.520 | .965 |
| 2480 | 1.514 | 1.355 | .895 |
| 2067 | 1.262 | 1.030 | .816 |
| 1625 | .980 | .720 | .735 |
| 1258 | .611 | .569 | .930 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/2 vueltas; R = 2 resistencias
 $C = 16.25 \text{ cc/gal.}$

TABLA 20

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt. | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|----------|-------------|-----------|
| 3450 | 4230 | 74.0 | 18.00 | 155 | 6.7 |
| 3180 | 4339 | 81.6 | 20.00 | 160 | 6.7 |
| 3000 | 4385 | 87.4 | 19.75 | 158 | 6.7 |
| 2520 | 4460 | 105.8 | 20.25 | 145 | 6.3 |
| 2010 | 5147 | 153.6 | 19.75 | 135 | 5.7 |
| 1620 | 5562 | 206.4 | 18.25 | 115 | 5.0 |
| 1470 | 5539 | 227.6 | 18.00 | 110 | 4.7 |
| 1260 | 5484 | 264.2 | 17.50 | 95 | 4.3 |

Gasolina con aditivo wynn's Z = 1 vuelta; R = 2 resistencias

C = 29.5 cc/gal.

TABLA 21

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|--------------|-----------------|
| 3430 | 1.713 | 1.216 | .710 |
| 3190 | 1.770 | 1.110 | .623 |
| 3010 | 1.65 | 1.030 | .624 |
| 2520 | 1.421 | .850 | .598 |
| 2010 | 1.100 | .586 | .532 |
| 1617 | .819 | .436 | .532 |
| 1460 | .729 | .395 | .542 |
| 1245 | .605 | .340 | .563 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 vuelta; R = 2 resistencias

C = 29.5 cc/gal.

TABLA 22

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt. | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|----------|-------------|-----------|
| 3330 | 3326 | 60.0 | 20.0 | 240 | 5.0 |
| 3030 | 3326 | 65.6 | 20.5 | 230 | 5.0 |
| 2520 | 3461 | 82.8 | 20.5 | 210 | 4.5 |
| 2010 | 3895 | 116.8 | 21.0 | 185 | 4.0 |
| 1620 | 4418 | 165.0 | 20.0 | 160 | 3.5 |
| 1470 | 4545 | 186.2 | 19.0 | 145 | 3.3 |
| 1260 | 4409 | 205.0 | 18.5 | 135 | 3.0 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/4 vuelta; R = 2 resistencias
 C = 29.5 cc/gal.

TABLA 23

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3326 | 1.846 | 1.500 | .812 |
| 3051 | 1.735 | 1.372 | .791 |
| 2508 | 1.426 | 1.087 | .762 |
| 2001 | 1.166 | .770 | .661 |
| 1606 | .891 | .545 | .612 |
| 1464 | .772 | .483 | .626 |
| 1290 | .662 | .439 | .663 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/4 vueltas; R = 2 resistencias
 C = 29.5 cc/gal.

TABLA 24

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3300 | 2691 | 49.0 | 18.5 | 230 | 5.0 |
| 3030 | 2716 | 53.6 | 19.25 | 225 | 4.8 |
| 2520 | 2806 | 66.8 | 20.25 | 230 | 4.6 |
| 2010 | 3089 | 92.0 | 21.0 | 190 | 4.2 |
| 1620 | 3490 | 131.2 | 19.75 | 160 | 3.5 |
| 1470 | 3555 | 167.0 | 18.5 | 145 | 3.3 |
| 1290 | 3451 | 161.2 | 17.75 | 130 | 3.0 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/2 vueltas; R = 2 resistencias
 $C = 29.5 \text{ cc/gal.}$

TABLA 25

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3295 | 1.691 | 1.837 | 1.090 |
| 3040 | 1.624 | 1.679 | 1.034 |
| 2520 | 1.416 | 1.347 | .950 |
| 2014 | 1.174 | .978 | .833 |
| 1596 | .875 | .686 | .784 |
| 1277 | .656 | .539 | .822 |
| 1284 | .633 | .558 | .882 |

Gasolina con aditivo Wynn's Z = 1 1/2 vueltas; R = 2 resistencias
 $C = 29.5 \text{ cc/gal.}$

TABLA 26

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3510 | 4735 | 81.4 | 15.00 | 140 | 6.0 |
| 3240 | 4563 | 84.2 | 20.25 | 160 | 7.0 |
| 3060 | 4631 | 91.6 | 20.50 | 160 | 6.7 |
| 2610 | 4811 | 111.0 | 20.75 | 150 | 6.5 |
| 2340 | 5025 | 130.0 | 20.50 | 145 | 6.3 |
| 2010 | 5400 | 161.0 | 19.00 | 130 | 5.7 |
| 1740 | 5745 | 201.4 | 16.75 | 115 | 5.2 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias ; C = 11.825 cc/gal

TABLA 27

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3490 | 1.453 | 1.106 | .760 |
| 3251 | 1.827 | 1.070 | .585 |
| 3033 | 1.725 | .982 | .569 |
| 2600 | 1.497 | .811 | .540 |
| 2319 | 1.320 | .692 | .525 |
| 2012 | 1.060 | .559 | .527 |
| 1711 | .795 | .447 | .562 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
C = 11.825 cc/gal.

TABLA 28

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3450 | 3639 | 63.4 | 17.25 | 215 | 4.5 |
| 3330 | 3484 | 63.4 | 20.50 | 240 | 5.0 |
| 3060 | 3516 | 69.4 | 21.25 | 235 | 5.0 |
| 2880 | 3532 | 74.0 | 21.00 | 225 | 4.7 |
| 2580 | 3640 | 84.6 | 21.25 | 215 | 4.7 |
| 2310 | 3783 | 99.0 | 21.50 | 205 | 4.3 |
| 1890 | 4418 | 148.0 | 20.25 | 175 | 4.0 |
| 1500 | 4859 | 193.0 | 18.50 | 145 | 3.3 |
| 1260 | 4585 | 224.0 | 16.50 | 120 | 2.8 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 11.825 \text{ cc/gal.}$

TABLA 29

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3444 | 1.648 | 1.420 | .860 |
| 3297 | 1.875 | 1.420 | .757 |
| 3040 | 1.790 | 1.297 | .720 |
| 2864 | 1.670 | 1.216 | .730 |
| 2581 | 1.520 | 1.064 | .700 |
| 2293 | 1.370 | .909 | .660 |
| 1791 | 1.000 | .608 | .604 |
| 1510 | .770 | .466 | .600 |
| 1228 | .560 | .402 | .710 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 11.825 \text{ cc/gal.}$

TABLA 30

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A Amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3360 | 2719 | 48.8 | 18.50 | 220 | 4.7 |
| 3060 | 2691 | 52.6 | 19.75 | 215 | 4.7 |
| 2880 | 2707 | 56.0 | 19.75 | 215 | 4.7 |
| 2610 | 2761 | 63.6 | 20.75 | 215 | 4.7 |
| 2310 | 2840 | 74.2 | 21.50 | 205 | 4.5 |
| 2010 | 3125 | 94.6 | 21.50 | 185 | 4.0 |
| 1710 | 3453 | 122.4 | 21.25 | 170 | 3.7 |
| 1410 | 3589 | 152.0 | 20.25 | 145 | 3.3 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 1/2 vueltas; R = 2 resistencias
 C = 11.825 cc/gal.

TABLA 31

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V $lt/kw-hr$ |
|-----------------|---------|----------------|-------------------|
| 3343 | 1.716 | 1.844 | 1.070 |
| 3070 | 1.680 | 1.711 | 1.020 |
| 2900 | 1.590 | 1.607 | 1.010 |
| 2605 | 1.500 | 1.415 | .940 |
| 2296 | 1.370 | 1.213 | .880 |
| 1982 | 1.180 | .951 | .800 |
| 1693 | 1.000 | .735 | .737 |
| 1417 | .796 | .592 | .744 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 1/2 vuelta; R = 2 resistencias
 C = 11.825 cc/gal'

TABLA 32

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3510 | 4750 | 82.0 | 15.50 | 140 | 6.2 |
| 3180 | 4569 | 86.0 | 20.00 | 160 | 7.0 |
| 3060 | 4644 | 91.8 | 20.25 | 170 | 6.8 |
| 2850 | 4695 | 99.4 | 20.25 | 155 | 6.7 |
| 2640 | 4779 | 109.4 | 20.50 | 150 | 6.5 |
| 2310 | 4963 | 128.6 | 20.25 | 145 | 6.3 |
| 2010 | 5412 | 162.4 | 19.25 | 130 | 5.7 |
| 1710 | 5748 | 201.8 | 17.50 | 115 | 5.0 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 vuelta ; R = 4 resistencias
 C = 14.78 cc/gal.

TABLA 33

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3476 | 1.495 | 1.097 | .734 |
| 3148 | 1.769 | 1.086 | .590 |
| 3035 | 1.700 | .980 | .575 |
| 2834 | 1.590 | .905 | .569 |
| 2621 | 1.491 | .823 | .552 |
| 2315 | 1.300 | .700 | .538 |
| 1999 | 1.068 | .554 | .519 |
| 1709 | ,830 | .446 | .537 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 14.78 cc/gal.

TABLA 34

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3420 | 3568 | 62.6 | 17.50 | 220 | 4.7 |
| 3300 | 3560 | 64.6 | 20.75 | 240 | 5.2 |
| 3030 | 3618 | 71.4 | 21.25 | 235 | 5.0 |
| 2820 | 3642 | 77.2 | 21.00 | 225 | 4.8 |
| 2640 | 3706 | 84.4 | 21.00 | 215 | 4.7 |
| 2340 | 3858 | 100.0 | 21.25 | 205 | 4.5 |
| 2010 | 4342 | 129.6 | 20.75 | 185 | 4.0 |
| 1710 | 4758 | 167.6 | 19.50 | 165 | 3.5 |
| 1410 | 5024 | 217.8 | 16.75 | 130 | 3.0 |
| 1230 | 4665 | 231.0 | 16.00 | 120 | 2.7 |

Gasolina con aditivo STP $R = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 14.78$ cc/gal.

TABLA 35

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3420 | 1.660 | 1.438 | .866 |
| 3306 | 1.904 | 1.393 | .732 |
| 3040 | 1.790 | 1.260 | .700 |
| 2830 | 1.650 | 1.166 | .710 |
| 2634 | 1.535 | 1.066 | .695 |
| 2315 | 1.365 | .900 | .660 |
| 2010 | 1.160 | .694 | .598 |
| 1703 | .920 | .537 | .583 |
| 1384 | .643 | .413 | .642 |
| 1212 | .538 | .390 | .720 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 14.78$ cc/gal.

TABLA 36

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3240 | 2705 | 49.8 | 17.75 | 215 | 4.7 |
| 3030 | 2701 | 53.6 | 19.00 | 220 | 4.7 |
| 2760 | 2721 | 59.0 | 19.00 | 210 | 4.5 |
| 2310 | 2823 | 72.8 | 19.50 | 195 | 4.3 |
| 2040 | 3054 | 91.2 | 19.75 | 180 | 4.0 |
| 1710 | 3396 | 119.6 | 18.75 | 160 | 3.5 |
| 1410 | 3519 | 150.0 | 17.25 | 135 | 3.0 |
| 1230 | 3319 | 160.6 | 16.75 | 120 | 2.7 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta; $R = 2$ resistencias

C = 14.78 cc/gal.

TABLA 37

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3259 | 1.600 | 1.807 | 1.126 |
| 3023 | 1.594 | 1.680 | 1.053 |
| 2767 | 1.460 | 1.525 | 1.046 |
| 2327 | 1.260 | 1.236 | .980 |
| 2009 | 1.100 | .987 | .896 |
| 1704 | .886 | .752 | .849 |
| 1408 | .674 | .600 | .890 |
| 1240 | .576 | .560 | .970 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vueltas; $R = 2$ resistencias

C = 14.78 cc/gal.

TABLA 38

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3510 | 4854 | 82.8 | 13.50 | 135 | 5.7 |
| 3300 | 4354 | 79.2 | 19.50 | 160 | 6.7 |
| 3030 | 4214 | 83.4 | 19.75 | 160 | 6.7 |
| 2610 | 4449 | 103.2 | 20.00 | 150 | 6.5 |
| 2010 | 5260 | 156.2 | 19.00 | 130 | 5.7 |
| 1620 | 5418 | 199.4 | 18.25 | 120 | 5.0 |
| 1470 | 5652 | 231.6 | 17.25 | 110 | 4.7 |
| 1260 | 5598 | 269.0 | 16.50 | 100 | 4.5 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 29.56 cc/gal.

TABLA 39

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3515 | 1.317 | 1.087 | .825 |
| 3298 | 1.785 | 1.136 | .637 |
| 3032 | 1.660 | 1.079 | .650 |
| 2587 | 1.435 | .872 | .610 |
| 2020 | 1.065 | .576 | .541 |
| 1630 | .825 | .454 | .547 |
| 1464 | .700 | .389 | .555 |
| 1248 | .572 | .334 | .585 |

Gasolina con aditivo STP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 29.56 cc/gal.

TABLA 40

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3510 | 3252 | 56.0 | 16.50 | 220 | 4.5 |
| 3330 | 3320 | 59.6 | 19.50 | 235 | 5.0 |
| 3030 | 3331 | 65.8 | 20.50 | 230 | 4.7 |
| 2520 | 3431 | 81.8 | 20.75 | 210 | 4.5 |
| 2010 | 3883 | 114.8 | 21.00 | 185 | 4.0 |
| 1620 | 4340 | 161.0 | 19.75 | 160 | 3.5 |
| 1470 | 4520 | 184.4 | 18.75 | 145 | 3.3 |
| 1260 | 4384 | 208.4 | 17.50 | 125 | 2.7 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas ; $R = 2$ resistencias
 $C = 29.56$ cc/gal.

TABLA 41

| n rev/min. | P kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3484 | 1.595 | 1.607 | 1.000 |
| 3342 | 1.808 | 1.510 | .835 |
| 3037 | 1.728 | 1.368 | .790 |
| 2517 | 1.449 | 1.100 | .759 |
| 2029 | 1.182 | .784 | .663 |
| 1617 | .886 | .559 | .631 |
| 1471 | .765 | .488 | .638 |
| 1262 | .613 | .432 | .705 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 29.56$ cc/gal.

TABLA 42

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3600 | 2893 | 48.0 | 5.00 | 85 | 2.0 |
| 3450 | 2610 | 45.0 | 17.50 | 220 | 4.5 |
| 3030 | 2649 | 52.2 | 19.50 | 225 | 4.7 |
| 2520 | 2704 | 64.2 | 21.25 | 215 | 4.5 |
| 2010 | 3008 | 90.0 | 21.75 | 190 | 4.2 |
| 1620 | 3364 | 125.4 | 20.75 | 165 | 3.5 |
| 1470 | 3553 | 147.2 | 19.75 | 145 | 3.3 |
| 1320 | 3479 | 160.0 | 19.00 | 135 | 3.0 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 29.56$ cc/gal.

TABLA 43

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3480 | 1.690 | 2.000 | 1.183 |
| 3044 | 1.647 | 1.724 | 1.047 |
| 2527 | 1.490 | 1.402 | .941 |
| 2005 | 1.210 | 1.000 | .826 |
| 1609 | .927 | .718 | .774 |
| 1448 | .794 | .633 | .797 |
| 1305 | .688 | .562 | .818 |

Gasolina con aditivo STP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 29.56$ cc/gal

TABLA 44

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3420 | 4198 | 74.0 | 19.00 | 160 | 6.7 |
| 3330 | 4251 | 76.6 | 20.00 | 165 | 7.0 |
| 3090 | 4252 | 82.6 | 20.50 | 160 | 6.7 |
| 2820 | 4242 | 90.0 | 21.00 | 160 | 6.7 |
| 2520 | 4418 | 105.0 | 21.25 | 160 | 6.7 |
| 2010 | 4884 | 147.0 | 20.25 | 140 | 6.0 |
| 1620 | 5492 | 203.2 | 18.75 | 120 | 5.0 |
| 1260 | 5650 | 238.2 | 18.00 | 105 | 4.7 |

Gasolina con aditivo DUPONT Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 11.825 cc/gal.

TABLA 45

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------|
| 3404 | 1.794 | 1.216 | .678 |
| 3330 | 1.848 | 1.175 | .636 |
| 3089 | 1.757 | 1.090 | .620 |
| 2828 | 1.648 | 1.000 | .607 |
| 2524 | 1.489 | .857 | .576 |
| 1993 | 1.120 | .612 | .547 |
| 1622 | .847 | .443 | .525 |
| 1423 | .711 | .378 | .531 |

Gasolina con aditivo DUPONT Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 11.85 cc/gal.

TABLA 46

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3450 | 3275 | 57.0 | 17.00 | 220 | 4.7 |
| 3360 | 3180 | 57.0 | 19.50 | 235 | 5.0 |
| 3030 | 3174 | 62.8 | 21.00 | 235 | 5.0 |
| 2750 | 3202 | 70.0 | 21.00 | 225 | 4.7 |
| 2520 | 3250 | 77.2 | 21.75 | 215 | 4.7 |
| 2190 | 3495 | 96.0 | 21.75 | 200 | 4.3 |
| 1800 | 3910 | 132.4 | 20.75 | 175 | 3.7 |
| 1500 | 4276 | 173.2 | 19.50 | 150 | 3.3 |
| 1320 | 4232 | 195.4 | 18.50 | 135 | 3.0 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 11,825 \text{ cc/gal.}$

TABLA 47

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3447 | 1.626 | 1.579 | .971 |
| 3347 | 1.811 | 1.579 | .872 |
| 3031 | 1.767 | 1.433 | .811 |
| 2745 | 1.599 | 1.286 | .804 |
| 2526 | 1.524 | 1.166 | .765 |
| 2184 | 1.318 | .938 | .710 |
| 1772 | 1.020 | .680 | .666 |
| 1481 | .800 | .520 | .650 |
| 1299 | .667 | .460 | .690 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{4}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 11.825 \text{ cc/gal.}$

TABLA 48

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3270 | 2731 | 50.0 | 18.75 | 230 | 5 |
| 3030 | 2739 | 54.2 | 19.25 | 220 | 4.7 |
| 2760 | 2734 | 59.6 | 20.25 | 220 | 4.7 |
| 2520 | 2797 | 66.6 | 21.25 | 215 | 4.6 |
| 2190 | 2937 | 81.2 | 21.75 | 200 | 4.3 |
| 1800 | 3330 | 112.8 | 21.00 | 175 | 3.7 |
| 1500 | 3631 | 147.6 | 19.75 | 150 | 3.3 |
| 1350 | 3441 | 155.6 | 19.50 | 140 | 3.0 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{2}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 11.825$ cc/gal.

TABLA 49

| n rev/min. | P Kw | $\frac{V}{lt/hr}$ | $\frac{V}{lt/kw - hr}$ |
|-----------------|---------|-------------------|------------------------|
| 3277 | 1.705 | 1.800 | 1.056 |
| 3032 | 1.620 | 1.660 | 1.025 |
| 2752 | 1.546 | 1.510 | .977 |
| 2520 | 1.486 | 1.350 | .910 |
| 2170 | 1.310 | 1.110 | .846 |
| 1771 | 1.032 | .798 | .773 |
| 1476 | .810 | .610 | .753 |
| 1327 | .718 | .578 | .805 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 11.825$ cc/gal.

TABLA 50

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3300 | 4223 | 77.0 | 19.50 | 160 | 6.7 |
| 3060 | 4117 | 80.6 | 20.50 | 160 | 7.0 |
| 2610 | 4358 | 100.0 | 20.25 | 170 | 6.5 |
| 2310 | 4641 | 121.0 | 20.00 | 145 | 6.3 |
| 2010 | 5135 | 153.4 | 19.25 | 135 | 5.7 |
| 1620 | 5536 | 204.6 | 17.50 | 115 | 5.0 |
| 1470 | 5644 | 230.2 | 17.00 | 100 | 4.7 |

Gasolina con aditivo DUPONT Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 16.825 cc/gal.

TABLA 51

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3290 | 1.780 | 1.170 | .657 |
| 3015 | 1.743 | 1.117 | .641 |
| 2615 | 1.469 | .900 | .613 |
| 2301 | 1.277 | .744 | .582 |
| 2008 | 1.073 | .587 | .547 |
| 1623 | .788 | .440 | .558 |
| 1471 | .694 | .391 | .563 |

Gasolina con aditivo DUPONT Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 16.825 cc/gal.

TABLA 52

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3480 | 3436 | 59.4 | 17.00 | 220 | 4.7 |
| 3030 | 3380 | 66.6 | 20.00 | 230 | 5.0 |
| 2730 | 3441 | 75.6 | 20.25 | 220 | 4.7 |
| 2520 | 3525 | 84.0 | 20.75 | 210 | 4.5 |
| 2310 | 3661 | 95.4 | 20.50 | 200 | 4.3 |
| 2010 | 4074 | 121.8 | 20.50 | 185 | 4.0 |
| 1620 | 4544 | 170.0 | 20.00 | 160 | 3.5 |
| 1470 | 4305 | 175.0 | 18.75 | 145 | 3.3 |
| 1260 | 4356 | 204.2 | 18.00 | 130 | 3.0 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 16.825$ cc/gal.

TABLA 53

| n' rev/min. | P Kw | $\frac{V}{lt/hr}$ | $\frac{V}{lt/kw-hr}$ |
|------------------|---------|-------------------|----------------------|
| 3470 | 1.637 | 1.515 | .926 |
| 3045 | 1.690 | 1.350 | .800 |
| 2731 | 1.534 | 1.190 | .780 |
| 2516 | 1.450 | 1.070 | .739 |
| 2302 | 1.310 | .940 | .720 |
| 2006 | 1.140 | .739 | .650 |
| 1604 | .890 | .529 | .595 |
| 1476 | .768 | .514 | .670 |
| 1280 | .639 | .440 | .690 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 16.825$ cc/gal.

TABLA 54

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|
| 3300 | 2737 | 49.0 | 18.50 | 230 | 5.0 |
| 3060 | 2799 | 55.2 | 18.75 | 225 | 4.7 |
| 2520 | 2890 | 69.2 | 20.50 | 210 | 4.5 |
| 2010 | 3185 | 94.6 | 20.75 | 190 | 4.2 |
| 1620 | 3582 | 133.6 | 20.00 | 160 | 3.5 |
| 1470 | 3594 | 148.2 | 18.75 | 145 | 3.3 |
| 1260 | 3478 | 162.6 | 18.25 | 130 | 3.0 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 16.825$ cc/gal.

TABLA 55

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | $\frac{V}{P}$ lt/kw-hr |
|-----------------|---------|------------|---------------------------|
| 3351 | 1.720 | 1.837 | 1.070 |
| 3042 | 1.583 | 1.630 | 1.029 |
| 2506 | 1.425 | 1.300 | .910 |
| 2020 | 1.163 | .950 | .820 |
| 1609 | .893 | .674 | .754 |
| 1455 | .757 | .607 | .802 |
| 1283 | .650 | .550 | .850 |

Gasolina con aditivo DUPONT $Z = 1 \frac{1}{2}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 16.825$ cc/gal.

TABLA 56

| <i>n'</i> rev/min. | N rev. | <i>t</i> seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|-----------------------|-----------|------------------|---------|-------------|-----------|
| 3360 | 4575 | 82.0 | 18.25 | 155 | 6.7 |
| 3030 | 4648 | 91.8 | 19.00 | 155 | 6.7 |
| 2640 | 4778 | 99.2 | 19.00 | 145 | 6.3 |
| 2340 | 4906 | 126.0 | 18.50 | 135 | 5.8 |
| 2070 | 5399 | 157.6 | 18.00 | 130 | 5.6 |
| 1740 | 5687 | 197.6 | 15.75 | 110 | 5.0 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 23.65 cc/gal.

TABLA 57

| <i>n</i> rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|----------------------|---------|------------|---------------|
| 2348 | 1.695 | 1.097 | .650 |
| 3038 | 1.600 | .980 | .610 |
| 2890 | 1.520 | .907 | .595 |
| 2336 | 1.200 | .714 | .596 |
| 2055 | 1.026 | .571 | .560 |
| 1727 | .750 | .455 | .600 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 23.63 cc/gal.

TABLA 58

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 3450 | 3432 | 60.0 | 17.50 | 220 | 4.7 |
| 3360 | 3442 | 61.4 | 18.75 | 230 | 5.0 |
| 3000 | 3421 | 68.4 | 19.50 | 225 | 4.8 |
| 2820 | 3500 | 72.0 | 19.50 | 215 | 4.6 |
| 2610 | 3491 | 80.2 | 19.75 | 210 | 4.5 |
| 2310 | 3606 | 93.0 | 19.50 | 195 | 4.3 |
| 2010 | 4025 | 120.6 | 19.50 | 180 | 4.0 |
| 1680 | 4412 | 157.0 | 18.00 | 155 | 3.5 |
| 1410 | 4465 | 190.0 | 17.25 | 135 | 3.0 |
| 1260 | 4373 | 213.0 | 16.25 | 120 | 2.7 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 23.65$ cc/gal.

TABLA 59

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3432 | 1.670 | 1.500 | .900 |
| 3363 | 1.750 | 1.466 | .840 |
| 3018 | 1.630 | 1.323 | .810 |
| 2917 | 1.580 | 1.250 | .790 |
| 2612 | 1.430 | 1.122 | .780 |
| 2326 | 1.260 | .968 | .770 |
| 2002 | 1.080 | .743 | .690 |
| 1686 | .840 | .573 | .680 |
| 1410 | .675 | .474 | .700 |
| 1232 | .560 | .422 | .760 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 23.65$ cc/gal

TABLA 60

| <i>n'</i> rev/min. | N rev. | <i>t</i> seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|-----------------------|-----------|------------------|---------|-------------|-----------|
| 3360 | 2758 | 49.4 | 17.25 | 215 | 4.7 |
| 3120 | 2735 | 52.8 | 18.50 | 220 | 4.7 |
| 2850 | 2739 | 58.0 | 19.00 | 215 | 4.7 |
| 2610 | 2798 | 65.0 | 19.00 | 205 | 4.4 |
| 2310 | 2843 | 74.0 | 19.00 | 190 | 4.2 |
| 2010 | 3093 | 92.8 | 19.50 | 180 | 4.0 |
| 1680 | 3403 | 121.8 | 18.25 | 155 | 3.5 |
| 1410 | 3556 | 153.2 | 16.25 | 130 | 3.0 |
| 1230 | 3427 | 165.0 | 15.75 | 120 | 2.7 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vueltas; $R = 2$ resistencias
 $C = 23.65 \text{ cc/gal.}$

TABLA 61

| <i>n</i> rev/min. | P Kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|----------------------|---------|------------|---------------|
| 3350 | 1.600 | 1.822 | 1.136 |
| 3108 | 1.595 | 1.724 | 1.070 |
| 2833 | 1.494 | 1.552 | 1.040 |
| 2583 | 1.360 | 1.385 | 1.020 |
| 2305 | 1.210 | 1.216 | 1.000 |
| 2000 | 1.080 | .970 | .896 |
| 1676 | .850 | .739 | .870 |
| 1393 | .628 | .587 | .930 |
| 1246 | .540 | .595 | 1.000 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 23.65 \text{ cc/gal.}$

TABLA 62

| <i>n'</i> rev/min. | N rev. | <i>t</i> seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|-----------------------|-----------|------------------|---------|-------------|-----------|
| 3360 | 4182 | 75.2 | 19.50 | 160 | 7.0 |
| 3180 | 4307 | 81.6 | 20.00 | 160 | 6.8 |
| 2850 | 4338 | 91.2 | 20.50 | 155 | 6.7 |
| 2640 | 4390 | 100.0 | 20.25 | 150 | 6.5 |
| 2310 | 4652 | 120.0 | 20.50 | 145 | 6.3 |
| 2040 | 5061 | 144.6 | 19.75 | 135 | 5.8 |
| 1740 | 5369 | 187.2 | 17.72 | 115 | 5.2 |
| 1410 | 5635 | 236.8 | 14.50 | 100 | 4.3 |
| 1230 | 5410 | 266.2 | 15.75 | 90 | 4.0 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 31.53 cc/gal.

TABLA 63

| <i>n</i> rev/min. | P kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|----------------------|---------|------------|---------------|
| 3337 | 1.800 | 1.197 | .860 |
| 3167 | 1.757 | 1.103 | .630 |
| 2854 | 1.620 | .987 | .610 |
| 2634 | 1.480 | .900 | .610 |
| 2326 | 1.320 | .750 | .570 |
| 2100 | 1.150 | .622 | .540 |
| 1721 | .850 | .481 | .570 |
| 1428 | .570 | .380 | .660 |
| 1219 | .530 | .338 | .630 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1 vuelta; R = 4 resistencias
 C = 31.53 cc/gal.

TABLA 64

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3330 | 3256 | 58.8 | 18.50 | 230 | 5.0 |
| 3030 | 3273 | 64.8 | 19.25 | 225 | 4.8 |
| 2820 | 3262 | 69.4 | 19.50 | 220 | 4.7 |
| 2700 | 3304 | 73.2 | 19.50 | 210 | 4.5 |
| 2310 | 3437 | 89.4 | 19.25 | 195 | 4.3 |
| 2010 | 3793 | 113.0 | 19.25 | 180 | 4.0 |
| 1710 | 4143 | 145.8 | 18.25 | 155 | 3.5 |
| 1470 | 4338 | 177.6 | 17.25 | 140 | 3.0 |
| 1230 | 4079 | 201.6 | 15.75 | 120 | 2.5 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 31.53$ cc/gal.

TABLA 65

| n' rev/min. | P Kw | V lt/hr | V lt/kw-hr |
|------------------|---------|------------|---------------|
| 3322 | 1.700 | 1.530 | .897 |
| 3030 | 1.620 | 1.388 | .860 |
| 2820 | 1.526 | 1.297 | .850 |
| 2708 | 1.465 | 1.230 | .840 |
| 2307 | 1.230 | 1.007 | .820 |
| 2014 | 1.076 | .796 | .740 |
| 1705 | .860 | .617 | .715 |
| 1465 | .700 | .507 | .720 |
| 1214 | .530 | .446 | .840 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{4}$ vuelta; $R = 2$ resistencias
 $C = 31.53$ cc/gal.

TABLA 66

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3330 | 2697 | 48.8 | 17.50 | 210 | 4.5 |
| 3030 | 2688 | 53.4 | 18.50 | 215 | 4.7 |
| 2730 | 2734 | 60.4 | 19.00 | 210 | 4.5 |
| 2340 | 2811 | 72.6 | 19.50 | 195 | 4.2 |
| 2040 | 3011 | 89.2 | 19.75 | 180 | 4.0 |
| 1680 | 3370 | 120.0 | 18.75 | 160 | 3.5 |
| 1440 | 3489 | 141.2 | 17.50 | 140 | 3.0 |
| 1230 | 3348 | 163.0 | 16.50 | 120 | 2.7 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1/2 vuelta ; R = 2 resistencias
 C = 31.53 cc/gal.

TABLA 67

| n rev/min. | P Kw | $\frac{v}{lt/hr}$ | $\frac{v}{lt/kw-hr}$ |
|-----------------|---------|-------------------|----------------------|
| 3316 | 1.600 | 1.844 | 1.140 |
| 3020 | 1.550 | 1.685 | 1.090 |
| 2716 | 1.430 | 1.490 | 1.040 |
| 2381 | 1.290 | 1.240 | .960 |
| 2025 | 1.110 | 1.009 | .910 |
| 1685 | .877 | .750 | .856 |
| 1483 | .720 | .637 | .880 |
| 1232 | .560 | .552 | .980 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1 1/2 vuelta; R = 2 resistencias
 C = 31.53 cc/gal.

TABLA 68

| <i>n</i> rev/min. | <i>v</i> rev. | <i>t</i> seg. | <i>F</i> nt | <i>v'</i> volt. | <i>A</i> amp. |
|----------------------|------------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|
| 3540 | 4558 | 77.6 | 13.00 | 130 | 5.7 |
| 3030 | 4198 | 82.8 | 20.00 | 160 | 7.0 |
| 2520 | 4388 | 103.8 | 20.50 | 158 | 6.7 |
| 2010 | 5005 | 149.0 | 19.75 | 138 | 6.0 |
| 1620 | 5412 | 200.0 | 18.00 | 120 | 5.3 |
| 1470 | 5547 | 226.6 | 18.25 | 110 | 5.0 |
| 1260 | 5502 | 266.0 | 17.50 | 100 | 4.5 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1$ vuelta; $R = 4$ resistencias
 $C = 94.6 \text{ cc/gal.}$

TABLA 69

| <i>n</i> rev/min. | <i>P</i> Kw | <i>V</i> lt/hr | <i>v</i> lt/kw-hr |
|----------------------|----------------|-------------------|----------------------|
| 3524 | 1.271 | 1.16 | .912 |
| 3042 | 1.69 | 1.09 | .644 |
| 2541 | 1.44 | .87 | .600 |
| 2015 | 1.10 | .60 | .597 |
| 1623 | .81 | .45 | .555 |
| 1469 | .74 | .40 | .534 |
| 1241 | .60 | .34 | .561 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1$ vuelta ; $R = 4$ resistencias
 $C = 94.6 \text{ cc/gal.}$

TABLA 70

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-------------|---------|---------------|-----------|
| 3600 | 4672 | 78.2 | 5.00 | 100 | 2.3 |
| 3300 | 3485 | 63.6 | 19.00 | 235 | 5.0 |
| 3030 | 3421 | 67.6 | 19.75 | 230 | 4.8 |
| 2520 | 3518 | 83.0 | 20.00 | 210 | 4.5 |
| 2010 | 4028 | 120.6 | 20.00 | 185 | 4.0 |
| 1620 | 4417 | 164.0 | 19.25 | 160 | 3.5 |
| 1470 | 4640 | 190.0 | 18.50 | 145 | 3.3 |
| 1260 | 4695 | 219.0 | 17.50 | 130 | 3.0 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1 $\frac{1}{4}$ vuelta; R = 2 resistencias
 $C = 94.6 \text{ cc/gal.}$

TABLA 71

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | V $lt/kw-hr$ |
|-----------------|---------|----------------|-------------------|
| 3584 | .497 | 1.150 | 2.315 |
| 3288 | 1.733 | 1.415 | .816 |
| 3036 | 1.664 | 1.330 | .800 |
| 2543 | 1.410 | 1.084 | .769 |
| 2004 | 1.112 | .746 | .670 |
| 1616 | .752 | .473 | .629 |
| 1286 | .625 | .411 | .657 |

Gasolina con aditivo VALVETOP Z = 1 $\frac{1}{4}$ vuelta; R = 2 resistencias
 $C = 94.6 \text{ cc/gal.}$

TABLA 72

| n' rev/min. | N rev. | t seg. | F nt | V' volt. | A amp. |
|------------------|-----------|-----------|---------|-------------|-----------|
| 3600 | 3119 | 51.8 | 4.00 | 70 | 1.7 |
| 3030 | 2719 | 53.4 | 19.75 | 225 | 4.7 |
| 2520 | 2766 | 65.4 | 20.50 | 210 | 4.5 |
| 2010 | 3032 | 90.4 | 21.00 | 190 | 4.0 |
| 1620 | 3332 | 122.4 | 20.25 | 165 | 3.5 |
| 1470 | 3479 | 141.4 | 19.50 | 150 | 3.3 |
| 1260 | 3543 | 165.4 | 18.25 | 130 | 3.0 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta ; R = 2 resistencias
 $C = 94.6 \text{ cc/gal.}$

TABLA 73

| n rev/min. | P Kw | V lt/hr | v lt/kw-hr |
|-----------------|---------|-----------------------|--------------------------|
| 3612 | .400 | 1.737 | .434 |
| 3055 | 1.674 | 1.685 | 1.000 |
| 2537 | 1.443 | 1.376 | .954 |
| 2012 | 1.172 | .995 | .850 |
| 1633 | .918 | .735 | .800 |
| 1476 | .799 | .636 | .796 |
| 1285 | .650 | .544 | .837 |

Gasolina con aditivo VALVETOP $Z = 1 \frac{1}{2}$ vuelta; R = 2 resistencias
 $C = 94.6 \text{ cc/gal.}$

TABLA 74

| n' rev/min. | h_o mm H_2O | T_a $^{\circ}K$ | P_a mm Hg | ϕ mm | CO_2 % | O_2 % | CO % |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------|--------------|-------------|------------|-----------|
| 3000 | 41.5 | 297.5 | 765.2 | 13.96 | 10.6 | 1.4 | 4.0 |
| 1470 | 11.0 | 299.5 | 760.1 | 13.96 | 7.8 | 6.5 | 2.7 |

Análisis de ORSAT: Gasolina sin aditivo para $Z = 1$ vuelta y
 $R = 4$ resistencias

TABLA 75

| n' rev/min. | h_o mm H_2O | T_a $^{\circ}K$ | P_a mm Hg | ϕ mm | CO_2 % | O_2 % | CO % |
|------------------|--------------------|----------------------|----------------|--------------|-------------|------------|-----------|
| 3.300 | 49.25 | 297.5 | 763.5 | 13.96 | 8.0 | .8 | 3.8 |
| 1.620 | 14.25 | 299.0 | 761.4 | 13.96 | 8.0 | 6.6 | 3.0 |

Análisis de OSART: Gasolina con aditivo Wynn's $Z = 1$ vuelta
 $R = 4$ resistencias; $C = 16.25$ cc/gal.

TABLA 76

| n' rev/min. | h_0 mmH ₂ O | T _a °K | P _a mmHg | ϕ mm | C _{O₂} % | O ₂ % | C _O % |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| 3240 | 42.25 | 298.0 | 763.3 | 13.96 | 8.4 | .8 | 3.8 |
| 2010 | 18.50 | 300.5 | 761.2 | 13.96 | 11.2 | 2.4 | 3.4 |

Análisis de ORSAT: Gasolina con aditivo STP Z = 1 vuelta

R = 4 resistencias; C = 11.825 cc/gal.

TABLA 77

| n' rev/min. | h_0 mmH ₂ O | T _a °K | P _a mmHg | ϕ mm | C _{O₂} % | O ₂ % | C _O % |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| 3.330 | 49.5 | 298 | 762.8 | 13.96 | 9.4 | 1.2 | 5.6 |
| 1.620 | 13.6 | 298.5 | 761.5 | 13.96 | 8.6 | 5.4 | 3.8 |

Análisis de ORSAT: Gasolina con aditivo DUPONT Z = 1 vuelta

R = 4 resistencias; C = 11.825 cc/gal.

TABLA 78

| | <i>Z vueltas</i> | <i>C cc/gal.</i> | <i>V lt/kw-hr</i> | <i>T nt-m</i> | <i>P Kw</i> |
|--------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Gasolina sin aditivo | 1 1/4 | - | .755 | 5.83 | 1.835 |
| Gasolina con Wynn's | 1 | 11.825 | .630 | 5.63 | 1.934 |
| Gasolina con STP | 1 1/4 | 14.78 | .732 | 5.50 | 1.904 |
| Gasolina con DUPONT | 1 | 11.825 | .636 | 5.30 | 1.848 |
| Gasolina con VALVETOP | 1 | 31.53 | .660 | 5.17 | 1.800 |

Evaluación para potencia máxima de salida

TABLA 79

| | T nt-m | P Kw | v lt/kw-hr | A/F | V _a lt/seg. | n _{th} | n _{vol} |
|-----------------------|-----------|---------|---------------|-------|---------------------------|-----------------|------------------|
| Gasolina sin aditivo | 5.700 | 1.81 | .598 | 13.68 | 2.38 | .196 | .641 |
| Gasolina con Wynn's | 5.565 | 1.93 | .614 | 13.70 | 2.60 | .170 | .640 |
| Gasolina con STP | 5.370 | 1.83 | .585 | 19.00 | 2.42 | .200 | .610 |
| Gasolina con DUPONT | 5.300 | 1.85 | .636 | 13.80 | 2.62 | .180 | .640 |
| Gasolina con VALVETOP | | 1.8 | .660 | | | | |

TABLA 80

| | T nt-m | P Kw | v lt/kw-hr | A/F | V _a lt/seg. | n _{th} | n _{vol} |
|-----------------------|-----------|---------|---------------|-------|---------------------------|-----------------|------------------|
| Gasolina sin aditivo | 5.23 | .80 | .500 | 19.90 | 1.24 | .234 | .69 |
| Gasolina con Wynn's | 5.70 | .87 | .517 | 19.30 | 1.41 | .226 | .71 |
| Gasolina con STP | 5.04 | 1.06 | .527 | 17.70 | 1.61 | .222 | .77 |
| Gasolina con DUPONT | 4.97 | .85 | .525 | 19.22 | 1.38 | .220 | .69 |
| Gasolina con VALVETOP | | 1.15 | .540 | | | | |

TABLA 81

EVALUACION A PARTIR DEL ANALISIS DE ORSAT

GASOLINA CON ADITIVO STP

| | P máx. | v mīn. |
|-------------------|--------|--------|
| CO ₂ % | 8.4 | 11.2 |
| O ₂ % | .8 | 2.4 |
| CO % | 3.8 | 3.4 |
| A/F | 14.1 | 17.7 |

TABLA 82

GASOLINA CON ADITIVO DUPONT

| | P máx. | v mīn. |
|-------------------|--------|--------|
| CO ₂ % | 9.4 | 8.6 |
| O ₂ % | 1.2 | 5.4 |
| CO % | 5.6 | 3.8 |
| A/F | 13.8 | 19.2 |

TABLA 83

GASOLINA SIN ADITIVO

| | P máx. | V min. |
|-------------------|--------|--------|
| CO ₂ % | 10.6 | 7.8 |
| O ₂ % | 1.4 | 6.5 |
| CO % | 4.0 | 2.7 |
| A/F | 13.7 | 19.9 |

TABLA 84

GASOLINA CON ADITIVO WYNN'S

| | P máx. | V min. |
|-------------------|--------|--------|
| CO ₂ % | 8.0 | 8.0 |
| O ₂ % | .8 | 6.6 |
| CO % | 3.8 | 3.0 |
| A/F | 13.7 | 19.3 |

TABLA 85

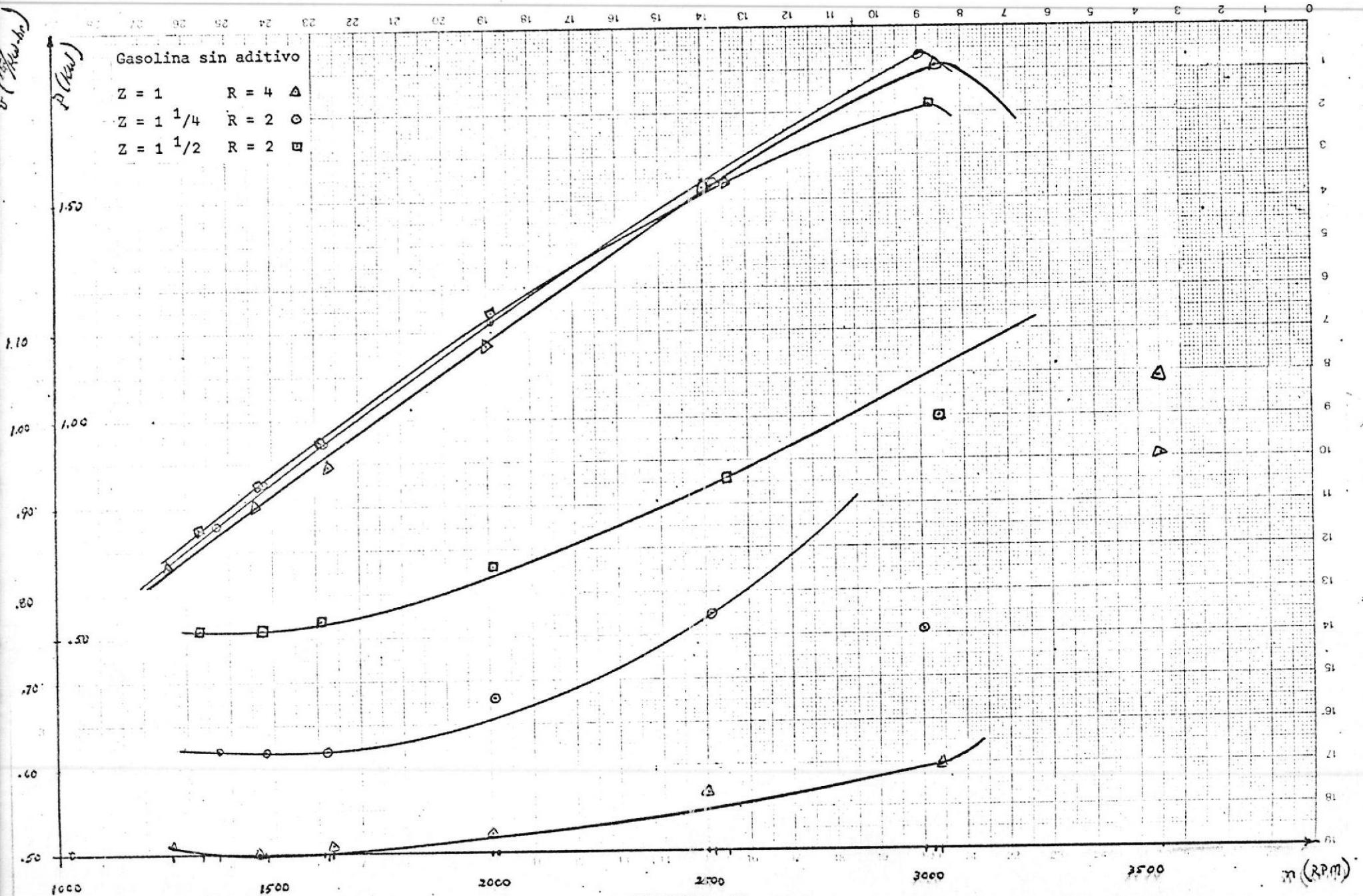


FIGURA 15

η_{fric}

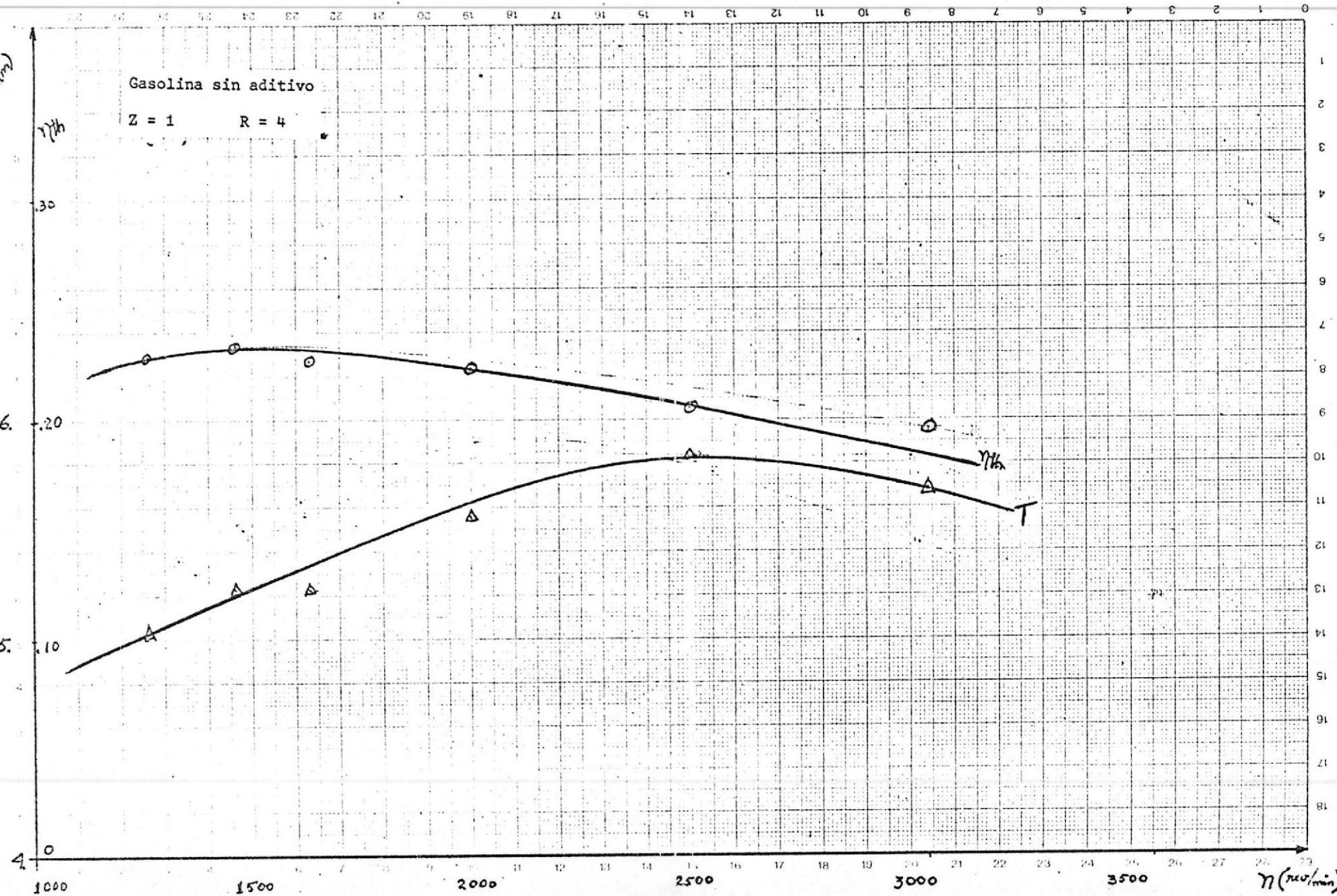


FIGURA 16

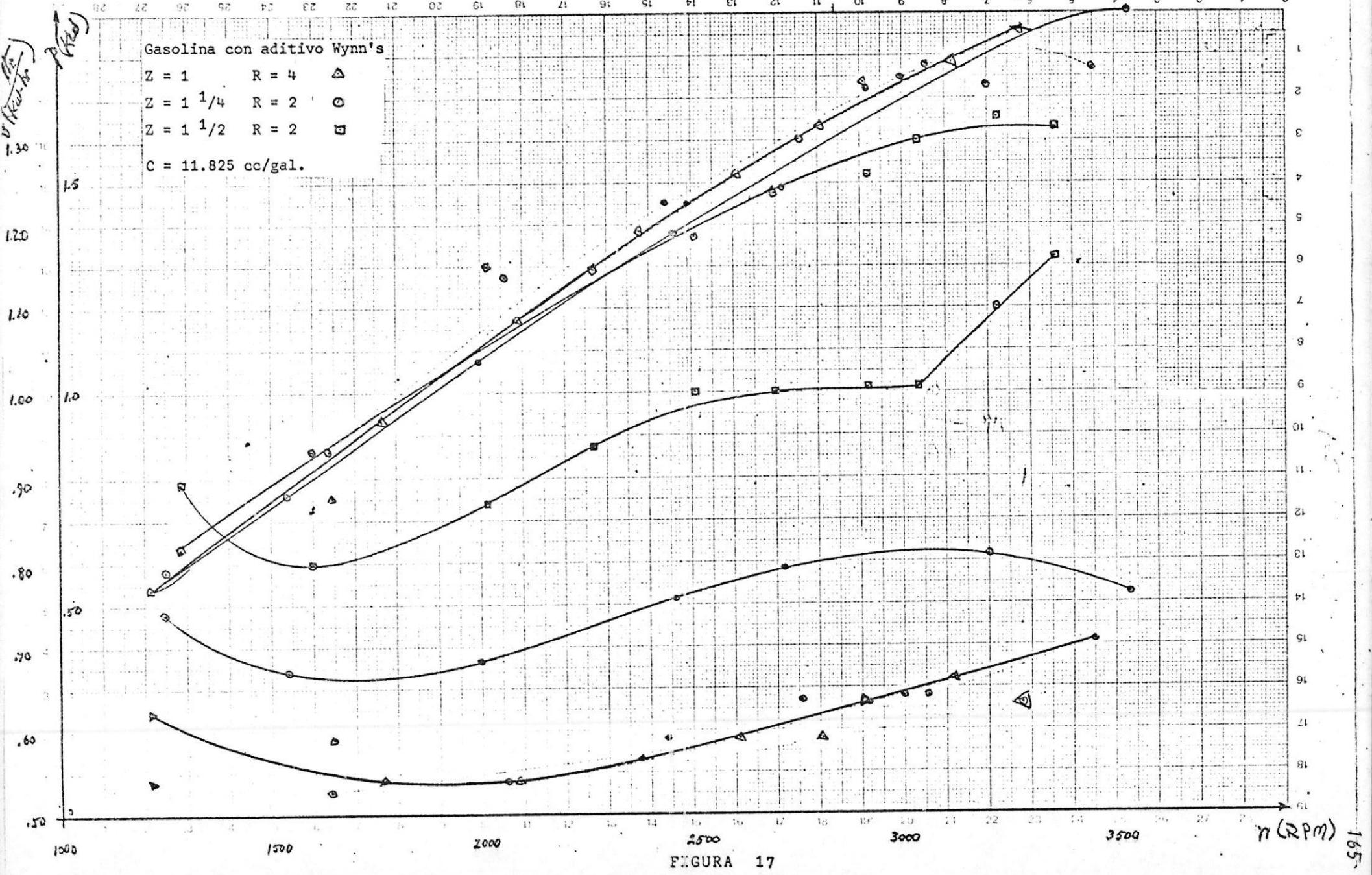


FIGURA 17

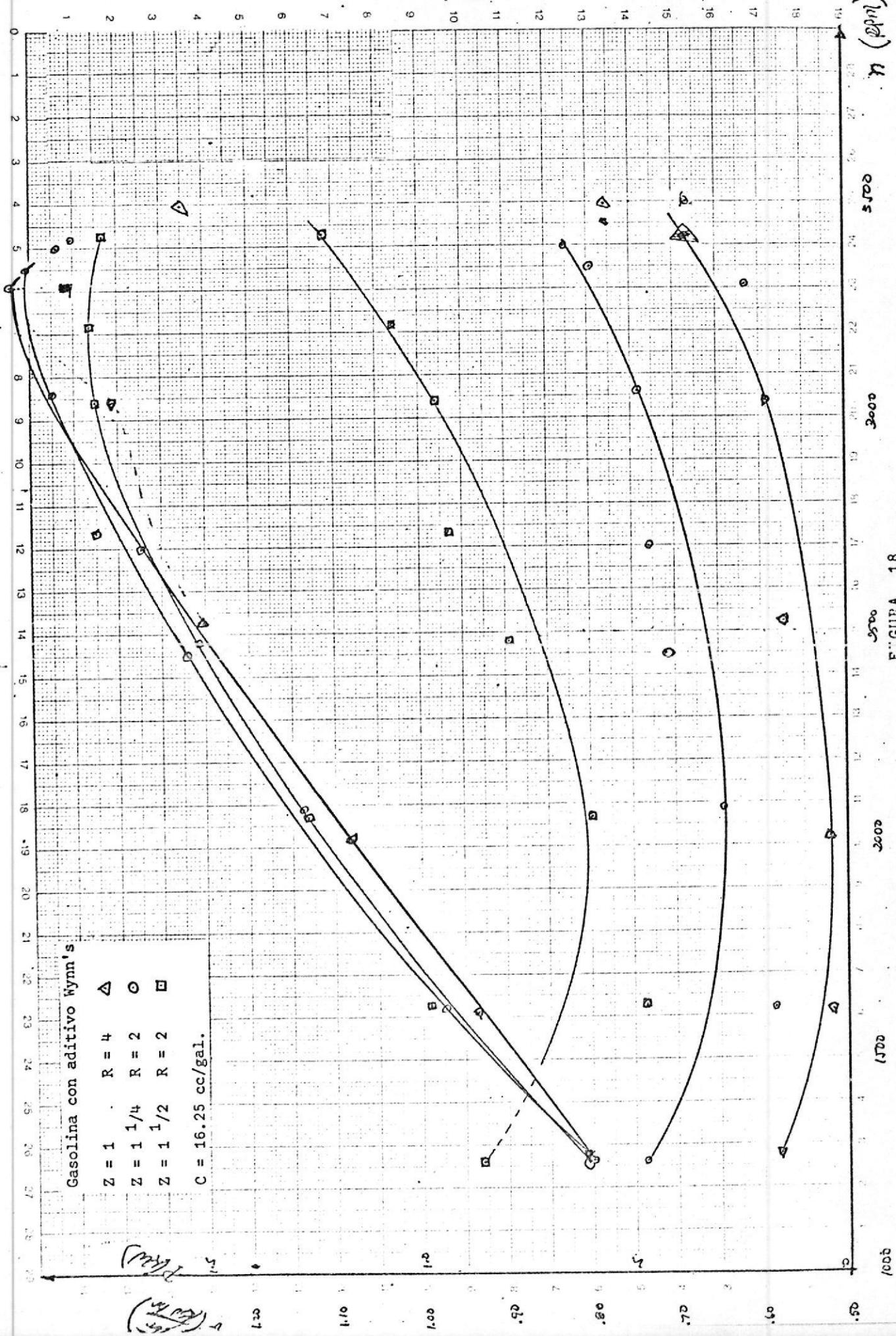
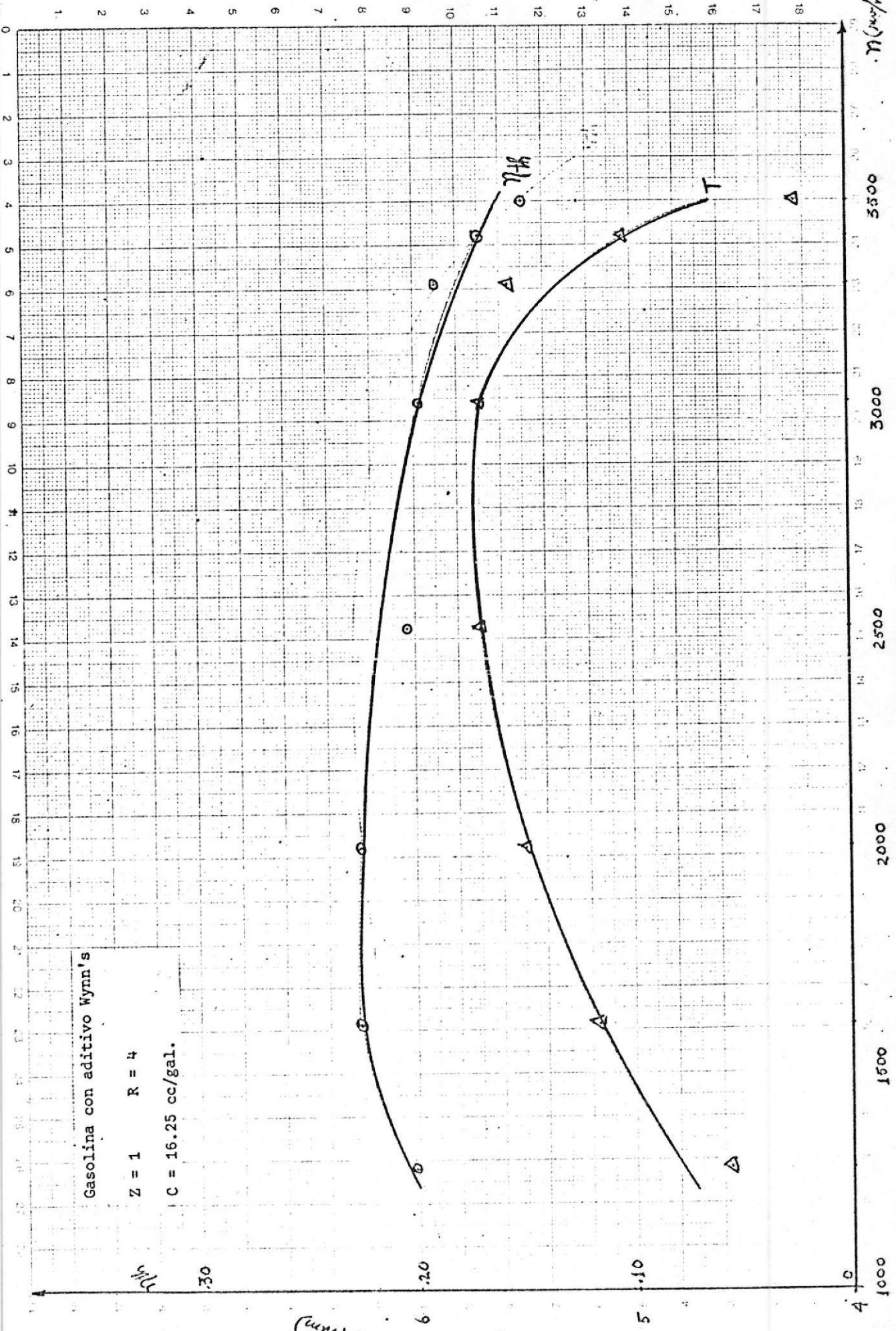


FIGURA 18



Gasolina con aditivo Wynn's

$$R = 4$$

$$C = 16.25 \text{ cc/gal.}$$

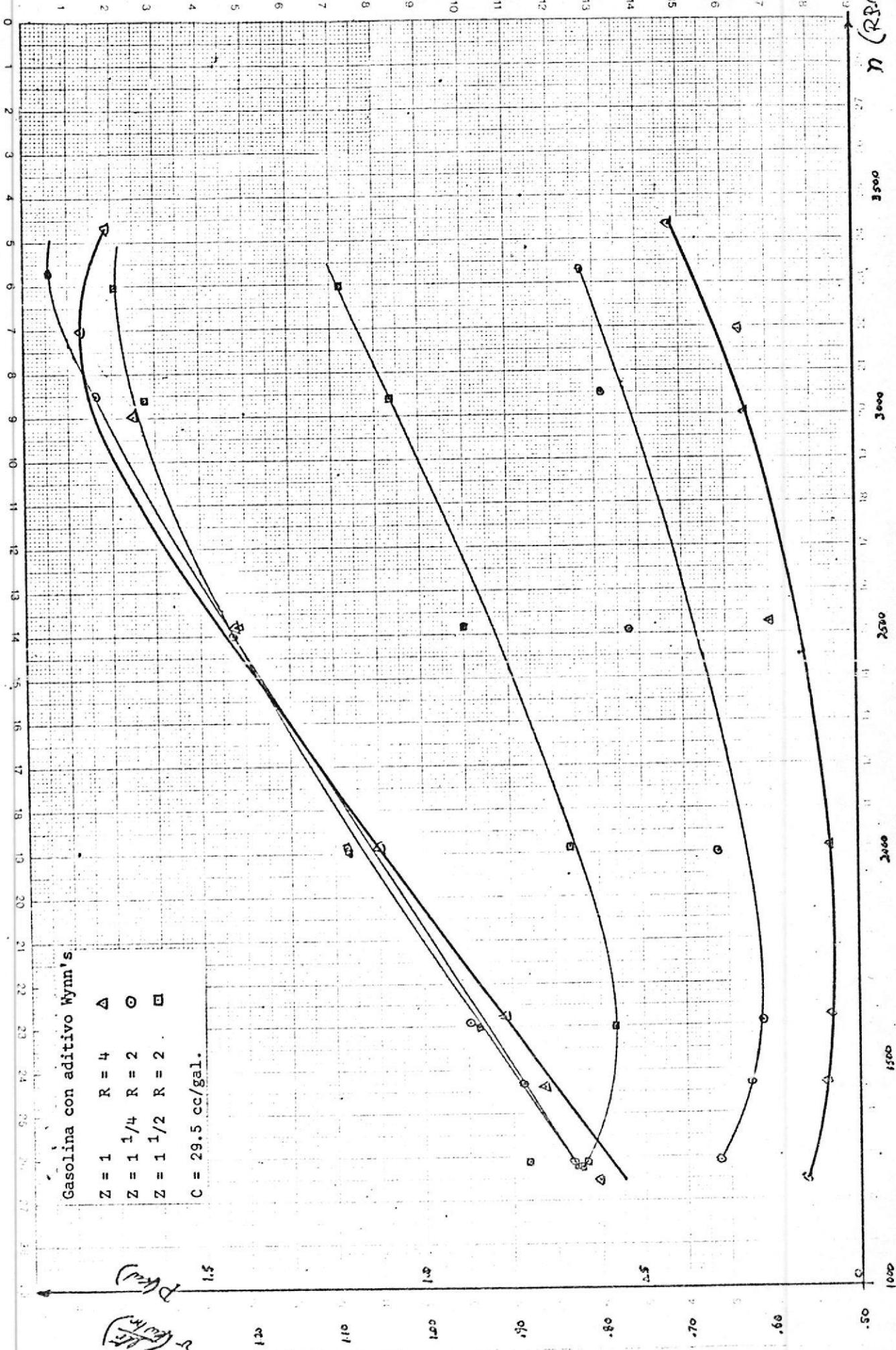


FIGURA 20

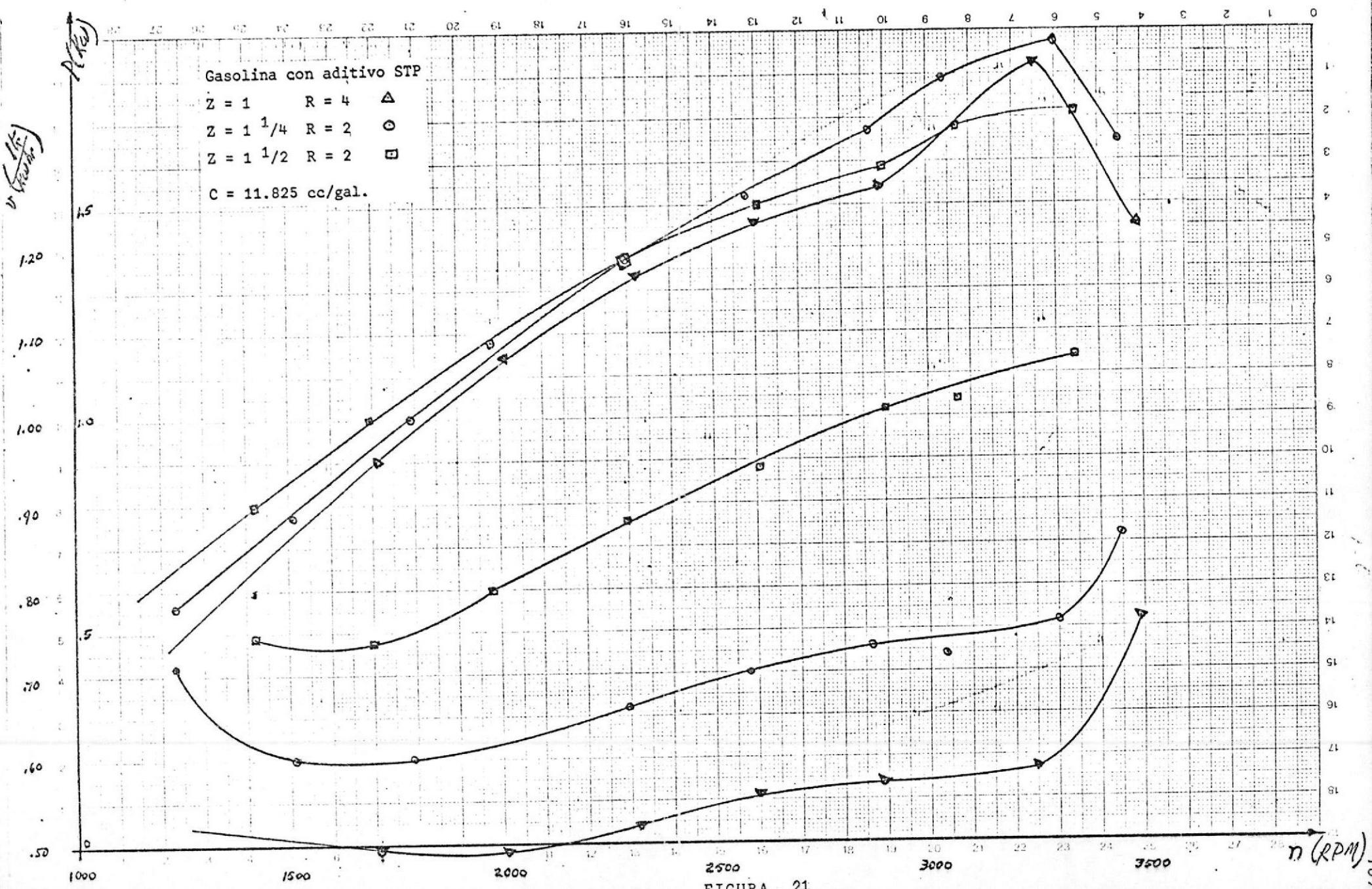


FIGURA 21

Gasolina con aditivo STP

Z = 1 R = 4

C = 11.825 cc/gal.

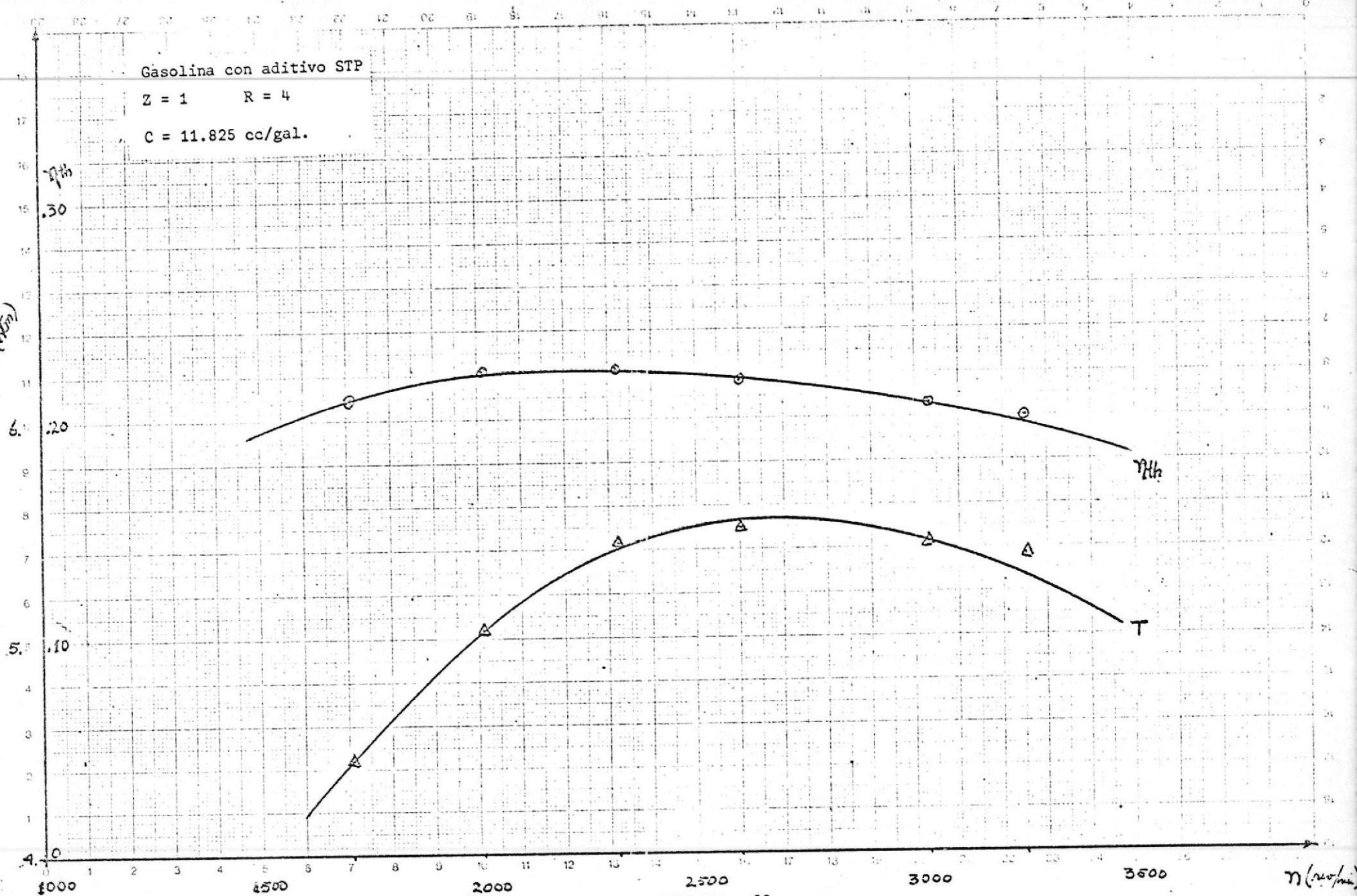


FIGURA 22

$\sigma_{(kg/cm^2)}$

Gasolina con aditivo STP

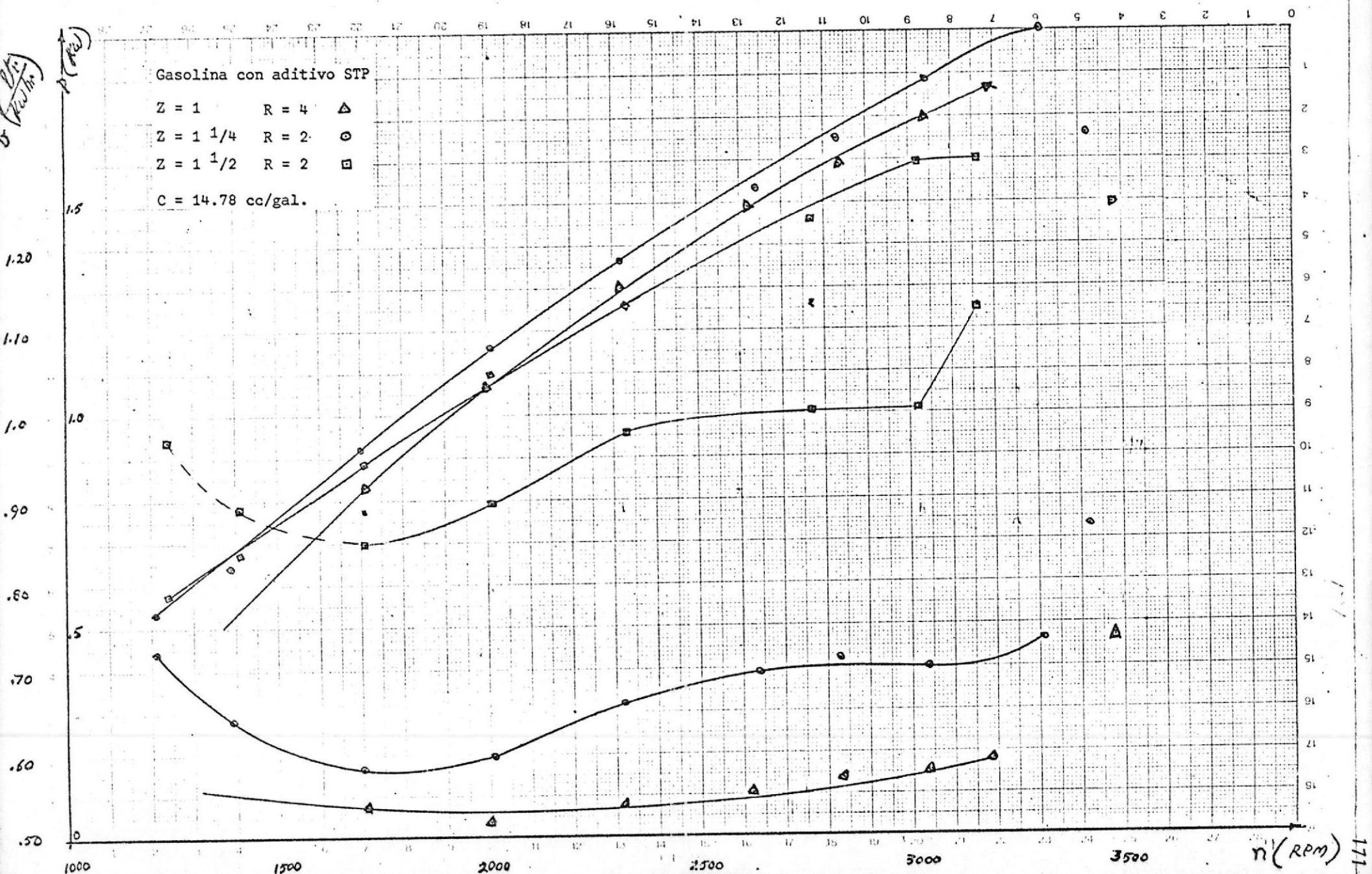
 $Z = 1 \quad R = 4 \quad \Delta$ $Z = 1 \frac{1}{4} \quad R = 2 \quad \circ$ $Z = 1 \frac{1}{2} \quad R = 2 \quad \square$ $C = 14.78 \text{ cc/gal.}$ 

FIGURA 23

d. (Kilowatt)

Gasolina con aditivo STP

$$Z = 1 \quad R = 4 \quad \Delta$$

$$Z = 1 \frac{1}{4} \quad R = 2 \quad \circ$$

$$Z = 1 \frac{1}{2} \quad R = 2 \quad \blacksquare$$

$$C = 29.56 \text{ cc/gal.}$$

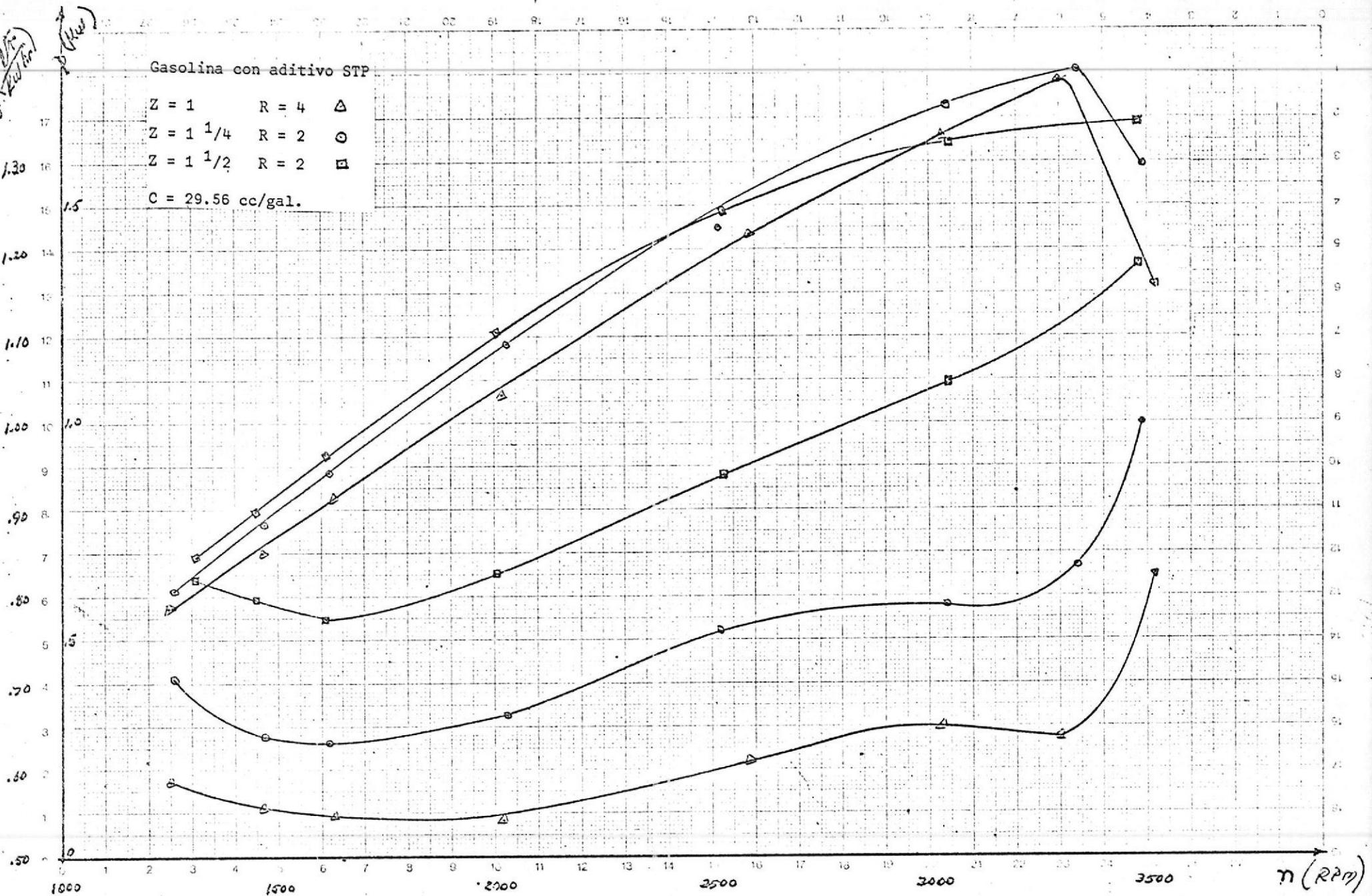


FIGURA 24

~~Figura 25~~

25

Gasolina con aditivo DUPONT

$Z = 1 \quad R = 4 \quad \Delta$

$Z = 1 \frac{1}{4} \quad R = 2 \quad \circ$

$Z = 1 \frac{1}{2} \quad R = 2 \quad \square$

$C = 11.825 \text{ cc/gal.}$

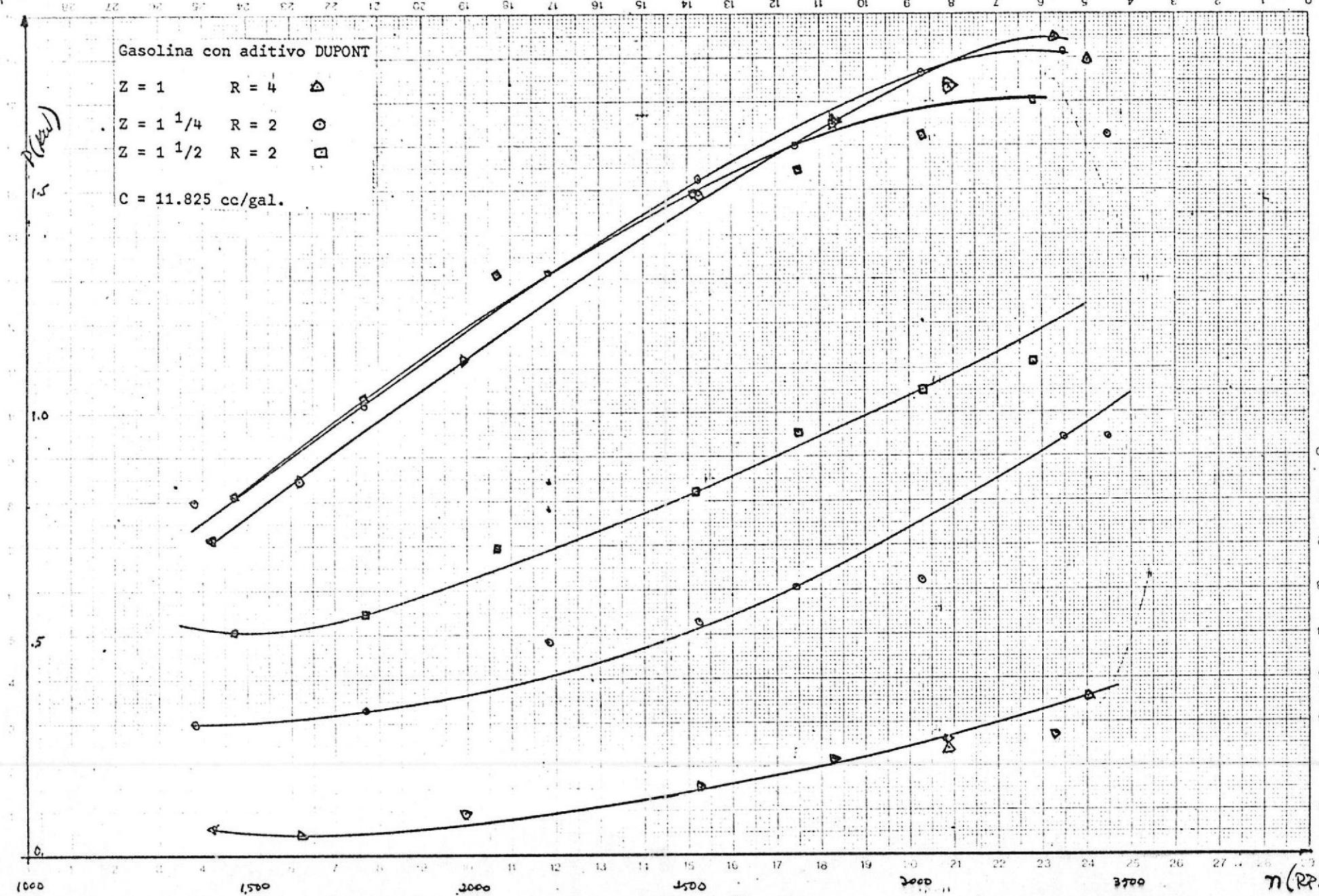


FIGURA 25

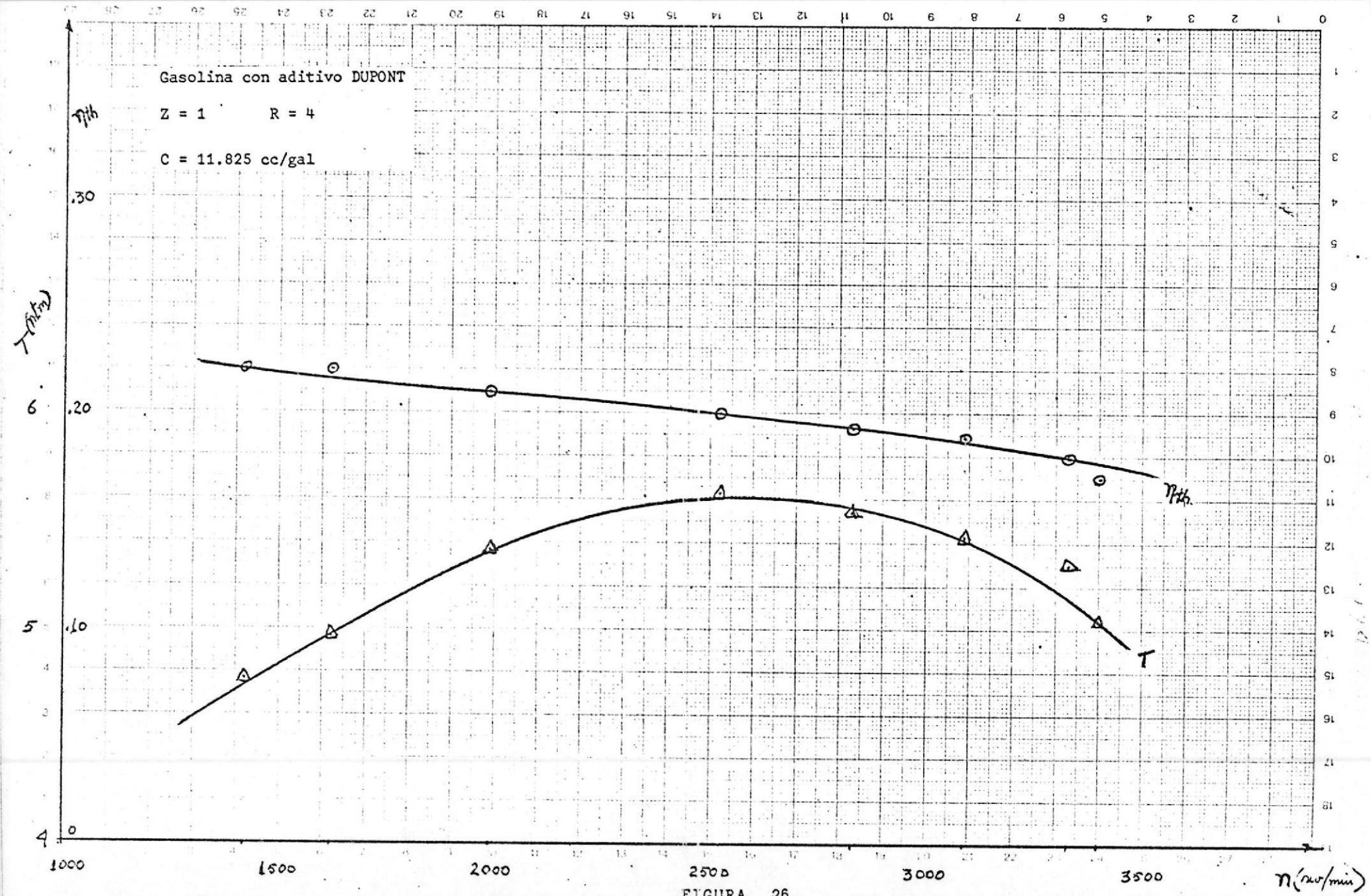


FIGURA 26

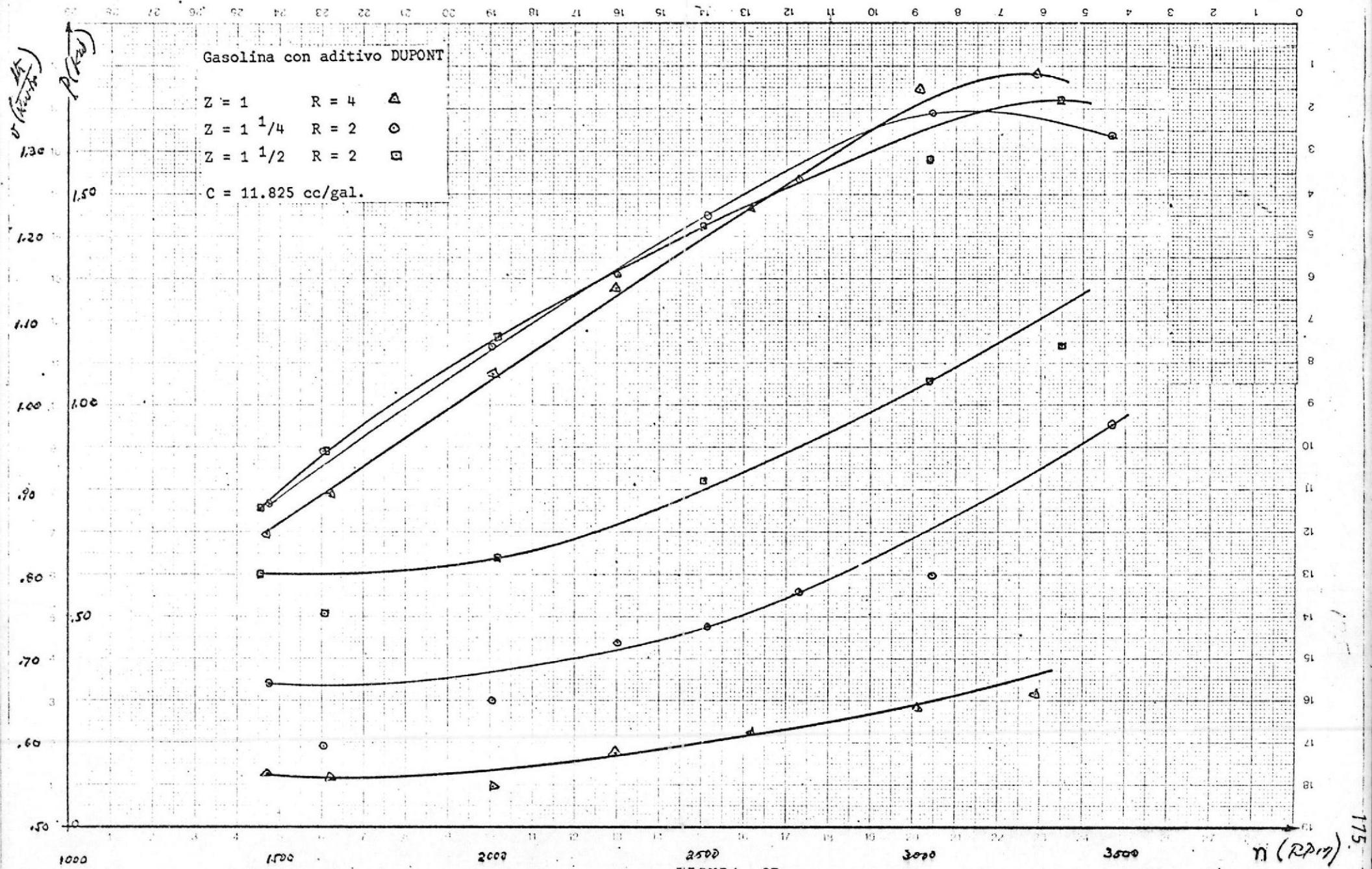


FIGURA 27.

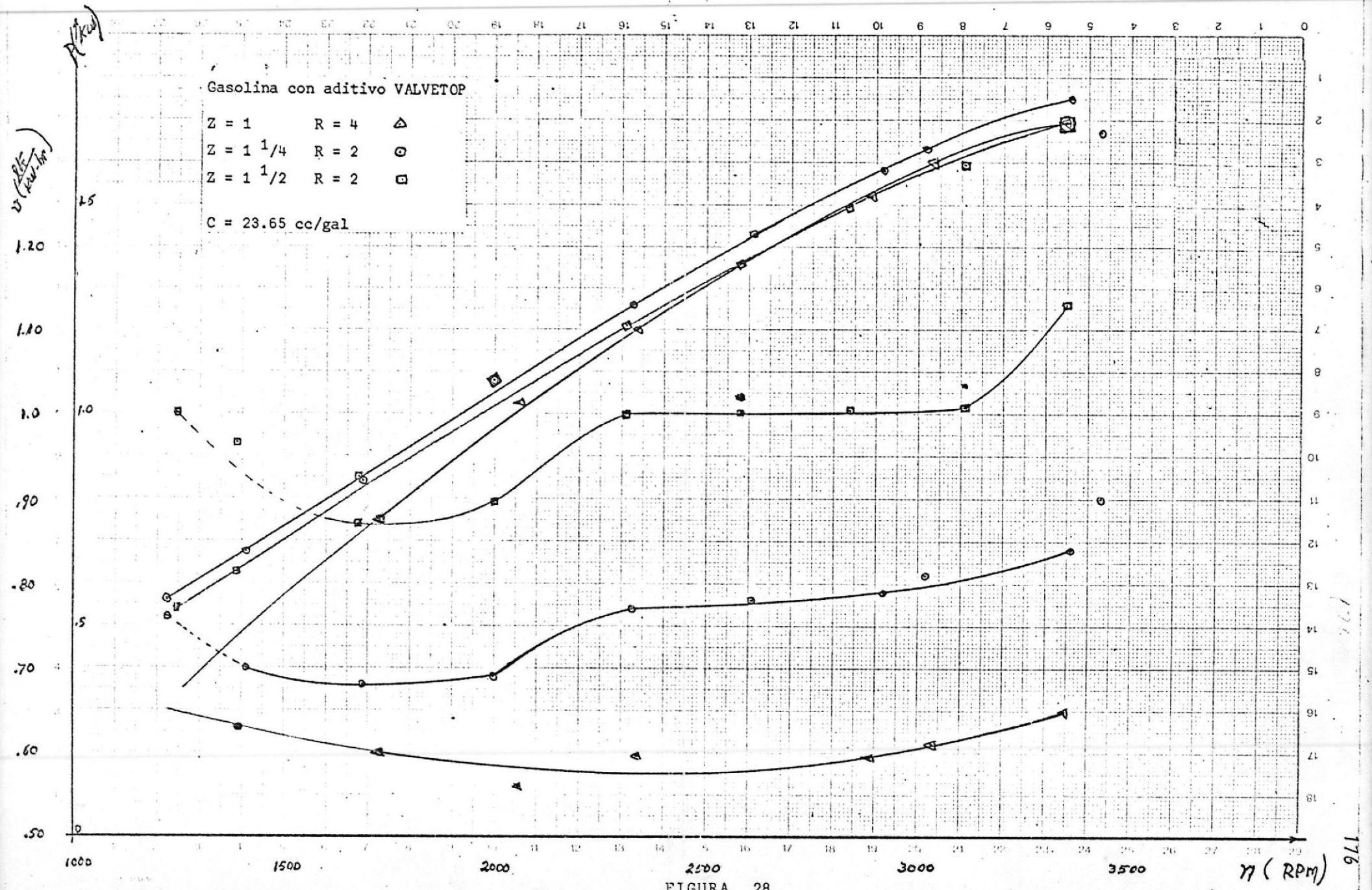


FIGURA 28

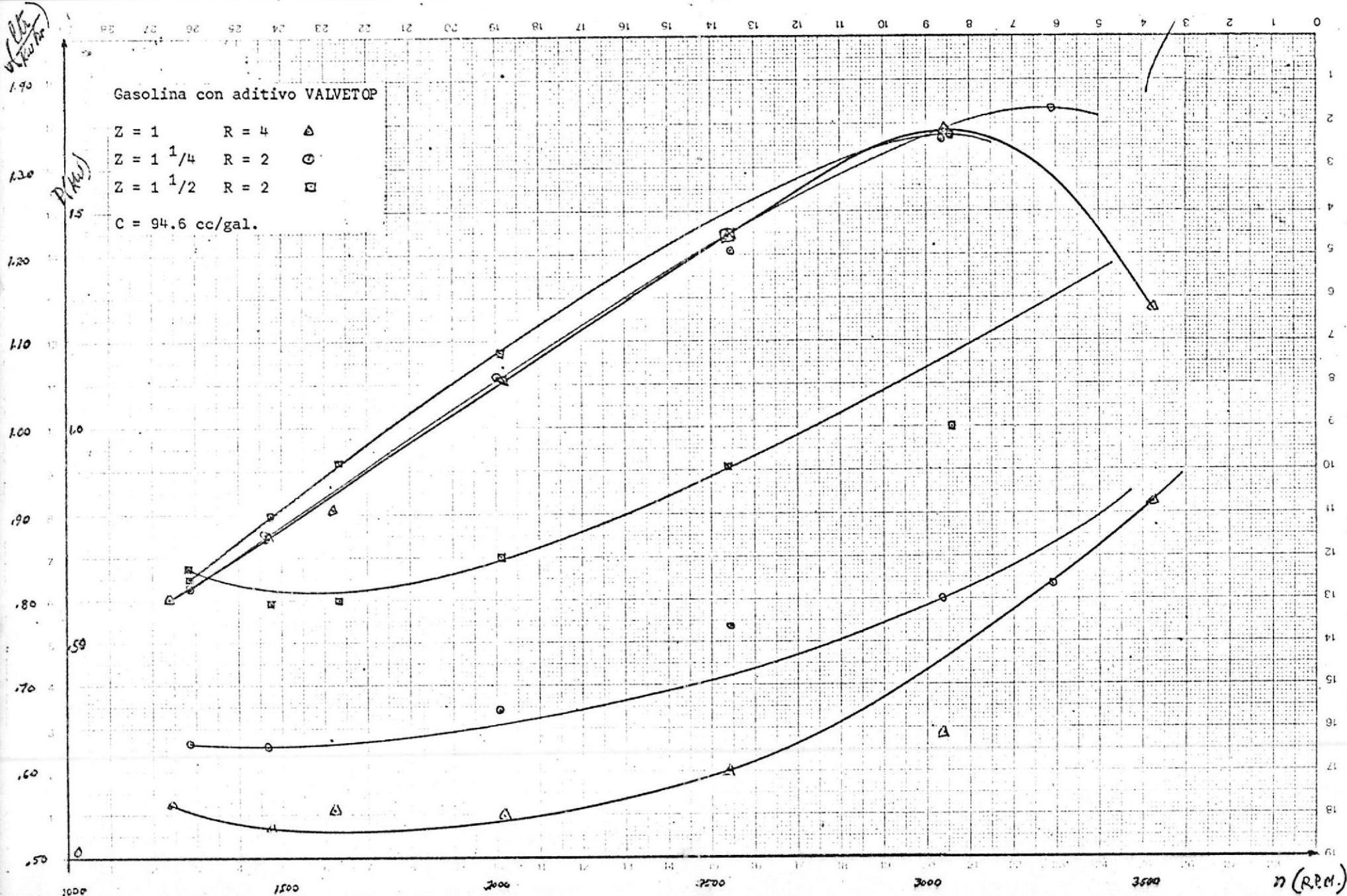
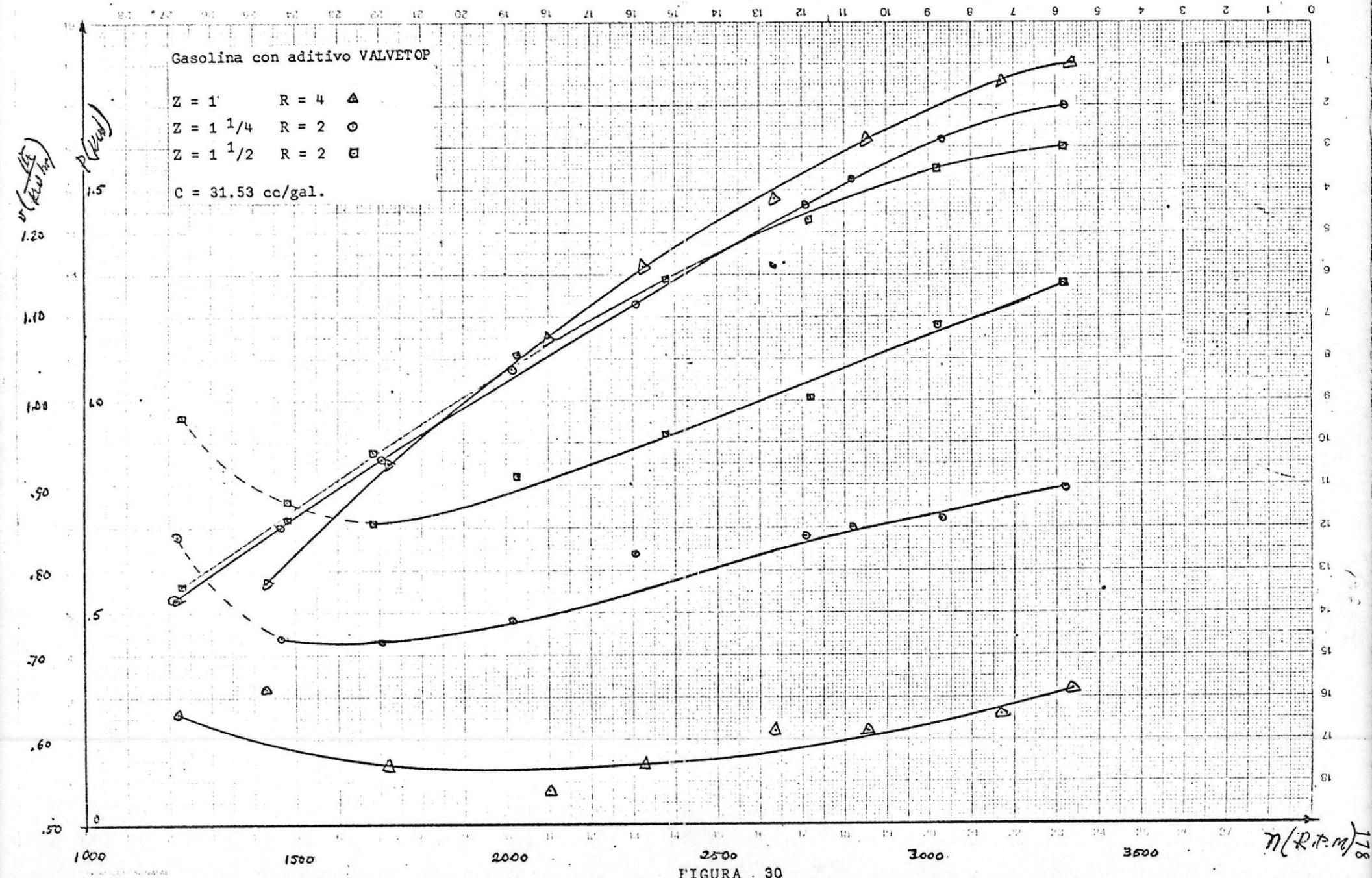


FIGURA - 29



PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO

REGION ORIENTAL:CONSORCIO CEPE-TEXACODICIEMBRE DE 1.977

| AMPDS | Nº DE POZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION. | BARRILES | METROS CUBICOS | % | PROMEDIO BARRILES | | ACUMULADOS | | VARIACION % ACUMULADA ENE-DIC/76 ENE-DIC/77 | VARIACION % NOV-DIC/77 |
|-------------|-------------|---------------------------------|-----------|----------------|-------|----------------------|-----------------------|------------|------------|--|---------------------------|
| | | | | | | POR DIA OPERACION | POR DIA OPERC/POZO | BARRILES | METROS | | |
| LAGO AGRIQ | 14 | 19.86 | 751.730 | 119.518 | 12.0 | 37.851 | 2.704 | 8'449.643 | 1'343.409 | - 1.4 | 4.4 |
| SHUSHUFINDI | 43 | 27.65 | 3'106.833 | 493.955 | 49.7 | 112.363 | 2.613 | 28'464.614 | 4'525.589 | - 9.9 | 11.4 |
| SACHA | 70 | 20.86 | 1'797.726 | 285.820 | 28.8 | 86.181 | 1.231 | 22'209.957 | 3'543.880 | - 13.7 | 4.3 |
| AGUARICO | 5 | 31.00 | 308.305 | 49.017 | 4.9 | 9.945 | 1.989 | 3'224.974 | 512.739 | - 7.4 | 1.3 |
| AUCA | 15 | 27.47 | 289.419 | 46.015 | 4.6 | 10.535 | 702 | 3'836.170 | 609.912 | - 11.9 | 20.7 |
| TOTAL : | 147 | 28.54 | 6'254.013 | 994.325 | 100.0 | 219.131 | 1.491 | 66'265.358 | 10'535.529 | - 2.0 | 8.3 |

PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO

SANTA ELENA:

CEPE-CEPECA
DICIEMBRE DE 1.977

| CAMPOS | Nº DE POZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION. | BARRILES | METROS CUBICOS | % | PROMEDIO BARRILES | | ACUMULADOS | | VARIACION % ACUMULADA ENE-DIC/76 ENE-DIC/77 | VARIACION % NOV-DIC/77 |
|-------------|-------------|---------------------------------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|------------|---------------------|--|---------------------------|
| | | | | | | POR DIA OPERACION | POR DIA OPERC./POZO | BARRILES | METROS ³ | | |
| CEPE-ANCON | 594 | 21.19 | 46.230 | 7.350 | 80.0 | 2.182 | 3.67 | 551.151 | 87.627 | - 12.2 | 6.6 |
| CEPE-CARPET | 89 | 10.90 | 5.225 | 831 | 9.0 | 479 | 5.38 | 65.160 | 10.360 | - 3.6 | - 2.0 |
| CEPE-CEPECA | 128 | 12.63 | 6.357 | 1.011 | 11.0 | 503 | 3.93 | 72.222 | 11.483 | - 0.5 | 7.5 |
| TOTAL : | 811 | 13.71 | 57.812 | 9.192 | 100.0 | 3.090 | 3.81 | 688.533 | 109.470 | - 10.4 | 5.9 |

RESUMEN DE PRODUCCION NACIONAL

DICIEMBRE DE 1.977

| REGIONES | BARRILES | METROS CUBICOS | % | ACUMULADOS | | VARIACION % ACUMULADA ENE-DIC/76 ENE-DIC/77 | VARIACION % NOV-DIC/77 |
|----------|-----------|----------------|-------|--------------------------------|---|--|---------------------------|
| | | | | ENERO-DICIEMBRE/77 BARRILES | ENERO-DICIEMBRE/77 METROS ³ | | |
| COSTA | 57.812 | 9.192 | 0.9 | 688.533 | 109.470 | - 10.4 | 5.9 |
| ORIENTE | 6'254.013 | 994.325 | 99.1 | 66'265.358 | 10'535.529 | - 2.0 | 8.2 |
| TOTAL : | 6'311.825 | 1'003.517 | 100.0 | 66'953.891 | 10'644.999 | - 2.0 | 8.2 |

| REFINERIAS | BARRILES | METROS CUBICOS | # | ACUMULADOS | | VARIACION % | VARIACION % |
|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | | | BARRILES | ENERO-DICIEMBRE/77 METROS | ACUMULADA ENE-DIC/76 METROS | ACUMULADA ENE-DIC/76 METROS |
| AUGO | 789.080 | 125.456 | 81.0 | <u>11'489.953</u> | <u>1'826.788</u> | - 7.7 | - 9.5 |
| CRUDO LOCAL | 63.149 | 10.040 | | 580.864 | 92.352 | - 23.7 | 2.9 |
| CRUDO ORIENTE | 725.931 | 115.416 | | 6'613.740 | 1'051.519 | - 41.8 | - 10.9 |
| MEZCLAS | (0) | (0) | | 4'295.349 | 682.918 | - 29.9 | (0) |
| PETROLEOS GULF | <u>157.654</u> | <u>25.065</u> | <u>16.2</u> | <u>2'640.906</u> | <u>419.878</u> | - 1.4 | - 20.4 |
| CRUDO LOCAL | 11.472 | 1.824 | | 110.463 | 17.563 | 1.027.3 | - 4.7 |
| CRUDO ORIENTE | 146.182 | 23.241 | | 1'565.220 | 248.854 | 16.1 | - 21.4 |
| MEZCLAS | (0) | (0) | | 965.223 | 153.461 | - 26.9 | (0) |
| TEXACO | <u>27.976</u> | <u>4.448</u> | <u>2.8</u> | <u>235.442</u> | <u>53.332</u> | <u>3.6</u> | <u>1.0</u> |
| CRUDO ORIENTE | 27.976 | 4.448 | | 335.442 | 53.332 | 3.6 | 1.0 |
| TOTAL : | 974.710 | 154.969 | 100.0 | 14'466.301 | 2'299.998 | - 6.4 | - 11.2 |

PRODUCCION BRUTA DE GASOLINA NATURAL

SANTA ELENA:
CEPE-CEPECA
DICIEMBRE DE 1.977

| COMPANIAS | BARRILES | METROS CUBICOS | # | ACUMULADOS | | VARIACION % | VARIACION % |
|-----------|----------|----------------|-------|------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | | | BARRILES | ENERO-DICIEMBRE/77 METROS | ACUMULADA ENE-DIC/76 METROS | ACUMULADA ENE-DIC/76 METROS |
| CEPE | 7.616 | 1.211 | 94.0 | 100.486 | 15.976 | - 17.6 | - 7.8 |
| CEPECA | 484 | 77 | 6.0 | 5.807 | 923 | - 3.2 | 15.5 |
| TOTAL: | 8.100 | 1.288 | 100.0 | 106.293 | 16.899 | - 16.9 | - 6.7 |

PRODUCCION DE DERIVADOS DEL PETROLEO
DICIEMBRE DE 1.977

| PRODUCTOS | REFINERIA ANGLO BARRILES | ACUMULADO ANGLO ENE-DIC/77 BARRILES | REFINERIA GULF BARRILES | ACUMULADO GULF ENE-DIC/77 BARRILES | TOTAL ANGLO Y GULF DICIEMBRE/77 BARRILES | REFINERIA TEXACO BARRILES DIC/77 | ACUMULADO TEXACO ENE-DIC/77 BARRILES | TOTAL GENERAL ANGLO-GULF-TEXACO DICIEMBRE/77 BARRILES | TOTAL ACUMULADO ENE-DIC/DICIEMBRE/77 ANGLO-GULF-TEXACO BARRILES | | VARIACION % NOV-DIC/77 |
|--------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|---|---|---|---|---|--|---------------------|---------------------------|
| | | | | | | | | | 3 | METROS ³ | |
| GASOLINA 63 OCT. | 47.249 | 549.904 | (0) | 261.128 | 47.249 | 2.755 | 35.851 | 50.004 | 846.883 | 134.646 | 18.6 |
| GASOLINA 80 OCT. | 87.698 | 3'355.854 | 35.657 | 736.272 | 123.355 | (0) | (0) | 123.355 | 41092.126 | 650.607 | - 20.2 |
| TOTAL | 134.947 | 3'905.758 | 35.657 | 997.400 | 170.604 | 2.755 | 35.851 | 173.359 | 41939.009 | 785.253 | - 11.9 |
| KEREX | 102.518 | 1'658.345 | 11.543 | 241.608 | 114.061 | (0) | (0) | 114.061 | 1'899.953 | 302.074 | - 4.4 |
| DIESEL OIL | 121.945 | 1'494.090 | 24.501 | 467.300 | 146.446 | 7.379 | 102.196 | 153.825 | 2'063.717 | 328.110 | 3.3 |
| TURBO FUEL | 26.047 | 356.689 | (0) | (0) | 26.047 | 2.087 | 18.783 | 28.134 | 375.472 | 59.696 | 1.7 |
| RESIDUO | 394.057 | 3'857.812 | 85.477 | 925.067 | 479.534 | 15.136 | 171.334 | 494.670 | 4'954.213 | 787.670 | - 15.7 |
| SPRAY OIL | (0) | 104.059 | (0) | (0) | (0) | (0) | (0) | (0) | 104.059 | 16.544 | - 100.0 |
| MINERAL TURPENTINE | 902 | 13.554 | (0) | (0) | 902 | (0) | (0) | 902 | 13.554 | 2.155 | - 40.4 |
| RUBBER SOLVENT. | 1.409 | 14.526 | (0) | (0) | 1.409 | (0) | (0) | 1.409 | 14.526 | 2.309 | - 64.6 |
| TOTAL : | 781.825 | 11'404.833 | 157.178 | 2'631.375 | 939.003 | 27.357 | 328.164 | 966.360 | 14'364.503 | 2'283.811 | - 11.4 |

PRODUCCION FISCALIZADA DE CRUJDO EN LA REGION ORIENTAL (4)

FEBRERO DE 1.978

| S A N P C S | Nº POZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION. | BARRILES | % | PUNTOFING OPERACION | RENDIMIENTO POR DIA | ACUMULADO OPERC/PDZD | VARIACION % | | VARIACION % ENERO/78 FEBRERO/78 |
|--------------|----------|---------------------------------|-----------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------|------------|---------------------------------------|
| | | | | | | | | ENE-FEB/78 | ENE-FEB/77 | |
| LAGO AGRIC | 15 | 23.47 | 520.735 | 11.2 | 22.187 | 1.479 | 1'133.301 | - | 29.0 | + 15.0 |
| SPL-SHUFINDI | 44 | 21.00 | 2'264.967 | 48.9 | 107.856 | 2.451 | 4'809.419 | - | 21.4 | + 11.0 |
| SACHA | 68 | 22.54 | 1'371.799 | 29.6 | 60.861 | 895 | 2'985.107 | - | 44.8 | + 15.0 |
| AGUARICO | 5 | 26.60 | 259.771 | 5.6 | 9.766 | 1.953 | 567.026 | - | 6.4 | + 15.4 |
| ANCA | 14 | 28.00 | 212.120 | 4.6 | 7.576 | 541 | 499.975 | - | 40.9 | + 26.0 |
| TOTAL : | 146 | 22.99 | 4'629.392 | 100.0 | 201.365 | 1.379 | 9'093.769 | - | 19.5 | + 13.7 |

(4) DESDE EL MES DE FEBRERO DE 1.978, SE HACE CONSTAR LA PRODUCCION FISCALIZADA.

PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO EN LA PENINSULA DE SANTA ELENA

CEPE - CEPeca

FEBRERO DE 1.978

| AMPLOS | Nº DE POZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION. | BARRILES | % | PRODUCCION BARRILES | | ACUMULADOS | | VARIACION % ACUMULADA ENE-FEB/78 | VARIACION % ACUMULADA ENE-FEB/77 |
|--------------|-------------|---------------------------------|----------|-------|---------------------|---------|------------|-----------|--|--|
| | | | | | POR DIA | POR DIA | OPERACION | OPERACION | | |
| CEPE ANCON | 566 | 19.24 | 40,748 | 80.1 | 2,113 | 3.61 | | 86,148 | - 8.4 | - 10.3 |
| CEPE-JARRET | 80 | 10.19 | 4,901 | 9.6 | 481 | 6.01 | | 10,255 | - 3.2 | - 6.5 |
| CEPE GAUTIJO | 126 | 10.73 | 5,220 | 10.3 | 485 | 3.86 | | 11,132 | - 3.4 | - 11.1 |
| TOTAL : | 792 | 16.97 | 50,869 | 100.0 | 2,993 | 3.79 | | 107,535 | - 7.4 | - 10.2 |

PRODUCCION NACIONAL DE CRUDO
FEBRERO DE 1.978

| REGIONES | BARRILES | % | ACUMULADOS | | VARIACION % ACUMULADA ENE-FEB/78 | VARIACION % ACUMULADA ENE-FEB/77 |
|----------|----------|-------|------------|------------|--|--|
| | | | ENE-FEB/78 | ENE-FEB/77 | | |
| COSTA | 50,369 | 1.1 | 107,535 | | - 7.4 | - 10.2 |
| ORIENTE | 4629,392 | 98.9 | 9935,763 | | - 19.5 | - 13.7 |
| TOTAL : | 4680,261 | 100.0 | 107,535 | | - 19.4 | - 13.7 |

PRODUCCION DE DERIVADOS DEL PETROLEO

FEBRERO DE 1.978

| DERIVADOS | REFINERIA ESMERALDAS BARRILES | REFINERIA ANGLO BARRILES | REFINERIA Gulf BARRILES | REFINERIA TEXACO BARRILES | TOTAL FEBRERO BARRILES | <u>ACUMULADO</u> | | <u>VARIACION %</u> <u>Ene.-Feb./78</u> |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------|---------------|---|
| | | | | | | ENERO-FEBRERO/78 | BARRILES | |
| GASOLINA 63 OCT. | (0) | 38.390 | 3.351 | (0) | 41.741 | 84.522 | - 2.4 | |
| GASOLINA 80 OCT. | 225.914 | 95.443 | 37.141 | 3.030 | 361.528 | 812.643 | - 20.0 | |
| TOTAL GASOLINAS | 225.914 | 133.833 | 40.492 | 3.030 | 405.269 | 891.165 | - 18.4 | |
| KEREX (KEROSENE) | 68.536 | 92.117 | 9.551 | (0) | 170.204 | 383.701 | - 26.3 | |
| DIESEL OIL | 145.930 | 112.567 | 25.094 | 8.066 | 291.677 | 709.514 | - 30.1 | |
| TURBO FUEL (JET) | 36.212 | 27.517 | (0) | 1.080 | 64.809 | 138.941 | - 15.4 | |
| RESIDUO (FUEL OIL) | (0) | 400.762 | 94.263 | 12.943 | 507.968 | 1.426.487 | - 45.7 | |
| SPRAY OIL | (0) | (0) | (0) | (0) | (0) | 1.489 | - 100.0 | |
| MINERAL TURPENTINE | (0) | 1.536 | (0) | (0) | 1.536 | 2.443 | - 69.4 | |
| RUBBER SOLVENT | (0) | 550 | (0) | (0) | 650 | 1.914 | - 48.6 | |
| ASFALTOS | 27.110 | (0) | (0) | (0) | 27.110 | 46.498 | - 26.8 | |
| TOTALES : | 503.772 | 769.002 | 169.400 | 25.119 | 1.1467.223 | 31610.952 | - 30.8 | |

IMPORACIONES DE DIESEL EFECTUADAS POR CEPPE

FEBRERO DE 1.978

| FECHA | BARRILES | <u>BUEUE-TANQUE</u> | |
|---------|----------|---------------------|--|
| | | PATAGONIA | |
| 6-II-78 | 50.996 | | |

PRODUCCION FISCALIZADA DE CRUDO EN LA REGION ORIENTAL
ABRIL DE 1.978.

| CAMPOS | NO DE PZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION | BARRILES | % | PRODUCCION BARRILES | | ACUMULADO | VARIACION % |
|---------------|------------|--------------------------------|------------------|--------------|---------------------|--------------|-------------------|------------------|
| | | | | | POR DIA | OPERACION | ENE-ABRIL/78 | MARZO-ABRIL/78 |
| LAGO AGRI | 16 | 28.56 | 747.828 | 12.1 | 26.184 | 1.637 | 2'570.993 | - 14.6 - 8.4 |
| SHUSHUFINDI | 42 | 28.12 | 3'053.162 | 49.4 | 108.576 | 2.505 | 10'576.770 | - 27.5 - 12.5 |
| SACHA | 69 | 28.57 | 1'834.608 | 29.7 | 64.214 | 931 | 6'644.605 | - 23.8 - 0.5 |
| AGUARICO | 5 | 27.60 | 277.337 | 4.5 | 10.048 | 2.010 | 1'153.051 | - 4.0 - 10.1 |
| AUCA | 15 | 29.27 | 266.621 | 4.3 | 9.109 | 607 | 1'060.745 | - 37.2 - 9.7 |
| TOTAL: | 147 | 28.48 | 6'179.556 | 100.0 | 216.979 | 1.476 | 22'006.169 | - 3.0 5.9 |

PRODUCCION BRUTA DE GASOLINA NATURAL
ABRIL DE 1.978

| COMPANIAS | BARRILES | % | ACUMULADO | VARIACION % | |
|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | | | | ENERO-ABRIL/78 | MARZO-ABRIL/78 |
| CEPE | 6.093 | 93.8 | 28.118 | - 30.6 | - 15.8 |
| CEPE-CAUTIVO | 405 | 6.2 | 1.398 | - 34.3 | - 31.9 |
| TOTAL: | 6.498 | 100.0 | 29.516 | - 30.8 | - 13.8 |

PRODUCCION DE PETROLEO EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ

Abril de 1.978

| CAMPUS | Nº DE POZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION. | BARRILES | % | PRODUCCION DIARIAS | | ACUMULADOS | VARIACION % |
|--------------|-------------|---------------------------------|----------|-------|--------------------|-----------|--------------|----------------|
| | | | | | POR DIA | OPERACION | ENE-ABRIL/78 | MARZO-ABRIL/78 |
| CEPE-AMCON | 560 | 20.27 | 49.622 | 78.7 | 2.004 | 3.45 | 170.270 | 9.9 |
| CEPE-CARPET | 78 | 11.26 | 5.249 | 10.2 | 466 | 5.97 | 26.864 | 3.5 |
| CEPE-CAUTIVO | 125 | 12.19 | 5.772 | 11.1 | 474 | 3.79 | 22.695 | 6.6 |
| TOTAL : | | 18.08 | 51.643 | 100.0 | 2.944 | 3.76 | 213.276 | 9.0 |

PRODUCCION NACIONAL DE CRUJO
ABRIL DE 1.978

| REGIONES | BARRILES | % | ACUMULADOS | | VARIACION % | MAYO-ABRIL/78 |
|----------|-----------|-------|--------------|----------|-------------|---------------|
| | | | ENE-ABRIL/78 | BARRILES | ACUMULADA | VARIACION % |
| COSTA | 51.643 | 0.8 | 273.776 | | 9.0 | - 5.4 |
| ORIENTE | 61179.556 | 99.2 | 22'006.169 | | 3.0 | - 5.9 |
| TOTAL : | 61231.199 | 100.0 | 22'219.945 | | 3.1 | 5.8 |

CRUDO PROCESADO EN REFINERIAS
ENERO-ABRIL DE 1.978

| REFINERIAS | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | TOTAL ACUMULADO ENERO-ABRIL/78 BARRILES | 1 | VARIACION % ACUMULADA ENERO-ABRIL/77 ENERO-ABRIL/76 | VARIACION % MARZO-ABRIL/78 |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|--------------|--|-------------------------------|
| | | | | | | | | |
| <u>ESTATAL ESMERALDAS</u> | <u>1'168.329</u> | <u>786.167</u> | <u>1'177.414</u> | <u>1'342.919</u> | <u>4'1474.829</u> | <u>50.0</u> | <u>100.0</u> | <u>16.1</u> |
| CRUDO ORIENTE | 1'168.329 | 786.167 | 1'177.414 | 1'342.919 | 4'1474.829 | - | 100.0 | - |
| <u>ANGLO</u> | <u>976.500</u> | <u>773.380</u> | <u>944.783</u> | <u>913.317</u> | <u>3'607.980</u> | <u>40.3</u> | <u>10.6</u> | <u>3.3</u> |
| CRUDO LOCAL | 25.937 | 44.796 | 25.768 | 54.492 | 150.993 | - | 15.5 | 111.5 |
| CRUDO ORIENTE | 930.563 | 728.584 | 919.015 | 858.825 | 3'1456.987 | - | 98.3 | - 6.6 |
| <u>PETROLEOS GULF</u> | <u>293.129</u> | <u>168.295</u> | <u>213.075</u> | <u>196.756</u> | <u>779.855</u> | <u>8.7</u> | <u>16.4</u> | <u>8.3</u> |
| CRUDO LOCAL | 8.970 | 13.389 | 8.334 | 8.390 | 39.083 | - | 48.7 | 0.7 |
| CRUDO ORIENTE | 194.159 | 154.906 | 204.741 | 186.966 | 740.772 | - | 73.6 | - 8.7 |
| <u>CEPE-TEXACO</u> | <u>27.270</u> | <u>25.415</u> | <u>26.993</u> | <u>11.025</u> | <u>90.703</u> | <u>1.0</u> | <u>20.2</u> | <u>59.1</u> |
| CRUDO ORIENTE | 27.270 | 25.415 | 26.993 | 11.025 | 90.703 | - | 20.2 | - 59.1 |
| TOTAL : | 2'375.228 | 1'753.257 | 2'362.265 | 2'462.797 | 8'953.367 | 100.0 | 76.1 | 4.3 |

PRODUCCION DE DERIVADOS DEL PETROLEO

ABRIL DE 1.978

| DERIVADOS | ABRIL / 8 | | | | | | TOTAL AEROL./8 BARRILES | ACUMULADO ENERO-ABRIL/78 BARRILES | VARIACION MARZO-ABRIL/78 |
|----------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|
| | R | E | F | I | N | PETROLEOS GULF BARRILES | | | |
| GASOLINA 60 OCT. | (0) | 56.571 | (0) | | | | 56.571 | 272.532 | + 12.3 |
| GASOLINA 80 OCT. | 265.738 | 99.295 | 44.097 | | | | 453.068 | 17712.04 | + 0.7 |
| TOTAL GASOLINAS | 308.268 | 155.866 | 44.097 | | | | 509.639 | 11924.343 | + 1.5 |
| KEREX (KEROSENE) | 115.506 | 140.163 | 12.565 | (0) | | | 268.234 | 902.022 | + 7.3 |
| DIESEL OIL | 154.414 | 106.638 | 31.560 | 2.431 | | | 295.093 | 11936.144 | + 11.0 |
| TURBO FUEL (JET) | 41.183 | 27.434 | (0) | 516 | | | 69.133 | 272.815 | + 6.5 |
| RESTO OIL (FUEL OIL) | 509.310 | 459.815 | 106.072 | 6.730 | | | 11061.927 | 31629.695 | + 1.7 |
| SPRAY OIL | (0) | 7.533 | (0) | (0) | | | 7.533 | 24.256 | + 50.1 |
| MINERAL TURPENTINE | (0) | 926 | (0) | (0) | | | 926 | 4.816 | + 56.0 |
| RUBBER SOLVENT | (0) | 1.167 | (0) | (0) | | | 1.167 | 4.567 | + 21.5 |
| ASFALTOS | 27.481 | (0) | (0) | (0) | | | 27.481 | 105.420 | + 7.0 |
| TOTAL : | 11156.162 | 899.642 | 194.294 | 11.085 | 21261.183 | 81404.087 | - 0.6 | | |

* ACUMULADOS RECTIFICADOS.

PRODUCCION FISCALIZADA DE CRUJDO EN LA REGION ORIENTAL

MARZO DE 1.978

| CAMPOS | Nº DE PUZZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION | BARRILES | PROMEDIO BARRILES | | ACUMULADO ENE-JUN/78 | VARIACION % ACUMULADAS ENE-JUN/77 | VARIACION % MAYO-JUN/78 |
|-------------|--------------|--------------------------------|-----------|-------------------|-----------------------|-------------------------|---|----------------------------|
| | | | | PUR DIA | PUR DIA OPERC/POZO | | | |
| LAGO AGRIC | 18 | 27.94 | 756.664 | 11.6 | 27.082 | 1.505 | 41066.723 | 10.1 |
| SHUSHUFINDI | 41 | 28.78 | 3'264.990 | 50.0 | 113.446 | 79.634 | 161085.157 | 27.7 |
| SACHA | 67 | 29.09 | 1'951.159 | 29.8 | 67.073 | 1.001 | 101475.202 | 16.1 |
| AGUARICO | 6 | 27.50 | 264.326 | 4.0 | 9.612 | 1.602 | 1'657.854 | 1.6 |
| AUCA | 16 | 29.81 | 306.834 | 4.6 | 10.293 | 643 | 1'633.174 | 26.7 |
| TOTAL : | 148 | 28.88 | 6'543.973 | 100.0 | 226.592 | 44.216 | 341718.110 | 1.9 |
| | | | | | | | | 6.1 |

191

PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO EN LA PENINSULA DE SANTA ELENA
JUNIO DE 1.976

| CAMPOS | Nº DE POZOS | DIAS EFECTIVOS DE OPERACION | BARRILES | % | PROMEDIO BARRILES | | ACUMULADOS ENE-JUN/76 BARRILES | VARIACION % ACUMULADO ENE-JUN/77 ENE-JUN/76 | VARIACION % MAYO-JUN/78 |
|--------------|-------------|--------------------------------|----------|-------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|----------------------------|
| | | | | | POR DIA OPERACION | PGR DIA OPERC/POZO | | | |
| CEPE-ANCON | 551 | 22.19 | 41.178 | 79.7 | 1.856 | 3.69 | 254.217 | - 8.5 | - 3.8 |
| CEPE-CARPET | 81 | 10.95 | 5.169 | 10.0 | 472 | 5.83 | 31.376 | - 3.9 | - 3.7 |
| CEPE-CAUTIVO | 108 | 13.75 | 5.346 | 10.3 | 389 | 3.60 | 33.841 | - 5.8 | - 7.8 |
| TOTAL : | 740 | 19.72 | 51.693 | 100.0 | 2.621 | 3.54 | 319.434 | - 7.8 | - 4.2 |

PRODUCCION NACIONAL DE CRUDE
JUNIO DE 1.976

| REGIONES | BARRILES | % | ACUMULADOS | | VARIACION % ACUMULADO ENE-JUN/77 ENE-JUN/76 | VARIACION % MAYO-JUN/78 |
|----------|-----------|-------|----------------------------|------------------------|--|----------------------------|
| | | | ENERO-JUNIO/76 BARRILES | ENE-JUN/76 BARRILES | | |
| COSTA | 51.693 | 0.8 | 319.434 | | - 7.8 | - 4.2 |
| ORIENTE | 61543.973 | 99.2 | 34713.110 | | 1.9 | 6.1 |
| TOTAL : | 61595.666 | 100.0 | 35037.544 | | 1.8 | 6.0 |

| REFINERIAS | BARRILES | TOTAL ACUMULADO ENERO-JUNIO/78 | % | VARIACION % | VARIACION % |
|--------------------|-----------|-----------------------------------|-------|--------------|---------------|
| | | | | ACUMULADO | MAYO-JUNIO/78 |
| | | | | ENE-JUNIO/77 | ENE-JUNIO/78 |
| ESTATAL ESMERALDAS | 11440.255 | 71160.091 | 51.6 | - 103.0 | - 15.4 |
| CRUDO ORIENTE | 11440.155 | 71363.091 | - | 100.0 | 15.4 |
| ANGLO | 905.906 | 51412.894 | 39.0 | - 15.1 | - 0.8 |
| CRUDO LOCAL | 26.766 | 237.047 | - | 24.1 | 25.9 |
| CRUDO ORIENTE | 869.140 | 51175.547 | - | 92.4 | 2.3 |
| PETROLEOS GULF | 187.859 | 11159.668 | 8.4 | - 18.9 | - 2.1 |
| CRUDO LOCAL | 8.102 | 56.576 | - | 43.9 | 13.7 |
| CRUDO ORIENTE | 179.757 | 11103.092 | - | 67.9 | - 0.5 |
| CEPE-TEXACO | 28.690 | 150.480 | 1.0 | - 11.7 | - 7.7 |
| CRUDO ORIENTE | 28.690 | 150.480 | - | 11.7 | - 7.7 |
| TOTALES : | 2'562.610 | 13'086.133 | 100.0 | - 74.1 | 8.1 |

PRODUCCION BRUTA DE GASOLINA NATURAL

JUNIO DE 1978

| COMPANIAS | BARRILES | % | ACUMULADO ENERO-JUNIO/78 | VARIACION % | VARIACION % |
|--------------|----------|-------|-----------------------------|-------------|---------------|
| | | | | ACUMULADA | MAYO-JUNIO/78 |
| | | | | ENE-JUN/77 | ENE-JUN/78 |
| CEPE | 4.084 | 92.1 | 37.226 | - 35.3 | - 18.7 |
| CEPE-CAUTIVO | 349 | 7.9 | 2.114 | - 33.7 | - 4.9 |
| TOTAL : | 4.433 | 100.0 | 39.340 | - 35.2 | - 17.8 |

PRODUCCION DE DERIVADOS DEL PETROLEO
JUNIO DE 1.978

| DERIVADOS | REFINERIAS | | | TOTAL JUNIO/78 BARRILES | ACUMULADO ENERO-JUNIO/78 BARRILES | VARIACION % MAYO-JUNIO/78 |
|--------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|
| | ESMERALDAS BARRILES | ANGLO BARRILES | PETROLEOS GULF BARRILES | | | |
| GASOLINA 63 OCT. | (0) | 63.377 | | 3.238 | 68.261 | 320.607 |
| GASOLINA 80 OCT. | 385.711 | 105.889 | 40.198 | (0) | 530.998 | 21756.825 |
| TOTAL GASOLINAS | 385.711 | 168.426 | 41.874 | 3.238 | 599.259 | 31079.422 |
| KEREX | 120.330 | 83.423 | 10.307 | (0) | 214.060 | 11356.193 |
| DIESEL OIL | 247.271 | 132.738 | 31.550 | 6.274 | 424.895 | 21155.780 |
| TURBO FUEL | 58.015 | 34.579 | (0) | 3.405 | 95.999 | 456.610 |
| RESIDUO | 502.978 | 459.993 | 202.066 | 15.187 | 11280.164 | 51966.911 |
| SPRAY OIL | (0) | 10.657 | (0) | (0) | 10.657 | 20.062 |
| MINERAL TURPENTINE | (0) | 2.291 | (0) | (0) | 2.291 | 8.623 |
| RUBBER SOLVENT | (0) | 1.360 | (0) | (0) | 1.360 | 6.735 |
| ASFALTOS | 33.276 | (0) | (0) | (0) | 32.276 | 172.458 |
| TOTALES : | 1347.581 | 900.537 | 285.737 | 28.104 | 21561.959 | 131220.902 |
| | | | | | | 13.6 |

NOMENCLATURA

| | | |
|----------------|--|---------------------|
| A | lectura en el amperímetro | amperios |
| A/F | razón aire/combustible | |
| C | proporción del aditivo | cc/gal. |
| D | diámetro del orificio de medición de aire. | mm. |
| F | fuerza de balance | nt |
| ho | cabezal atravéz del orificio | mm H ₂ O |
| K | constante del dinamómetro | |
| L | longitud del brazo de torque | mm. |
| ma | razón de flujo de masa de aire | Kg/seg. |
| n | velocidad del motor calculada | rev/min. o RPM |
| n' | velocidad del motor tomada del tacómetro. | rev/min. o RPM |
| P | potencia de salida | Kw |
| Pa | presión barométrica | mm. Hg |
| R | número de resistencias conectadas. | |
| T | torque nt-m | |
| Ta | temperatura del aire | °K |
| t | tiempo de consumo de combustible | seg. |
| V | consumo de combustible | ltr/hr |
| V' | lectura en el voltímetro | voltios |
| V _a | razón volumétrica de flujo de aire. | ltr/seg. |

V_G volumen calibrado en el medidor de combustible.

v consumo específico de combustible

Z vueltas al tornillo del chorro variable de combustible.

η_{th} eficiencia térmica.

η_{vol} eficiencia volumétrica

TEL Tetraetilo de plomo

TML Tetrametilo de plomo

IO & NO Índice Octano o número octano

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. "Manual de ASTM, EE.UU. Quinta Edición 1964.
2. BURREL CORPORATION SCIENTIFIC INSTRUMENTS AND LABORATORY SUPPLIES. "Industry Gas Analysis Operating Instructions". EE.UU.
3. CEVALLOS FREDDY. "Máquinas de Combustión Interna". ES-POL. 1974.
4. DEE SNELL FOSTER y HILTON L. CLIFFORD. "Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis". Interscience Publishers. New York - Londres, 1966.
5. FAYETTE TAYLOR C.- TAYLOR S. EDWARD. "Internal Combustion Engine". International Textbook Company. Scranton, Pennsylvania - Segunda Edición, 1961.
6. GINI LACORTE, Carlos. "Tecnología del Petróleo". El Ateneo. Buenos Aires - Lima - Río de Janeiro, 1963.
7. GIACOSA DANTE. "Motores Endotérmicos". Hoepli - Barcelona, Tercera Edición, 1970.
8. HEINRICH RUF. "Tecnología del Petróleo". Tecnos. Madrid 1957.

9. MODERNA TECNOLOGIA DEL PETROLEO. Instituto del Petróleo (Londres) Reverté S.A. Barcelona - Buenos Aires - México. 1963.
10. LICHTY LESTER, C., "Procesos de los Motores de Combustión". Mc Graw Hill Book Co., Panama-México-New York. 1970.
11. MENSY MARCELO. "El Motor del Automóvil". Albatros. Buenos Aires, 1952.
12. "ESTADISTICA PETROLERA". Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos. Dirección General de Hidrocarburos. Sección Estadística.
13. OBERT F. EDWARD "Internal Combustion Engine and Aire Pollution". Intext Educational Publishers. New York - Londres - Tercera Edición, 1973.
14. PLINT M.A. "Instruccional Test and Experiments on Internal Combustion Engines". Plint & Partners Ltd. Engineers. Fishponds RD Wokingham RG112Q6 Berks. England Wokingham. 1898/9, 1977.
15. LUBRICATION. Texaco Inc., New York, 1977.