



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón

72

Estudio de la Mezcla Gasolina-Metanol como Combustible Alternativo en Motores de Combustión Interna

Sist. 29578

**SEMINARIO DE INVESTIGACION
DE INGENIERIA**
Que para obtener el título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a n :
ALEJANDRO ARTURO TOVAR GUTIERREZ
HECTOR MANUEL MAGAÑA ESPINOSA

Ing. Gerzain Espinoza López
Director de Seminario de Investigación de Ingeniería



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



VERDAD NACIONAL
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

Sr. ALEJANDRO ARTURO TOVAR GUTIERREZ
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 3 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. GERZAIN ESPINOZA LOPEZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " ESTUDIO DE LA MEZCLA GASOLINA -METANOL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., junio 9 de 1980.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería
Unidad Académica
Departamento de Servicios Escolares.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

Sr. HECTOR MANUEL MAGAÑA ESPINOSA
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 3 de junio del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. GERZAIN ESPINOZA LOPEZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "ESTUDIO DE LA MEZCLA GASOLINA-METANOL COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., junio 9 de 1980.
EL DIRECTOR


LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería
Unidad Académica
Departamento de Servicios Escolares

SRR 'JRTD'lla.

A NUESTROS PADRES.

A NUESTROS HERMANOS

A NUESTROS FAMILIARES Y AMIGOS.

AGRADECEMOS A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE
ALGUNA MANERA COLABORARON EN NUESTRA FORMA--
CION PROFESIONAL Y DE MANERA ESPECIAL AL ---
ING. GERZAIN ESPINOZA LOPEZ.

I N D I C E

	Página
PROLOGO	1
CAPITULO I	
Introducción.	5
1.- Aspectos Descriptivos del Meta-- nol.	
2.- Obtención industrial del Meta-- nol.	
3.- Historia de los usos del Meta-- nol como combustible.	
4.- Usos del Metanol.	
5.- Posible uso del Metanol.	
CAPITULO II	
Combustibles usados en motores.	11
1.- Introducción.	
2.- Clases de combustible.	
3.- Petróleos crudos y productos de rivados del petróleo.	
4.- Gases naturales.	
5.- Gases subproductos.	
6.- Combustibles líquidos diversos.	
7.- Alcoholes.	

CAPITULO III

- Análisis de la aplicación de la mezcla gasolina-Metanol en motores. 24
- 1.- Introducción.
 - 2.- Pruebas en motores con mezclas gasolina-Metanol al 10, 20 y - 25% de Metanol.
 - 3.- Mezclas gasolina-Metanol en motores de carga estratificada.
 - 4.- Mezclas gasolina-Metanol al --- 12% en motores de combustión in terna. Sistema Dual.

CAPITULO IV

- Análisis de resultados de pruebas - en motores que utilizan Metanol. 56
- 1.- Introducción.
 - 2.- Pruebas en motores en Metanol - puro.

CAPITULO V

- Alteraciones producidas en motores, por el uso del Metanol y posibles - soluciones para prevenirlas y repararlas. 92
- 1.- Arranque en frío con Metanol pu ro.
 - 2.- Período de calentamiento con Me tanol puro.
 - 3.- Jaloneo con Metanol puro: causa y solución.
 - 4.- Manejabilidad en autos con mezcla gasolina-Metanol.
 - 5.- Bloqueo de vapor.
 - 6.- Separación de fases.
 - 7.- Corrosión del sistema de combus tible.

CAPITULO VI

Otras aplicaciones del Metanol. 100

- 1.- Introducción.
- 2.- Aplicaciones del Metanol como --
combustible.
- 3.- Pilas de combustibles.
- 4.- Metanol: Una fuente de cultivo -
para alimentos.
- 5.- Gasolina del Metanol.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES 109

BIBLIOGRAFIA 113

P R O L O G O

Uno de los principales problemas actuales son los energéticos, ya que las fuentes de energía petrolera son bienes no renovables que se han ido consumiendo, mientras que los requerimientos de energía han aumentado en una forma impresionante. Esta creciente preocupación ha llevado a los gobiernos a buscar formas alternativas de energía que sustituyan los derivados del petróleo, buscando fuentes renovables que sean capaces de proporcionar grandes cantidades de energía. Ello ha llevado a la optimización de los recursos petroleros y a la exploración de fuentes de energía, tales como: la energía solar, la energía térmica, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía geotérmica, la energía nuclear y la utilización de la biomasa.

Asimismo otro de los principales problemas a que se enfrentan las ciudades es la contaminación ambiental, ocasio-

nada tanto por los desechos industriales como por los gases de emisión de los vehículos automotores, que han llegado en ciertos casos a niveles alarmantes, por las repercusiones que tienen tanto en el equilibrio ambiental y ecológico, como en las afecciones respiratorias a que se ven sometidos sus habitantes.

Teniendo presente los dos problemas anteriormente mencionados se ha puesto especial atención a la fuente energética de los vehículos automotores ya que son, dado el elevado volumen de vehículos que circulan, unos de los principales consumidores de las fuentes petroleras y un poderoso foco de contaminación.

A fin de atacar estos graves problemas, se han hecho diversos estudios en vehículos a fin de resolverlos, de estos podemos mencionar los siguientes: el uso del gas natural y gas LP en vehículos; con el fin de reducir emisiones, el uso de autos eléctricos, la utilización de celdas solares para autos, la utilización de la energía nuclear y la utilización de alcoholes o bien combustibles elaborados de fuentes renovables.

La presente tesis es un estudio sobre la aplicación de la mezcla gasolina-metanol en motores de combustion interna y tiene como fin, presentar las ventajas y desventajas que presenta su uso en autos diseñados para utilizar gasolina.

En el capítulo I se presenta un panorama general -- del metanol presentando sus aspectos descriptivos y su origen, se dan los métodos de obtención, así como sus usos y perspectivas.

En el capítulo II se proporciona una descripción somera de los combustibles actuales con el fin de dar una vi---sión general de los mismos.

En el capítulo III se estudian las ventajas y des--ventajas del uso de la mezcla gasolina-metanol en motores de combustión interna.

En el capítulo IV se analizan las ventajas y desventajas del uso del metanol puro en motores de combustión internna.

En el capítulo V se mencionan las alteraciones pro--ducidas en los motores por el uso del metanol y se dan posi--bles soluciones para prevenirlas.

En el capítulo VI se mencionan las posibilidades -- del metanol en otros campos de aplicación tales como calderas, turbinas, motores diesel, en donde se usa como combustible. - Se mencionan también otras aplicaciones, tales como pilas de combustible de oxidación electroquímica y como fuente de culttivo de alimentos.

En el capítulo VII se dan las conclusiones finales
basadas en lo expuesto a lo largo de este trabajo.

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

1.- Aspectos Descriptivos del Metanol.

El metanol fué descubierto en Irlanda por Robert -- Boyle y posteriormente es totalmente identificado por Alejandro Dumas en Francia.

El metanol es un compuesto orgánico denominado alcohol metílico, también se le conoce con el nombre de carbí-- nol (alcohol de madera), o bien, como alcohol industrial.

Su fórmula es CH_3OH , y es un líquido incoloro, con olor agradable y volátil.

La toxicidad del metanol es tal que 1 000 ppm en el aire producen síntomas de envenenamiento, con una concentra-- ción de 50 000 ppm puede provocar narcosis profunda y muerte en un lapso de una a dos horas. Cuando es absorbido por la - piel u otros medios puede causar ceguera y la ingestión de 30

gramos o más puede provocar la muerte.

A continuación se enumeran las principales propiedades del metanol.

Punto de congelación	-97.4 °C
Punto de ebullición	64.6 °C
Densidad a 30 °C	0.78028 g/ml
Viscosidad a 25 °C	0.548 Centipoises
Tensión superficial a 30 °C	0.512 din/cm ² .
Temp. de descomposición	240 °C
Calor específico a 25 °C	0.605 cal/g
Calor de vaporización a 65 °C	8 430 cal/mol
Calor de combustión a 25 °C	173 650 cal/mol
Punto de inflamación	15.6 °C
Temperatura de ignición en aire	473 °C
Solubilidad en agua	infinita
Presión de vapor a 30 °C	150 mm/Hg

2.- Obtención industrial del metanol.

Pirólisis. Por este método se quita la corteza a la madera y se le corta longitudinalmente para facilitar la desecación, después se apilan los troncos, así cortados, durante un año; para reducir la humedad de los troncos. Antes de someter la madera a la destilación es preciso desecarla en túneles o desecadores especiales.

Una vez desecada la madera, se somete a la destilación en recipientes verticales y horizontales fijos. El recipiente se calienta hasta alcanzar unos 400 °C, después se produce una reacción exotérmica, por lo que hay que reducir el calentamiento, terminando la operación en 32 horas.

Los productos volátiles se condensan y se dejan reposar para facilitar la separación de las breas y el ácido piroleñoso (ácido de la madera obtenido por pirólisis).

El piroleñoso se fracciona por destilación mediante diversos procedimientos y se obtiene el metanol.

Conviene hacer notar que el metanol que se obtiene de la destilación seca de la madera (pirólisis), la industria lo proporciona mediante procesos catalíticos y fermentativos en mejores condiciones económicas, pero la demanda de carbón de piedra y brea, así como el mejor aprovechamiento de los subproductos hacen que todavía conserve su interés este proceso de pirólisis.

Aparte de la pirólisis de la madera, el metanol se produce actualmente en grandes cantidades por el proceso Part el cual consiste en hacer reaccionar químicamente el monóxido de carbono con el hidrógeno, obteniéndose metanol.

La mezcla de síntesis se obtiene, bien a partir del gas de agua enriquecido en hidrógeno, o bien a partir del gas natural por combustión parcial o conversión con vapor de agua.

Después de purificada, se comprime a varias centenas de atmósferas; el rendimiento se incrementa, por aumento de -- la presión, porque la reacción de equilibrio de síntesis se -- efectúa mediante contracción. El rendimiento crece igualmente por descenso de la temperatura, por lo que se opera a temperaturas relativamente bajas, del orden de los 400 °C, en presencia de un catalizador formado por una mezcla de óxido crómico y óxido de zinc.

La obtención del metanol a partir del gas natural, - se efectúa en presencia de catalizadores por la acción del --- aire a temperatura poco elevada. Las mezclas complejas que se obtienen suministran metanol por rectificación.

3.- Historia de los usos del metanol como combusti-- ble.

Durante los últimos 50 años, el metanol y otros alcoholes no han podido competir con los combustibles derivados del petróleo, sin embargo, los alcoholes fueron usados extensivamente como combustible en el siglo XIX. El alcohol llegó a ser un popular combustible para iluminación (1880) aunque, fué reemplazado por el queroseno (aceite derivado del petróleo utilizado para iluminación), debido a que la flama de este último es más luminosa.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, en Francia, la madera era destilada en las provincias para obtener alcohol que se utilizaba para calentar, iluminar y cocinar.

Durante la I y II Guerra Mundial, cuando la escasez de gasolina ocurrió en Alemania y Francia, vehículos de todas clases, incluyendo tanques y aviones, usaban quemadores de madera. Astillas de madera eran destiladas para hacer vapores de alcohol que incluían monóxido de carbono e hidrógeno (esos vapores movían el vehículo).

4.- Usos del metanol.

Como disolvente o diluyente se emplea en la fabricación de barnices y en la desnaturalización del etanol para --- usos industriales.

Se usa como materia prima de síntesis en la fabricación de sustancias aromáticas de gran empleo en la industria química.

Se utiliza en la fabricación de materias colorantes, productos farmacéuticos, perfumes y en la obtención de la anilina.

Se utiliza también como carburante, bien sólo, o --- bien en mezclas ternarias o cuaternarias, por su poder antide-tonante y su gran calor de vaporización.

5.- Posible uso del metanol.

Se están realizando estudios para determinar la factibilidad de usar mezclas gasolina-metanol en motores de combustión interna, debido a las propiedades físico-químicas del metanol así como para proveer fuentes renovables de carburantes automotrices.

C A P I T U L O I I

COMBUSTIBLES USADOS EN MOTORES.

1.- Introducción.

Por lo general los combustibles para los motores de combustión de hoy día se derivan del petróleo, el cual es una mezcla compleja de hidrocarburos. Sin embargo, a medida que disminuyen los manantiales de petróleo, tiene cada vez mayor importancia el carbón, que es el combustible más abundante. Por la misma razón, los combustibles elaborados con productos del campo, tales como los alcoholes, en un futuro serán la -- fuente de nuestra potencia motriz.

2.- Clases de combustibles.

Los combustibles comerciales, ya sea en su estado natural o en formas preparadas pueden ser sólidos, líquidos y gases. Los combustibles sólidos comprenden los carbonos, lignitos, coques y maderas. Los combustibles líquidos compren--

den el alcohol, petróleo y sus derivados, y algunas veces las breas. Los gases naturales salen de la tierra y los gases -- elaborados son productos obtenidos principalmente del carbón. Los elementos fundamentales de un combustible son: carbono e hidrógeno.

3.- Petróleos crudos y productos derivados del pe-- tróleo crudo.

El aceite mineral natural existente a diferentes -- profundidades y en diversas localidades de la tierra se deno-- mina petróleo. El petróleo es una mezcla de miles de hidro-- carburos, cada uno de los cuales tiene propiedades químicas y físicas características. La composición de los hidrocarburos varía desde los gases ligeros de estructura química simple -- hasta líquidos espesos de aspecto de alquitrán y ceras de es-- tructura química compleja; tal y como proviene el aceite del subsuelo, también contiene varias cantidades de azufre, oxíge-- no, nitrógeno, arena y agua. Aún cuando los compuestos del -- petróleo crudo varían ampliamente de depósito a depósito, los elementos finales son relativamente fijos; el porcentaje de -- carbono varía generalmente de 83 a 87% y el hidrógeno de 11 a 14%. La mayoría de los compuestos del crudo pertenecen a la familia de las parafinas, naftenos y aromáticos, junto con -- una considerable cantidad de material asfáltico de estructura química desconocida. Los petróleos crudos que depositan un -- material de la consistencia de la cera al enfriarse, se les co

noce como petróleo de base parafina. Los petróleos que contienen materiales asfálticos se les llama con frecuencia petróleos de base de asfalto, pero es preferible emplear el término base de nafteno porque los petróleos de mejor clase o grado de este tipo contienen poco y a veces nada de asfalto. Los petróleos de base intermedia, producidos en los campos petrolíferos de América Central, tienen algunas características de los petróleos de base parafina y de los de base de nafteno.

3.1.- Refinado del petróleo crudo.

Los petróleos crudos se usan raras veces como combustible porque son más valiosos cuando se refinan para formar otros productos del petróleo. El primer proceso de refinado es ordinariamente una destilación simple que separa el petróleo crudo en fracciones que corresponden aproximadamente a la gasolina, el queroseno, el aceite de gas, el aceite lubricante y los residuos que se incorporan en aceites combustibles más pesados. Se obtiene más gasolina haciendo pasar las fracciones de la destilación, y a veces el petróleo crudo, cuando contiene poca gasolina original, a través de alambiques desintegradores, en los cuales por la acción del calor (con presión o sin ella) en presencia de un catalizador, se descomponen algunos de los hidrocarburos de mayor peso molecular, cediendo gasolina, gas y coque. Las propiedades de los hidrocarburos se indican en la tabla 1.

PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS

	Fórmula	Temperatura °C			Densidad		Potencia calorífica (1) en kcal			Calor latente en kcal por kg	Valora-ción en octano	Número de actua-ción (Performance number) (4ml TEP por galón, 1 galón = 3,785 litros)		Peso mo-lecular Wt		
		Fusión	Ebulli-ción	TAI(2)	Especí-fica	API	Superior por kg	Inferior por kg	De la mezcla por m ³			Normal(3)	Rica			
Parafinas C _n H _{2n+2} saturadas	Gas	Metano	CH ₄	-182	-161	730	0,424	202,5	13 249	11 977	774	138	110(3)	-	-	16,0
		Etano	C ₂ H ₆	-172	-88	565	0,546	194,0	12 444	11 442	821	97	104(3)	-	-	30,0
	Gas LP	Propano	C ₃ H ₈	-186	-42	534	0,582	142,0	12 027	11 119	834	93	100	-	-	44,0
		Butano	C ₄ H ₁₀	-135	-0,56	516	0,570	116,5	11 832	10 996	844	91	92	-	-	58,1
	Gasolina	Pentano	C ₅ H ₁₂	-129	36	500	0,626	94,5	11 721	10 888	848	89	61	63	63	72,1
		n-Heptano	C ₇ H ₁₆	-91	99	478	0,684	75,5	11 583	10 782	857	73	0	0(4)	0(4)	100,2
		Triptano	C ₇ H ₁₈	-25	81	-	0,690	-	-	10 610	-	69	-	200	300	100,2
		Iso-Octano	C ₈ H ₁₈	-107	99	732	0,692	73,5	11 433	10 642	850	71	100	153	153	114,2
	Fuel-oil	Decano	C ₁₀ H ₂₂	-30	174	463	0,730	62,5	11 444	10 669	859	60	-	-	-	142,3
		Dodecano	C ₁₂ H ₂₆	-10	216	-	0,749	57,5	11 416	10 651	862	59	-	-	-	170,3
Hexadecano		C ₁₆ H ₃₄	18	280	-	0,774	51,5	11 344	10 592	862	-	100	-	-	226,4	
Octadecano		C ₁₈ H ₃₈	27	307	-	0,782	49,5	11 333	10 582	866	-	-	-	-	245,5	
Olefinas C ₂ H _{2n} cadena no saturada	Propeno	C ₃ H ₆	-185	-47	-	0,61	103,0	11 666	10 805	859	-	85	-	-	42,1	
	Buteno-1	C ₄ H ₈	-195	-6	-	0,625	-	11 612	10 749	863	-	82	84	-	56,1	
	Hexeno-1	C ₆ H ₁₂	-138	63	-	0,675	76,0	10 583	9 867	854	92	84,1	-	-	84,1	
Naftenos C _n H _{2n} Anillo saturado	Ciclopentano	C ₅ H ₁₀	9	49	-	0,746	56,7	10 432	9 718	837	-	83	100	160	70,1	
	Ciclohexano	C ₆ H ₁₂	6	80	-	0,788	51,6	10 393	9 683	837	86	77	84	130	84,1	
Aromáticos C _n H _{2n-6} Anillo no saturado	Benceno	C ₆ H ₆	5	80	739	0,88	29,0	10 088	9 549	861	94	100(3)	68	160	78,1	
	Tolueno	C ₇ H ₈	-95	110	811	0,87	31,0	10 166	9 166	881	86	104(3)	95	160	92,1	
	Xileno	C ₈ H ₁₀	-26	140	-	0,86	31,0	10 277	9 722	868	80	105(3)	-	-	106,2	
Alcoholes	Metanol	CH ₄ O	-97	65	-	0,792	46,4	5 428	5 022	801	279	98	75	180	32,0	
	Etanol	C ₂ H ₆ O	-117	78	-	0,785	47,1	7 099	6 446	835	220	99	75	180	46,0	
Tetraetil-plomo		C ₈ H ₂₀ Pb	-136	182	-	1,653	-	-	-	-	40	-	-	-	-	
Hidrógeno (gas)		H ₂	-	-	-	-	-	-	2 388	-	-	-	-	-	2,0	
Agua		H ₂ O	0	100	-	0,998	-	-	-	0	-	539	-	-	18,0	
Carbón sólido		C	-	-	-	-	-	-	8 110	-	-	-	-	-	12,0	
Gasolina (normal)		-	-60	43-149	-	-	-	-	-	10 555	-	140(3)	78	93	-	
Oxido de carbono		CO	-	191	608	-	-	-	2 114	2 415	-	-	-	-	28,0	

(1) A volumen constante a 25 °C y a una presión de 1,033 kg por cm² (Presión absoluta).

(2) La temperatura de autoignición (TAI) es aquella temperatura a la cual el combustible a presión arde sin acercarle ninguna llama o chispa.

(3) Aproximado.

(4) Sin tetraetil-plomo.

3.2.- Gasolina.

La gasolina que se expende en el mercado, es una -- mezcla de productos obtenidos por diferentes procesos, mediante mezclas se ajustan las propiedades del combustible para obtener las características de funcionamiento deseadas. La gasolina debe tener las propiedades siguientes:

- a) Características de golpeo. Actualmente, el patrón de comparación es el número de octano. En términos generales el mejor combustible es el -- que tiene número de octano mayor. El número o - índice de octano es un índice de la capacidad de una gasolina para soportar una presión y temperatura elevada sin explotar espontáneamente (detonar).
- b) Volatilidad. Se refiere al porcentaje en volumen de combustible que se vaporiza a una temperatura dada. Debido a que la gasolina es una mezcla de hidrocarburos, sus componentes hierven a diferentes temperaturas, a diferencia del agua y alcohol (sustancias puras), las cuales se vaporizan completamente a una temperatura determinada.
- b.1.- Características de arranque. La gasolina pondrá en movimiento al motor, rápidamente, siempre que una parte de ella tenga bajo - punto de ebullición, como para permitir --

que se forme la mezcla combustible a la --
temperatura ambiente.

b.2.- Características de vaporización. El com--
bustible debe tener un rango de temperatu--
ras de ebullición, tal que a las temperatu--
ras existentes en las tuberías, no exista
vaporización en ellas ni en el tanque de -
combustible, vaporización que impide o li-
mita el flujo de combustible líquido hacia
el carburador.

b.3.- Dilución en el cárter. La dilución del --
aceite lubricante tiene lugar cuando se --
condensa el combustible, o cuando deja de
vaporizarse en el motor, siendo deseable -
una temperatura de destilación baja.

c) Corrosión. El combustible y los productos de la
combustión no deben ser corrosivos para evitar -
que ataquen químicamente a las partes con las --
que estén en contacto.

d) Costo. El costo deberá ser bajo.

3.3.- Aceites combustibles.

Esencialmente todos los aceites combustibles se de-
rivan del petróleo y consisten en residuos, destilados y mez-
clas. Aceites residuales son aquellos que no se han evapora-
do durante el proceso del refinado, y, por esta razón son los

de menor precio.

3.4.- Diesel.

Las características del combustible diesel varían muchísimo, desde destilados ligeros, que son prácticamente querosenos pesados, hasta combustibles residuales o petróleos crudos, que se usan en casos contados. La densidad API (Densidad API=141.5/gravedad espec. del comb. -131.5) varía aproximadamente de 40 a 17.5 grados a 15.5 °C; la densidad específica, de 0.82 a 0.95 a 15.5/15.5 °C; el poder calorífico superior, de 10 275 a 11 110 Kcal/Kg.; el intervalo de destilación, de 175 a 370 °C ó más alto; composición por elementos, carbono - 85 a 88%, hidrógeno 10 a 15%, azufre hasta 2%.

Se ha notado que las temperaturas de autoencendido de las parafinas normales disminuyen a medida que aumenta la longitud de la cadena molecular ya que el número de cetano es una medida de las características de encendido del combustible, se puede concluir que los miembros más pesados de la familia de las parafinas tienen mayores números de cetano (el cetano (hexadecano) tiene un valor arbitrario de 100).

Los requisitos para un buen combustible diesel no se establecen tan fácilmente como lo fué para la gasolina. Se llega a esta situación, por la complejidad que añade el motor encendido por compresión con su heterogéneo proceso de combustión, el cual es afectado grandemente por las características

de inyección. Sin embargo, pueden hacerse las siguientes observaciones generales:

- a) Características de detonación. El combustible deberá tener un valor de cetano suficientemente alto como para evitar la detonación.
- b) Características de arranque. El combustible debe arrancar fácilmente al motor. Este requisito exige, gran volatilidad para formar rápidamente una mezcla combustible y un número de cetano alto, -- con objeto de que la temperatura de autoencendido sea baja.
- c) Humo y olor. El combustible no debe promover ni humo ni olor en el tubo de escape. En general, - se requiere una buena volatilidad como primer re-quisito para asegurar buena mezcla y, por lo tan- to, la combustión completa.
- d) Corrosión y desgaste. El combustible no deberá - ocasionar corrosión, después de la combustión. Este requisito se refiere directamente al azufre, - cenizas y residuos de combustible.
- e) Fácil manejo. El combustible debe ser un líquido que fluya fácilmente, bajo todas las condiciones que se presenten. Este requisito se mide por el punto de fluidez y la viscosidad del combustible. El combustible debe tener también, un punto de inflamación elevado puesto que una ventaja del mo--

tor encendido por compresión es el empleo de combustible con poco riesgo de encendido.

3.5.- Queroseno.

El queroseno es menos volátil que la gasolina y se obtiene continuando la destilación del petróleo crudo después de haber recuperado la gasolina. Se reconocen generalmente dos tipos de queroseno: el queroseno normal usado como combustible para iluminación o calefacción en quemadores o quinqués alimentados por mecha; y el queroseno para máquinas usado como combustible para motores. Las propiedades generales del queroseno son: densidad API, 50 a 35 grados a 15.5 °C, densidad específica, 0.78 a 0.85 a 15.5/15.5 °C, punto de inflamación en recinto cerrado, 38 a 71 °C, poder calorífico superior, 10 775 a 11 220 Kcal/Kg; intervalo de destilación, 93 a 315°C, composición química, 85 a 88% de carbono, 12 a 15% de hidrógeno, hasta 0.5% de azufre y, ordinariamente porcentajes mínimos de nitrógeno y oxígeno.

3.6.- Gases del petróleo liquidables.

Los gases del petróleo liquidables (gas LP) son principalmente el propano (C_3H_8) y el butano (C_4H_{10}). Estos gases naturales a la temperatura normal pueden licuarse a presiones absolutas por debajo de 14 Kg/cm². Algunas empresas de transportes lo emplean como carburante en sus camiones, utilizándose para este fin tanques de gases licuados y carburadores espe

ciales. Las ventajas de este combustible son:

- a) Facilidad de puesta en marcha de los motores en tiempo frío, debido a su elevada volatilidad,
- b) Mayor rendimiento por permitir una elevada compresión, y
- c) Una mayor limpieza en el motor y en el sistema lubricante, a causa de que el combustible no se condensa en el cárter.

4.- Gases naturales.

El metano (CH_4) y etano (C_2H_6) son los principales componentes del gas natural. Son muy volátiles y aún cuando pueden reducirse al estado líquido o transformarse en otros combustibles, no siempre resulta económico hacerlo. El gas natural se suele distribuir por redes de tuberías directamente de los pozos de extracción. Debido a su gran volumen específico no resulta práctico almacenarlo, exceptuando cuando para ello se utilizan cavernas subterráneas naturales, formaciones rocosas porosas o minas abandonadas. El gas natural se emplea principalmente para fines domésticos, pero las variaciones de la demanda durante las estaciones del año lo convierten, en ciertas ocasiones, en un combustible económico para las centrales térmicas. Puede usarse en motores de combustión interna, o en generadores de vapor.

5.- Gases subproductos.

Ciertas operaciones industriales producen gases --- aprovechables. El gas del alto horno se recoge al hacer pasar aire a través de capas de coque y de mineral de hierro. - Después de filtrado, se utiliza mezclado con gases más ricos o bien directamente en motores de gas.

Los gases de cloaca se obtienen por la fermentación y descomposición de las aguas sépticas. Consisten principalmente de metanol (CH_4); se recogen en las grandes instalaciones para el tratamiento de aguas residuales y se emplean como combustible en los motores de gas que mueven las bombas y agitadores de dichas instalaciones.

6.- Combustibles líquidos diversos.

El alquitrán de hulla es recobrado como un subpro-- ducto de la carbonización o destilación de la hulla; sus ca-- racterísticas específicas varían con la temperatura a la que haya sido calentado el carbón durante su destilación y con la duración del proceso.

El alquitrán de carbón puede ser quemado con el --- equipo adecuado para aceites combustibles pesados, si es pre-- calentado para reducir su viscosidad y ayudar a la atomiza--- ción. En Europa, los destilados de alquitrán, particularmen-- te los aceites neutros son usados como combustible para moto-- res de combustión interna, principalmente en los de tipo Die-

sel. Los resultados son regularmente satisfactorios con motores de baja velocidad.

7.- Alcoholes.

Los alcoholes son un producto de la oxidación parcial del petróleo y no se les encuentra en el aceite crudo.

Se ha contemplado el empleo del alcohol como combustible para motores, ya sea puro o como mezcla alcohol-gasolina. La principal razón para proponer el alcohol como combustible, es que se puede obtener de productos agrícolas y también de desperdicios, en tanto que la gasolina es un recurso natural que se está agotando rápidamente. El alcohol tiene la ventaja de las buenas características antidetonantes como lo evidencia su número de octano. Por otra parte, el costo de manufactura de un combustible es alto comparado con el del petróleo.

El alcohol se utiliza como combustible en Cuba, América Central y las Islas Filipinas que carecen de petróleo, pero en cambio disponen de abundantes plantas y materias vegetales de las cuales puede obtenerse alcohol mediante el tratamiento adecuado. El alcohol etílico C_2H_6O , el metílico CH_4O , el butílico $C_4H_{10}O$ y el propílico C_3H_8 , constituyen cuatro tipos de alcohol que pueden utilizarse como combustible. El alcohol tiene buenas propiedades antidetonantes, siendo su número de octano aproximadamente 100.

El alcohol etílico ha sido usado durante muchos --- años como combustible para motor mezclado con gasolina, particularmente en Europa. De 5 a 25% de alcohol es usado en mezclas comerciales. Se aducen en su favor ventajas técnicas debido a su alto número de octano, 99, y su elevado calor latente de vaporización, 204 Kcal/Kg. El poder calorífico superior, 7 115 Kcal/Kg, es relativamente bajo si se compara con el de la gasolina, de manera que el consumo específico de combustible para potencia máxima es mayor. La densidad específica es de 0.794 a 15.5/15.5 °C.

Las mezclas alcohol y gasolina tienden a separarse en presencia del agua. Su estabilidad puede mejorarse con -- una mezcla adecuada de agentes (benceno, tolueno y alcoholes superiores). El comportamiento de las mezclas en el intervalo citado es esencialmente equivalente al de la gasolina sola, excepto que el arranque en frío puede ser más difícil.

C A P I T U L O I I I

ANALISIS DE LA APLICACION DE LA MEZCLA GASOLINA METANOL EN MOTORES

1.- Introducción.

El metanol como aditivo cambia la volatilidad y las propiedades físico-químicas del combustible y por lo tanto el comportamiento de arranque y manejo de los vehículos. Por lo que antes de introducir metanol en los combustibles automotrices, es necesario un completo conocimiento de estas influencias.

Este capítulo tiene dos objetivos específicos:

- a) Medir las emisiones de combustible no quemado -- del motor, economía de combustible, manejabilidad y respuesta al octanaje.
- b) Estimar las potenciales ventajas y desventajas - de alimentar el automóvil común con mezclas gasolina-metanol.

Mezclando metanol con gasolina se minimizan los problemas asociados con el alto calor latente de vaporización, pero también se minimiza cualquier ventaja en potencia, consumo específico de energía y emisiones de NO_x . Problemas adicionales asociados con las mezclas son la presión de vapor de la mezcla y la separación de fases con la presencia inadvertida de agua.

2.- Pruebas en motores con mezclas gasolina-metanol al 10, 20 y 25% de metanol.

Para investigar cómo y por qué los alcoholes afectan la operación del vehículo, se utilizaron dos vehículos con carburador, cada auto fué ajustado a las especificaciones del fabricante antes de cada prueba. Las gasolinas y las mezclas alcohol-gasolina usadas son descritas en la Tabla 1 (las gasolinas P y R son comerciales y sin plomo).

La concentración de alcohol-gasolina es expresada en porcentaje de volumen de la mezcla total, así 10% de metanol indica una mezcla que es obtenida mezclando 90 partes de gasolina con 10 partes de metanol por volumen. Las concentraciones fueron seleccionadas para permitir el uso de la máxima cantidad de alcohol compatible con los requerimientos de manejabilidad. Concentraciones menores del 10% de alcohol no se consideraron por su mínima influencia sobre el combustible de alimentación y la potencial sensibilidad a la separación de fases. Para determinar el efecto del alcohol en las emisio--

TABLA I

PROPIEDADES	GASOLINA	INDOLENO	GASOLINA	GASOLINA	10% METANOL	25% METANOL	10% METANOL	10% METANOL
	P		R	RU 86	EN	EN	EN	EN
					P	P	INDOLENO	R
PRESION DE VAPOR DE REID KPA	71	62	72	53	83	85	82	89
DESTILACION (TEMPERATURA CORRESPONDIENTE A LOS PORCENTAJES DE COMBUSTIBLE EVAPORADO, °C)								
% EVAPORADO								
INICIAL	29	32	29	34	31	34	32	32
10	49	56	48	57	43	45	46	44
20	63	72	63	70	48	51	52	49
30	77	87	76	81	53	56	56	53
40	96	99	92	91	67	59	84	64
50	114	107	102	101	100	61	102	92
60	132	113	115	110	122	63	110	111
70	148	120	123	120	143	122	118	122
80	159	132	138	134	157	151	129	137
90	173	161	156	155	169	168	156	157
95	187	179	171	171	183	182	176	172
100	222	209	199	197	208	205	205	200
PARAFINAS VOL %	62	65	66	73				
OLEFINAS VOL %	3	6	8	10				
AROMATICOS VOL %	35	29	26	17				
RON	96.0	97.6	91.6	86.2	98.8	102.5	100.6	96.0
MON	85.0	87.6	82.9	79.8	86.5	87.3	88.1	85.1
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.757	0.746	0.736	0.731	0.758	0.763	0.750	0.742

nes, economía de combustible, manejabilidad, funcionamiento y requerimientos de octanaje se realizaron pruebas comparativas. Un grupo de pruebas se hizo con la gasolina base y otro con las mezclas alcohol-gasolina.

2.1.- Emisiones de escape.

El escape de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de cada auto se midieron de acuerdo al procedimiento de pruebas federal.

Las emisiones de escape con la gasolina comercial sin plomo fueron 0.93, 15.8 y 1.2 gr/Km. para HC, CO y NO_x , respectivamente. Los efectos al agregar 10% de metanol a la gasolina P se muestran en la figura 1, donde puede observarse que solo las emisiones de CO y NO_x fueron afectadas en forma significativa.

Para explorar más cómo la adición del alcohol a la gasolina afecta las emisiones de escape, se hicieron pruebas en las cuales se varió la estequiometría no solo por la concentración y el tipo de alcohol mezclado con la gasolina, sino también por modificaciones del carburador para obtener coeficientes aire/combustible nominales de 6 y 15% más ricos.

El efecto causado en las emisiones debido a la adición del 10% de metanol en la gasolina P se muestra en la figura 2. Con el carburador rico en 6% nominal, los resultados fueron similares a los mostrados en la figura 1. Con el car-

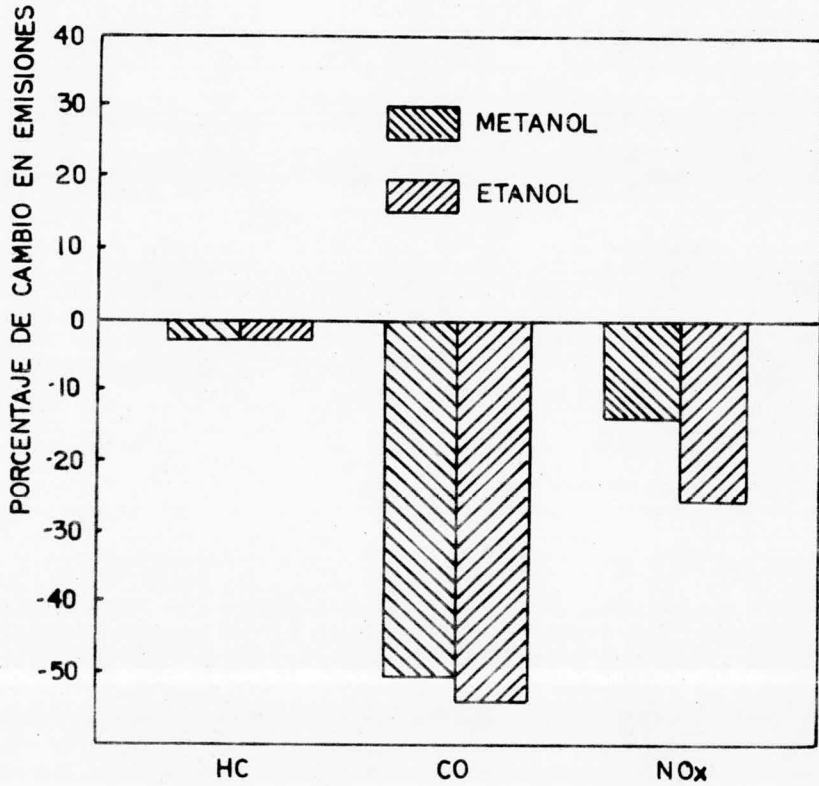


FIG. 1 CAMBIOS EN EMISIONES CAUSADOS POR LA ADICION DE 10% DE ALCOHOL EN LA GASOLINA P

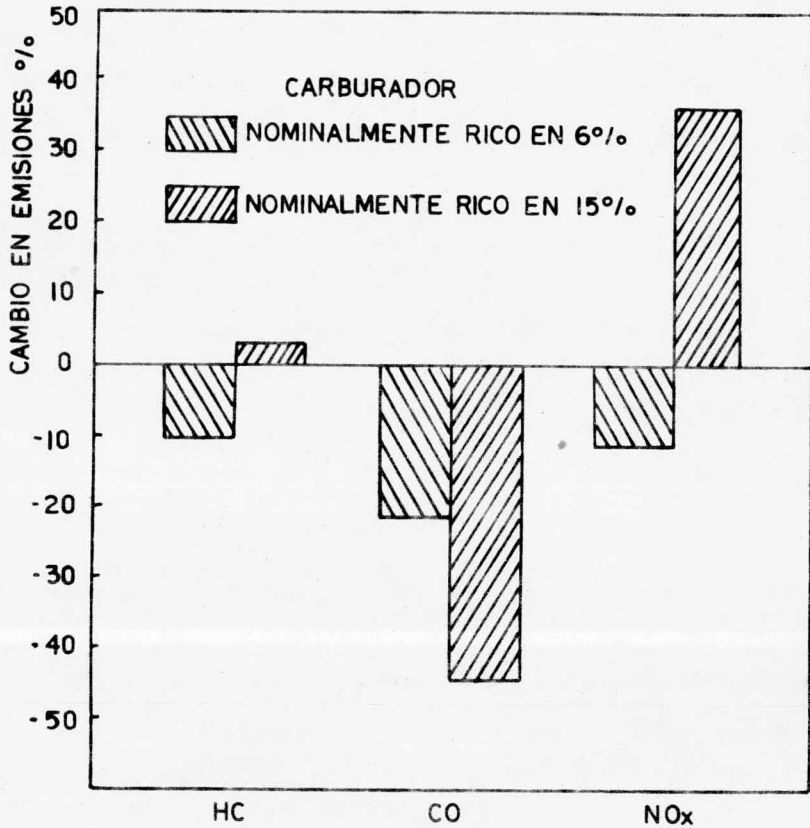


FIG. 2 CAMBIO EN EMISIONES CAUSADO POR LA ADICION DE 10% DE METANOL A LA GASOLINA P

burador rico en 15% nominal, el metanol disminuyó el CO, pero incrementó ligeramente las emisiones de HC y aumentó drásticamente las emisiones de NO_x.

2.2.- Economía de combustible.

Ya que el poder calorífico de los alcoholes es menor que el de la gasolina, se espera que las mezclas alcohol-gasolina den un valor más bajo de economía de combustible que para la gasolina en la base usual de volumen (distancia recorrida por unidad de volumen). Por lo tanto además de la base usual de volumen, la economía de combustible fué expresada en una base de energía. Los resultados de economía de combustible fueron convertidos, de la base de volumen a la de energía, usando el bajo poder calorífico de los combustibles y sus concentraciones relativas en cada mezcla.

La economía de combustible con gasolina y gasolina-alcohol es mostrada en la figura 3. A bajas velocidades, la economía de combustible en una base volumétrica fué casi la misma con gasolina que con mezclas. A velocidades mayores a 48 Km/hr., el 10% de metanol ocasionó una pérdida en el valor de la economía de combustible.

La economía de combustible volumétrica disminuyó -- con el uso de las mezclas de metanol en el ciclo de operación, el cambio del 10 al 20% de metanol ocasionó una mayor reducción de la economía de combustible en el ciclo de manejo. El

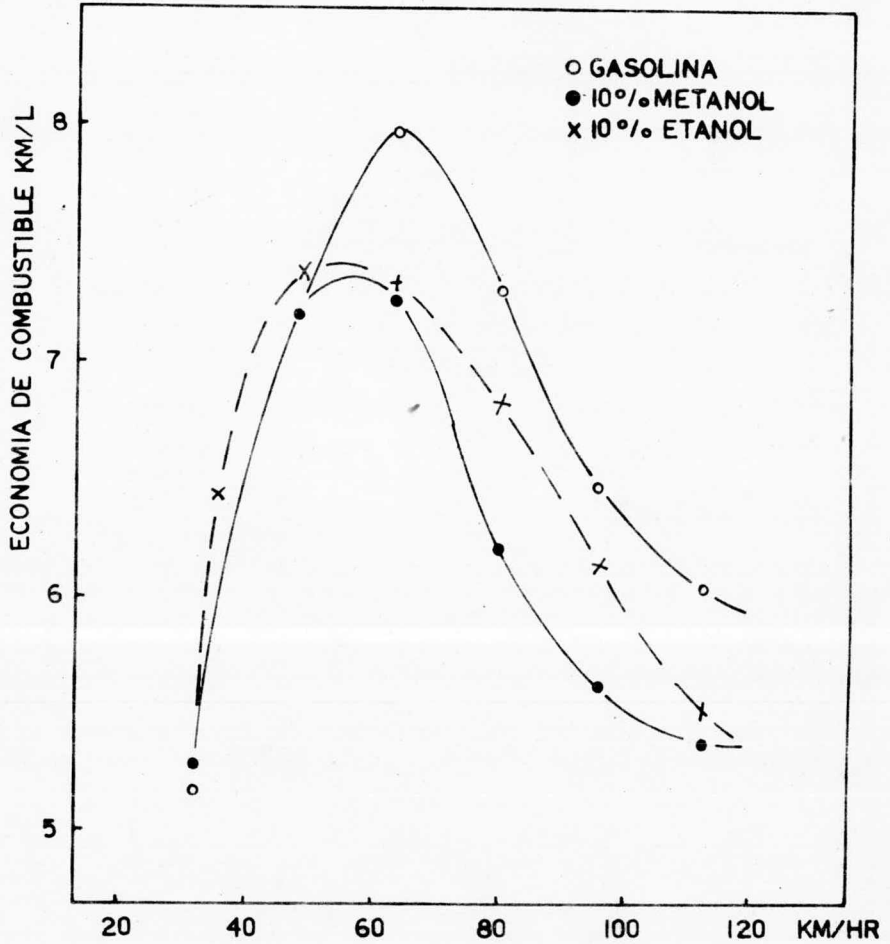


FIG 3 EFECTO DE AÑADIR 10% DE ALCOHOL EN LA ECONOMIA DE COMBUSTIBLE

ciclo de manejo de arranque en caliente, comparado con el arranque en frío mejoró la economía de combustible para la gasolina y la mezcla. La economía decreció con el uso de mezclas de metanol en velocidades constantes.

2.3.- Manejabilidad.

La manejabilidad de los autos se evaluó en pruebas de camino y en el dinamómetro de chasis. El conductor evaluó las operaciones defectuosas en una escala de señales, para obtener valores numéricos de manejabilidad. Ya que no todas las operaciones defectuosas son de la misma importancia, los deméritos se multiplicaron por los factores de corrección -- mostrados en la tabla 2. Los números así obtenidos para cada una de las maniobras de manejabilidad fué sumado para dar el total de deméritos, el cual fué usado como una indicación de la manejabilidad durante la prueba. A medida que la manejabilidad se deteriora el número total de deméritos se incrementa.

El efecto de la temperatura ambiente en la manejabilidad fué evaluado en un dinamómetro de chasis. Como se esperaba, la disminución de la temperatura ambiente deteriora la manejabilidad del vehículo y la manejabilidad con la mezcla - gasolina-metanol fué más pobre que con la gasolina sola, esto se debe al empobrecimiento que produce el metanol. La deterioración de la manejabilidad causada por la edición del 10% de metanol al indoleno fué equivalente a bajar la temperatura

TABLA 2. DEMERITOS Y FACTORES DE CORRECCION

DEMERITOS:

MODERADO = 2

INTENSO = 4

FACTORES DE CORRECCION:

MARCHA ERRATICA = 1

JALONEO = 6

MOTOR SE PARA EN RALENTI = 3

MOTOR SE PARA DURANTE

EL MANEJO = 32

CALCULO:

**TOTAL DE DEMERITOS = Σ (DEMERITOS
X FACTOR DE CORRECCION)**

ambiente de 20 °C a -7 °C. Con la mezcla de 10% de metanol - indoleno, la separación de fases no ocurrió a -34 °C. Con -- 15% de metanol no ocurrieron problemas, pero el total de demé ritos se incrementó de 168 a 307 con la mezcla de 15%. Con - 20% de metanol el motor no arrancó. Dos fases se encontraron en una muestra obtenida de la parte inferior del tanque de -- combustible. Inspecciones similares de las muestras de 10 y 15% de metanol sólo mostraron una fase.

El indoleno en un sistema de combustible libre de - humedad puede tolerar arriba del 15% de metanol. Sin embargo otras gasolinas no son tan tolerantes, especialmente si la -- concentración de hidrocarburos aromáticos es pequeña.

El comportamiento de la manejabilidad medida en el dinamómetro de chasis se resume en la figura 4 como una fun-- ción de la volatilidad del combustible base y del contenido - de alcohol.

Es evidente que la degradación de la manejabilidad, debida al incremento de la concentración de metanol, fué cau-- sada más por el empobrecimiento de la mezcla que por los cam-- bios de volatilidad que se encontraron en los datos de emisio nes.

Las emisiones de hidrocarburos se incrementaron li-- geramente mientras las emisiones de CO y NO_x decrecieron mar-- cadamente cuando se aumentó la concentración de alcohol.

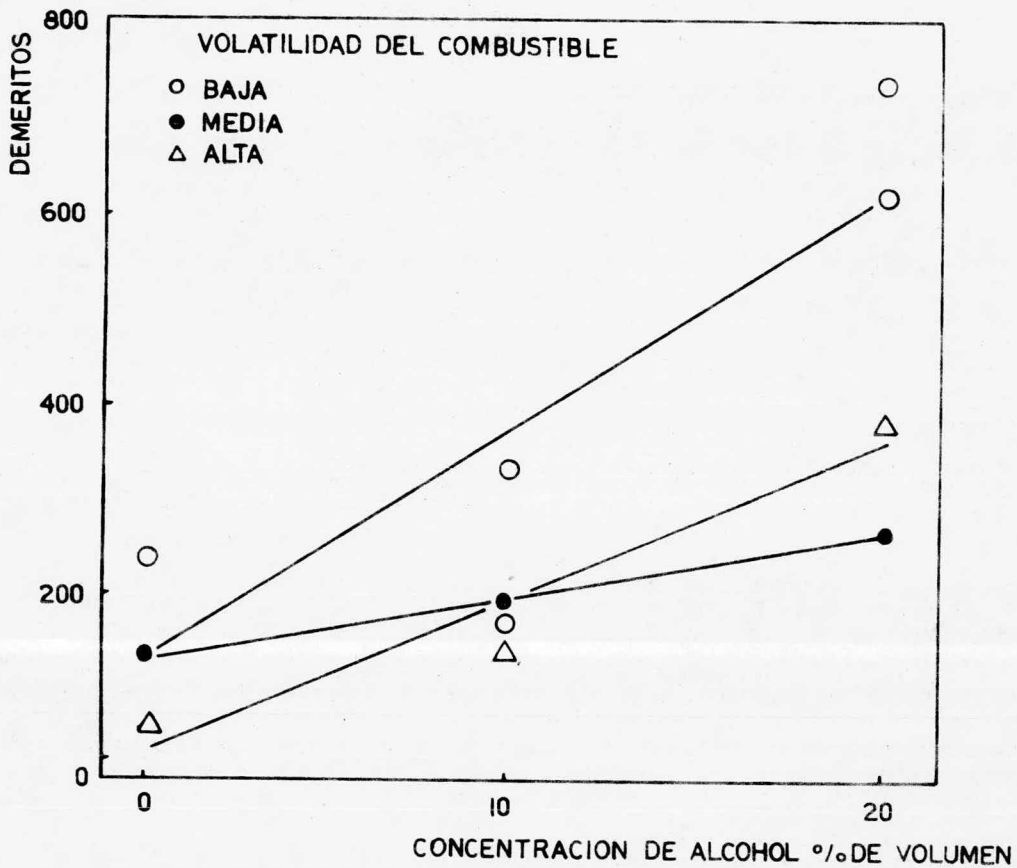


FIG 4 EFECTO DE LA VOLATILIDAD EN LA MANEJABILIDAD DEL VEHICULO.

Las mezclas con 10% de metanol satisfacen los requerimientos de manejabilidad, mientras que las mezclas con 20% no proporcionan una manejabilidad adecuada.

2.4.- Análisis del aceite de motor.

A los aceites se les probó el número de acidez, el número base, residuo de carbón, pentanos insolubles y viscosidades en cada periodo de drenado. Los números ácidos y base no mostraron ninguna diferencia significativa. Los pentanos - insolubles y los residuos de carbón son menores para los autos que usaron gasolina-metanol al 20%. Los aceites de estos autos tuvieron viscosidades más altas que los aceites de los autos con gasolina, no obstante que los residuos de carbón y pentano insoluble mostraron menor contaminación. No hubo diferencia significativa en viscosidad a 99 °C, pero a -18 °C las viscosidades fueron 42.6 poises para la gasolina y 45.5 - poises para la mezcla de alcohol.

2.5.- Depósitos y desgaste en el motor.

Los motores con gasolina-metanol al 20% formaron -- ligeramente menos barniz en todas las superficies, excepto la cubierta de la tapa de balancines y considerablemente menos - depósitos en las válvulas de admisión que en los motores que trabajaron con gasolina.

No fué encontrada ninguna evidencia de desgaste en los lóbulos del árbol de levas, curvaturas de los levanta-válvulas, cilindros, pernos de pistón o espacio de anillos de -- compresión.

3.- Mezclas gasolina-metanol en motores de carga es tratificada.

El comportamiento del motor con carga estratificada, emisiones y economía de combustible no fué substancialmente - alterada en todas las relaciones a/c con 10% de metanol. Esta información fué favorable para la consideración de la mezcla gasolina-metanol ya que la adición de 10% de metanol produce un empobrecimiento del 5% en la mezcla a/c.

Los cambios moderados en la estequiometría del combustible en los motores de carga estratificada no afectan significativamente las emisiones, la economía de combustible y - la manejabilidad de los vehículos.

Para este tipo de motor la dosificación del combustible y estratificación mecánica de la carga son los factores que más influyen en la insensibilidad de la estequiometría -- del combustible.

Este tipo de motor alcanza la estratificación de la carga por medios mecánicos. Una carburación separada y el -- múltiple suministran una carga de combustible rica a la precámara. El rango de relación aire/combustible para la precámara-

ra es de 4:1 a 9:1 para las diferentes condiciones de operación del motor. El sistema de dosificación de combustible principal de la cámara emplea un carburador de 2 gargantas y un sistema de admisión normal. El sistema de dosificación de combustible proporciona una mezcla aire/combustible muy pobre a la cámara principal, para la mayoría de las condiciones de operación, la relación aire/combustible para la cámara principal es mayor a 20:1. Sólo bajo condiciones de aceleración a fondo se enriquece la relación a/c de la cámara principal. Bajo estas circunstancias la relación a/c de la cámara principal se acerca al rango de 14:1. La relación aire/combustible final de la precámara y de la cámara principal es mayor a 18:1, para la mayoría de las condiciones de operación y una relación a/c de 12:1 para aceleraciones a fondo.

La construcción de la precámara, la tobera de corrección y la programación de la abertura de las válvulas de admisión produce una carga que es muy rica cerca de la bujía con una mezcla gradualmente más pobre. Esta estratificación produce una flama que se propaga desde la precámara hasta la cámara principal asegurando una confiable y completa ignición de una mezcla muy pobre en el sistema de cámara principal.

3.1.- Manejabilidad y emisiones.

La adición de pequeñas concentraciones de metanol a los combustibles base no alteraron substancialmente las características de arranque. Sólo se presentó el problema de

arranque cuando la concentración de metanol alcanzó el 30%. En vista de la relación a/c de la precámara, estos resultados habían sido previstos.

El incremento de la concentración de metanol en la gasolina influye en la manejabilidad de camino del vehículo. Para el curso de manejabilidad usado en este estudio y el sistema de promedio usado para asignar deméritos, un vehículo -- con manejabilidad extremadamente pobre promediara de 150 a -- 200 puntos. Un vehículo con buena manejabilidad promediara -- menos de 150 puntos. Esta variación no se considera perjudicial ya que todas las pruebas son hechas en una base comparativa y el objeto de la prueba no es establecer la manejabilidad absoluta del vehículo, sino comparar diferentes combustibles. Pequeñas cantidades de metanol a los combustibles base no producen grandes cambios en la manejabilidad del vehículo, en efecto, las mezclas del 10% de metanol mostraron una leve mejoría de la manejabilidad. Una mezcla del 15% de metanol -- en el combustible base causó un deterioro de la manejabilidad a un nivel difícilmente comparable al del combustible base. Para concentraciones de metanol arriba del 20% la manejabilidad del vehículo se deteriora rápidamente. La mezcla con pequeñas concentraciones de metanol produce cambios en la estequiometría del combustible del 5 al 10%. Un empobrecimiento de -- la mezcla del 5 al 10% en la precámara no alteró las características de ignición de la mezcla rica de la precámara. Esto es cierto incluso a mayores concentraciones de metanol debido

a la mezcla muy rica de la precámara. Sin embargo, la manejabilidad se deteriora a mayores concentraciones debido a la -- excesiva pobreza de la mezcla en la cámara principal. La mezcla pobre en la cámara principal causó que la relación aire/combustible sea excesivamente pobre, originando una pérdida - de potencia y otros síntomas de operación pobre.

El incremento de la proporción del combustible evaporado a bajas temperaturas debido a la adición de metanol -- contaría para la mejor característica de arranque con una mezcla del 10% de metanol. La adición del metanol incrementa -- los problemas de vapor obstruido encontrado durante las condiciones de clima caliente.

Ninguna diferencia substancial se detectó entre la manejabilidad en el vehículo usando gasolina y la mezcla - con 10% de metanol.

Se encontró un incremento de HC que fué previsto por el incremento de problemas de arranque con las mezclas de metanol, particularmente durante el arranque en caliente. Hubo una ligera reducción en las emisiones de NO_x que es atribuido a la pobreza de la mezcla a/c causada por la adición de metanol.

4.- Mezcla gasolina-metanol al 12% en motores de combustión interna.

Con la utilización de las mezclas en vehículos,

TABLA 3

ANALISIS DEL COMBUSTIBLE GASOLINA-METANOL

PESO ESPECIFICO 20/4 °C	0.7514
DESTILACION:TEMP.INIC. DE EBULLICION (°C)	39.6
5% (°C)	48.5
10% "	52.9
20% "	56.7
30% "	59.9
40% "	66.9
50% "	101.7
60% "	122.1
70% "	137.4
80% "	153.7
90% "	177.2
95% "	202.8
TEMP. FINAL DE EBULLICION °C	215.0
VOLUMEN DESTILADO %	98.0
" RESIDUO %	1.8
PERDIDAS %	0.2
PRESION DE VAPOR REID A 37.8 °C lb/pulg ²	7.8
" " " A 50.0 °C "	13.3
" " " A 80.0 °C "	85.8
CONTENIDO DE AZUFRE %	0.10
ANALISIS: VOL %	9.6
AROMATICOS	24.5
SATURADOS	57.8
OLEFINAS	2.7
CONTENIDO DE AGUA ppm	195.0
TOLERANCIA AL AGUA 20 °C ppm	2000
" " 10 °C ppm	1400
" " 0 °C ppm	800
TETRAETILO DE PLOMO ml/galón	0.26
PODER CALORIFICO BRUTO BTU/LB	18662
RON	80.0
MON	74.4
GASOLINA	85
METANOL	12
ISOPROPILICO	3

comúnmente se presentan problemas de volatilidad de combustible, tendencia a obstrucción de vapor y separación de fases en el tanque de combustible. En este inciso se estudiará la influencia del metanol en las emisiones, economía de combustible y manejabilidad del vehículo con mezclas gasolina-metanol con un porcentaje del 12%, que es el porcentaje de metanol -- que contendrá la gasolina que se venderá en México. En la tabla 3 se muestra el análisis típico del combustible gasolina-metanol que substituirá a la gasolina actual.

4.1.- Calidad de octano.

Se sabe que el valor de octano de un componente puede diferir ampliamente de su número de octano cuando éste es medido sólo. Generalmente el número de octano de mezcla de un componente es alto cuando es usado con componentes parafínicos de baja calidad de octano y es bajo cuando es usado con componentes de base olefínica o aromática de alta calidad de octano.

Para estudiar la calidad de octano de la mezcla del metanol, las mezclas cubrieron un amplio rango de calidades de octano, fueron usadas libres de plomo y con una concentración de plomo de 0.13 gr/lt.

Los resultados mostraron un excelente RON de mezcla que varió de 115 a 150 y al mismo tiempo un MON de 88 a 120.

El número de octano de la mezcla del metanol es mayor en gasolina con plomo que en gasolinas sin plomo. Esto puede ser explicado por el bajo grado de octano de los componentes en la gasolina base con plomo para una dada calidad de octano final.

4.2.- Estabilidad del combustible.

El uso de la mezcla gasolina-metanol presenta el problema de la separación de fases. El metanol tiene solo -- una solubilidad limitada en la gasolina a bajas temperaturas. El problema es además aumentado en presencia de muy pequeñas cantidades de agua, la cual está presente debido a la naturaleza higroscópica del metanol y a la presencia casual del --- agua en tanques de almacenamiento y tuberías de distribución. Por lo tanto esta separación puede ocurrir en el tanque de al macenamiento, en el tanque del vehículo y cuba del carbura--- dor. Esto puede resultar en la pérdida de un componente de - alto octanaje de mezcla o dar lugar a una fase rica de meta-- nol. Una pérdida de metanol podría dar lugar a problemas de detonación y un enriquecimiento de metanol daría problemas de manejabilidad. El nivel de tolerancia de agua necesario para una mezcla gasolina-metanol que tiene que ser distribuida su- cesivamente es desconocida, esto depende de la red de distri- bución y de las condiciones climatológicas.

Con el fin de hacer una selección apropiada de - los combustibles base se investigó la miscibilidad metanol-hi

drocarbón y la influencia que pequeñas cantidades de agua --
tienen sobre la miscibilidad. La solubilidad del metanol en
gasolina está determinada por la composición de hidrocarburos
de la mezcla. El incremento en el contenido de aromáticos me
jora la solubilidad a baja temperatura del metanol e incremen
tos en el contenido de parafínicos deteriora la solubilidad.

Alta aromaticidad no es una garantía de alto grado
de solubilidad a baja temperatura.

4.3.- Volatilidad.

El metanol tiene un marcado efecto sobre la volati
lidad de la mezcla gasolina-metanol. La introducción de pe
queñas cantidades de metanol polar en gasolina no polar resul
ta en un gran incremento de la presión de vapor del combusti
ble. Este efecto de presión de vapor hace que, añadiendo tan
solo 2% de metanol, de un incremento de 3 psi en la presión
de vapor de Reid (RVP), sin embargo, el metanol puro es mucho
menos volátil que las gasolinas típicas.

Las características de ebullición de las gasolinas
convencionales cambian considerablemente con el metanol. Más
componentes del combustible se evaporan que en el caso de la
gasolina convencional.

4.4.- Economía de combustible.

Ya que el metanol tiene el efecto de empobrecimien-

to en la carburación, un auto operando con gasolina debe experimentar un decremento en la economía de combustible en una base volumétrica, con la adición de metanol a la gasolina.

La relación equivalente de operación sería probablemente un poco más pobre, un examen de la economía de combustible indica que la adición de metanol, con su resultante incremento en la relación equivalente daría un incremento en la economía de combustible en una base de energía.

Las datos de economía de combustible concuerdan perfectamente con los cambios predichos, sugiriendo que el efecto del metanol en la economía del combustible es debido a su influencia en la relación aire/combustible.

4.5.- Manejabilidad.

Un aspecto crítico del metanol como componente es su bajo punto de ebullición, el cual causa problemas de bloqueo de vapor en el sistema de combustible del auto, creando consecuentemente problemas de manejabilidad a altas temperaturas.

La mayor dificultad encontrada durante las pruebas fueron aceleraciones con bloqueo de vapor, que ocasionó 25% de aumento en los tiempos de aceleración y detenciones durante las aceleraciones. Dificultades en el arranque y marcha caliente ocurrieron solo esporádicamente en la prueba.

La restante dificultad con el vehículo de prueba --
fué el alargamiento. Este es definido como la carencia de --
respuesta anticipada al movimiento de la mariposa, una condi-
ción normalmente causada por la carburación excesivamente po-
bre.

Una medición del alargamiento con mezclas de meta--
nol fué obtenida observando el incremento en tiempo de acele-
ración parcial a presión constante de vacío del múltiple so--
bre los tiempos encontrados con la gasolina.

Como se supuso, el alargamiento fué mucho más pro--
nunciado en el caso de los autos nuevos. Esto se debe a un -
empobrecimiento del carburador, como se observó en la econo--
mía de combustible y pruebas de emisiones con alta volatili--
dad del metanol. Los datos obtenidos indican que algún ajus-
te a la composición sería requerido si las mezclas de metanol
fueran a dar razonables características de funcionamiento del
vehículo. Pero cualquier ajuste que involucre la remoción de
hidrocarburos de los depósitos de gasolina menguaría la utili-
dad del metanol como una extensión de la gasolina, ya que la
remoción de hidrocarburos contrapesaría el incremento de ener-
gía disponible, provista por el metanol. Para empeorar más -
el problema, el bajo contenido de energía del metanol por uni-
dad de volumen significa que la adición del 12% de metanol só-
lo añade alrededor del 6% de energía disponible en una base -
de hidrocarburos equivalente.

4.6.- Pruebas a materiales del sistema de combustible con gasolina-metanol.

La prueba consistió en mantener las partes y materiales sumergidos en gasolina-metanol durante 2 000 Hr. a 43 °C, dentro de recipientes de vidrio con sello de teflón ta pados herméticamente.

A continuación se detallan las anomalías que, a diferencia de la gasolina, fueron producidas por la mezcla gasolina metanol.

Carburador

- a) Juntas. Se notó un incremento en el espesor y la flexibilidad, que no afectan su funcionamiento o durabilidad.
- b) Espreas: principal, de baja y de mezcla y asiento de aguja del flotador. Estas piezas muestran una ligera corrosión superficial que no afecta su funcionamiento o durabilidad.
- c) Bastón de esprea principal. Muestra severa corrosión por picaduras y productos de corrosión adheridos a la superficie, problemas que afectarán el funcionamiento y disminuirán la vida útil.
- d) Inyector. El hule del diafragma pierde por completo la flexibilidad y las placas soporte muestran corrosión muy marcada; problemas que dismi-

nuyen significativamente la vida útil haciéndolo inoperante en corto tiempo.

- e) Válvula de potencia. Se encontró inoperante por aparentes daños en el diafragma.
- f) Cuerpo. Corrosión superficial generalizada que no afecta su funcionamiento pero los productos de la corrosión podrían afectar las funciones de otras partes del carburador o del motor.
- g) Flotador. El peso se incrementa 5.4% lo cual -- aunque no afecta la parte, puede alterar su correcto funcionamiento.
- h) Mangueras de gasolina. Solo existe un incremento de las dimensiones generales del 3% lo que no afecta su funcionamiento.

Bomba de gasolina con filtro integral.

- a) Diafragma. El espesor se incrementa 14.5%, la rigidez aumenta ligeramente y el diámetro disminuye 0.018 pulgadas, todo lo cual supone mayor esfuerzo en la operación, menor eficiencia y menor durabilidad.
- b) Juntas. Superior y dos anillos, muestran incremento de diámetro y espesor que no afecta su funcionamiento o durabilidad.
- c) Elemento filtrante. No muestra deterioro alguno.
- d) Cuerpo. Muestra una muy ligera corrosión super-

ficial que no afecta la parte ni su funcionamiento.

- e) Placa soporte diafragma. Muestra marcada corrosión en toda la superficie, lo cual puede erosionar el diafragma. Los productos de corrosión -- pueden afectar la operación de la bomba y del -- carburador.
- f) Válvula check. El sello se degrada en cuanto a dureza, rigidez y apariencia y el resorte presenta corrosión, todo lo cual puede disminuir sensiblemente su vida útil.

Canister.

- a) Cuerpo. Las dimensiones generales se incrementan un 2.5% y el material se torna un tanto flexible, lo cual no afecta su funcionamiento o durabilidad.
- b) Mangueras. Las dimensiones generales se incrementan un 3% y pierden algo de flexibilidad, lo cual no afecta su funcionamiento o durabilidad.
- c) Material absorbente. No sufre cambios.

Tanque de combustible.

Presenta corrosión generalizada que puede afectarlo a largo plazo. En caso de fallas en el recubrimiento, el deterioro por corrosión localizada, podría perforarlo en menor

tiempo. Los productos de corrosión pueden depositarse en las líneas de conducción tendiendo a bloquearlas.

- a) Flotador. Se mancha ligeramente y se vuelve un poco más flexible, lo cual no afecta su funcionamiento o durabilidad.
- b) Cuerpo. Corrosión generalizada, que no afecta su funcionamiento.
- c) Conector. Corrosión superficial marcada, los productos de corrosión adheridos resultan aislantes eléctricos.
- d) Bobina y sensor. Corrosión generalizada que no los afecta en principio, pero la bobina podría romperse a mediano o largo plazo.

Los problemas, en conjunto, pueden interrumpir la operación, alterarla y en caso extremo inutilizar el sistema completo.

Tubo de conducción.

Muestra corrosión generalizada tanto interna como externamente, la corrosión interna puede afectarlos a largo plazo perforándolos. Los productos de la corrosión interna pueden asimismo llegar a bloquear los tubos o bien disminuir sensiblemente el diámetro interno.

De la prueba podemos generalizar que:

- a) Todos los materiales empleados en juntas y empaques aunque sufren ciertas alteraciones no se ven afectados de tal forma que lleguen a inutilizarse o bien a afectar otras partes del sistema en general.
- b) Las mangueras que incluye el sistema se ven afectadas ligeramente en sus propiedades pero no llegarán a inutilizarse prematuramente, ni afectarán otras partes del sistema en general.
- c) Todos los metales, en menor o mayor grado, sufren corrosión que puede llegar a inutilizarlos a largo plazo, igual sucede con los recubrimientos metálicos (emplomado, zincado, cadminizado, tropicalizado, etc.) y con algunos tratamientos químicos de superficie (cromatizado y fosfatizado). Lo anterior no es un problema crítico pero los productos de corrosión formados podrán afectar a otras partes del sistema en general de diversas formas, por ejemplo: bloqueando conductos, erosionando por abrasión piezas y mecanismos en movimiento, modificando características por depósito o incrustación. Impidiendo el sellado en válvulas de bomba de combustible y carburador, incrustando cilindros y válvulas de motor y tal vez de otras formas imprevisibles.

- d) El único problema crítico a corto plazo es el -- endurecimiento de partes de hule en los carburadores (diafragmas y agujas) los cuales al perder flexibilidad se tornan quebradizos.
- e) En los recipientes de prueba en los que hubo piezas metálicas corroidas, se encontró en general gran cantidad de sedimento formado por productos de la corrosión.

5.- Sistema dual.

Los dos problemas potenciales más serios de la mezcla de metanol son el bloqueo de vapor debido a que la magnitud de la presión de vapor se incrementa con la adición de metanol a la gasolina y la separación de fases, debido a la --- pronta solubilidad del metanol en la presencia inadvertida de agua en los sistemas de manejo de combustible. Todos estos - problemas pueden ser resueltos, mientras se realizan los beneficios de octanaje y potencia si el metanol es suministrado - al motor a través de un sistema separado de metanol. El alto valor de octano formado en la mezcla en el sistema de admi---sión puede ser usado para mejorar la economía de combustible, incrementando la relación de compresión. Esto provee de alta potencia al motor, el cual puede ser utilizado para mejorar - la economía de combustible por medio de la reducción del tamaño del motor para obtener igual funcionamiento del vehículo.

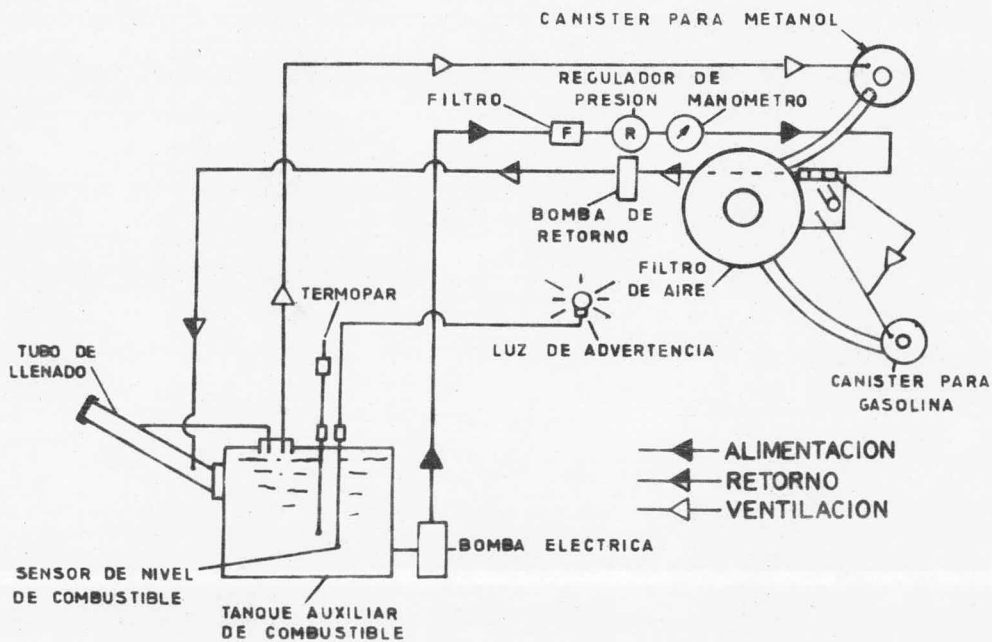


FIG. 5 VEHICULO DE COMBUSTIBLE DUAL:
ESQUEMA DEL SISTEMA DEL COMBUSTIBLE
METANOL.

El sistema de suministro de metanol se muestra en la figura 5. Este fué completamente separado del sistema de gasolina. Un tanque de 30 litros se colocó en el conducto y una bomba eléctrica y un filtro regulador de presión se usó para suministrar metanol a un pequeño depósito sujeto a la cuba del carburador. Una línea de sobre flujo de retorno permitió la circulación continua del metanol, el cual fué necesario para prevenir el bloqueo de vapor.

El carburador fué modificado para suministrar metanol a través del sistema de potencia. Los restrictores de la válvula de potencia se cambiaron para proveer la misma relación equivalente que con el enriquecimiento de la gasolina. Esto dió una mezcla de 25% de metanol en el múltiple de admisión cuando el enriquecimiento de potencia era requerido.

Emisiones, economía de combustible y requerimientos de octanaje fueron medidos al principio del programa de prueba y periódicamente a través de la acumulación de kilómetros.

El único cambio significativo en las emisiones es el gran incremento debido a la alta relación de compresión. Es aparente que el concepto de combustible dual no es apropiado si la relación de compresión del motor es limitada por las emisiones de HC más que por el número de octano. Las características de emisiones de la mezcla gasolina-metanol son poco importantes ya que muy poco enriquecimiento de potencia es necesario en el ciclo de manejo de emisiones. El consumo de

metanol fué pequeño durante la acumulación de kilómetros, el cual consistió primordialmente de velocidad de crucero a 18 - Km/hr. y marcha en ralentí.

El volumen de metanol usado fué 2.9% de la gasolina usada. Esta fracción puede ser mayor para el manejo urbano - donde aceleraciones moderadas y a fondo son más frecuentes.

La economía de combustible de los vehículos de combustible dual fué mejorada significativamente por la relación de compresión y por el menor tamaño del motor.

Además del mejoramiento de la economía de combustible de base energética, los vehículos de combustible dual también tuvieron mejor funcionamiento en los tiempos de aceleración.

C A P I T U L O I V
ANALISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS EN MOTORES QUE
UTILIZAN METANOL

1.- Introducción:

Si los alcoholes sustituyeran las reservas de gasolina, se tendrían que utilizar en todos los vehículos que se encuentran en circulación. El metanol con su baja relación estequiométrica aire/combustible y alto calor de vaporización, - no puede ser usado en motores diseñados para trabajar con gasolina sin llevar a cabo modificaciones.

El metanol, con respecto a la gasolina, presenta las siguientes ventajas: incremento de potencia, reducido consumo de energía específica, reducidas emisiones de NO_x e incrementos en la calidad del número de octano del combustible.

Sin embargo, el uso del metanol presenta dos problemas importantes: no es posible el arranque en frío a temperaturas inferiores a 5°C y la corrosión de los materiales del sistema

tema de combustible.

En este capítulo se estiman las ventajas y desventajas de utilizar metanol puro, en base a las emisiones de combustible no quemado, economía de combustible, manejabilidad y respuesta al octanaje de motores alimentados con metanol.

2.- Pruebas en motores con metanol puro:

Debido a que el metanol no contiene enlaces de carbono-carbono, no puede formar ninguna partícula de carbono oxidable o precursora de hollín. El metanol puro produce una flama azulada libre de hollín de baja luminosidad, la cual es casi invisible a la luz del día, consecuentemente la transferencia de calor por radiación es menor que la de las flamas de los derivados del petróleo.

La estequiometría de la relación aire/combustible (en volumen) es 6.45 para metanol y 15.1 para la gasolina. Lo cual significa que, con la misma eficiencia un vehículo diseñado para trabajar únicamente con metanol, necesitaría aproximadamente el doble del combustible usado por un motor de gasolina.

Los motores necesitarían ser diseñados con adecuada lubricación y enfriamiento para ser compatibles con la baja lubricidad y la ausencia de aditivos de plomo del metanol.

El grado del metanol es relativamente puro, con 0.05%

o menos agua, aunque los sistemas convencionales de distribución pueden añadir humedad al metanol, pero con un recubrimiento adecuado del tanque de gasolina, la separación de fases no sería un problema significativo, aunque ocasionalmente la temperatura induce la separación de fases.

Problemas de vapor entrampado se presentarían en autos diseñados para trabajar con metanol, aunque el problema sería más crítico con mezclas gasolina-metanol que con metanol puro, debido a su baja presión de vapor.

Los problemas de corrosión pueden elevarse en componentes automotrices no diseñados para soportar al metanol, en partes de zinc, aluminio, estañadas y plásticas que estén sujetas a corrosión o dilatación.

El metanol exhibe un amplio rango de efectos tóxicos, y es lentamente eliminado del cuerpo, la ingestión produce una rápida respuesta y la inhalación puede ser peligrosa.

A pesar de los problemas mencionados, el metanol es uno de los combustibles sintéticos más promisorios, proveyendo altas eficiencias con baja contaminación para una amplia variedad de aplicaciones.

2.1.- Pruebas en motores de un cilindro.

Para determinar el efecto de la relación de compresión en las emisiones de NO_x con metanol, y determinar -

la relación entre eficiencia del motor y control de los gases de emisión, un motor de un sólo cilindro fue operado a varias relaciones de compresión, relaciones equivalentes* (ϕ) y tiempos de chispa de ignición.

El tiempo de ignición y la relación equivalente fueron variados, porque son poderosas herramientas para el control de las emisiones de escape. Los efectos observados en potencia y eficiencia, emisiones de NO_x y emisiones de combustible no quemado son discutidos en este inciso, las emisiones de CO, no fueron afectadas significativamente por ninguna relación de compresión o tiempo de chispa de ignición.

2.1.1.- Efectos del calor de vaporización.

El alto calor latente de vaporización del metanol causó un significativo enfriamiento de los gases de admisión a los cilindros. Como se muestra en la tabla 1, sustituyendo metanol por gasolina, en un motor carburado de un cilindro, disminuye la temperatura de entrada de la mezcla alrededor de 30°C . El aire que entra al carburador a 38°C es enfriado a 28°C en el puerto de admisión con gasolina y a -2°C con metanol.

* Relación equivalente ϕ = estequiometría de la relación aire combustible teórica/relación aire combustible.

TEMPERATURA DE LA MEZCLA DE ENTRADA °C DE
UN MOTOR DE UN CILINDRO CON UNA TEMPERATURA
DEL AIRE DE ENTRADA DE 38°C

RELACION EQUIVALENTE AIRE COMBUSTIBLE	METANOL	GASOLINA
1.2	-2	26
1.0	-2	28
0.8	-2	32

Con metanol el 80% de combustible no vaporizado actúa como un repesor del calor en el cilindro, debido al calor necesario para su vaporización. Los efectos combinados del enfriamiento de la admisión y del cilindro contribuyen a incrementar la potencia del motor, a reducir la tendencia a la detonación y emisiones de NO_x . El enfriamiento de los gases dentro del cilindro puede tener también un efecto negativo por retardar el proceso de combustión e incrementar las emisiones de combustible no quemado. Con motores carburados multicilíndricos, la reducción de la temperatura del múltiple y los niveles de vaporización de combustible son casi iguales que para los motores de un cilindro, así la distribución de la mezcla, calidad y características de manejabilidad son adversamente afectadas.

2.1.2.- Metanol prevaporizado.

La utilización del metanol como combustible puro requerirá medidas para mejorar la distribución de la mezcla. Las medidas usualmente consideradas son: el incremento del calor del múltiple y el uso del sistema de inyección de combustible. Cuando se incrementa el calor del múltiple de admisión, algunos de los beneficios anteriormente mencionados se ven afectados. Estudios con un motor carburado de un sólo cilindro mostró que la ventaja de las emisiones de NO_x sobre la gasolina, disminuye considerablemente cuando el metanol es introducido en estado de vapor. Como se muestra en la figura 1, las emisiones con vapor de metanol son mucho mayores que con metanol líquido, y de hecho es casi igual que con la gasolina. Las emisiones de HC con vapor de metanol son reducidas tanto con metanol líquido como en relaciones de mezclas de combustible ricas. Sin embargo las concentraciones resultantes de HC con vapor de metanol son iguales o mayores que las emisiones de HC con gasolina en relaciones pobres. Otros efectos favorables encontrados para la operación del metanol vaporizado con respecto al metanol líquido, son una ligera extensión del límite pobre y un incremento en el rango de combustión; las emisiones de CO no se ven afectadas, sin embargo, la potencia del motor se incrementa ligeramente conservando constantes el flujo de aire, el flujo de combustible y el tiempo de chispa y esto mejora el consumo de combustible.

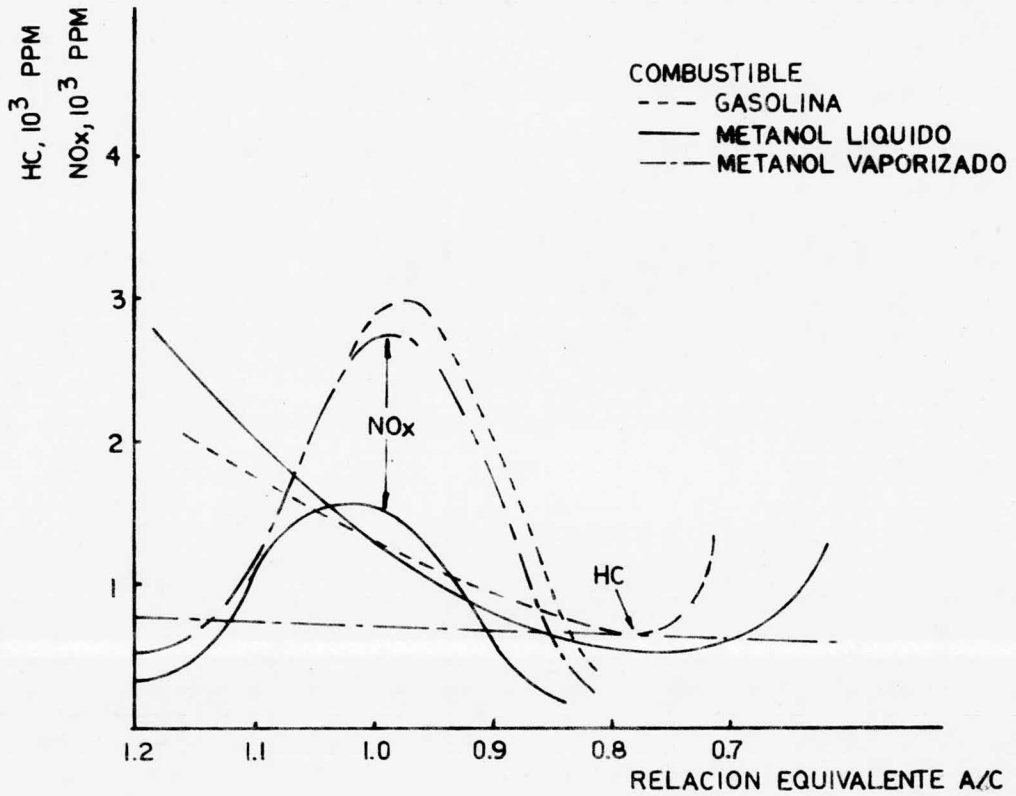


FIG 1 EFECTO DEL COMBUSTIBLE EN LAS EMISIONES DE NO_x Y HC DE UN MOTOR DE UN CILINDRO

En el caso límite de vaporización total del metanol, una distribución uniforme de la mezcla debe ser obtenida y esto se reflejaría en la manejabilidad y en la operación límite de pobreza. El efecto direccional sobre las emisiones sería -- aproximada a las indicadas en el motor de un cilindro. Las -- temperaturas de los gases de escape del metanol son generalmente menores que con gasolina, lo cual representaría un problema para el mantenimiento de la temperatura a un nivel suficientemente alto para asegurar la vaporización del metanol, en caso de utilizarse el calor latente de los gases de escape.

El nivel requerido de vaporización de combustible para una manejabilidad satisfactoria en los vehículos se supone que es menor del 100%, aunque los efectos deberán ser menores a los indicados anteriormente. El calor adicionado al múltiple mejoraría la manejabilidad aunque se tendría un posible aumento de las emisiones de NO_x , si el límite de pobreza no es -- explotado para reducir las emisiones de NO_x , también el comportamiento de arranque en frío continuaría siendo un problema -- con los motores que utilizan carburador.

2.1.3.- Potencia y eficiencia.

Durante este estudio, la velocidad del motor y el flujo de aire fueron constantes, mientras que las variables fueron la relación de compresión, la relación equivalente \emptyset y el tiempo de chispa de ignición.

Como se esperaba, la potencia y la eficiencia aumentan cuando la relación de compresión aumenta y se mantiene constante la relación aire/combustible. La potencia aumenta con una mezcla aire/combustible rica y disminuye con una mezcla pobre, mientras que la eficiencia aumenta con mezclas pobres y disminuye con mezclas ricas, también es importante hacer notar que cuando se empobrece la mezcla aire/metanol, la disminución de potencia es mayor que el aumento de eficiencia y con un retraso del tiempo de la chispa de ignición, la potencia y la eficiencia disminuyen.

2.1.4.- Relación entre emisiones de NO_x y eficiencia.

Aumentando la relación de compresión, se aumentan las emisiones de NO_x , las cuales se pueden reducir retardando el tiempo de chispa de ignición, sin embargo la eficiencia disminuye cuando el tiempo de chispa de ignición es retardado del de máxima potencia, como se muestra en la figura 2, en la que se han graficado las emisiones de NO_x contra eficiencia, a $\phi = 0.9$. Asimismo puede observarse que si se aumenta la relación de compresión de 8:1 a 18:1, manteniendo constante el tiempo de chispa para máxima potencia, aumentan tanto las emisiones de NO_x como la eficiencia.

Consideremos ahora el incremento de la relación de compresión, mientras retardamos el tiempo de ignición para mantener las emisiones de NO_x , a los niveles observados cuando se

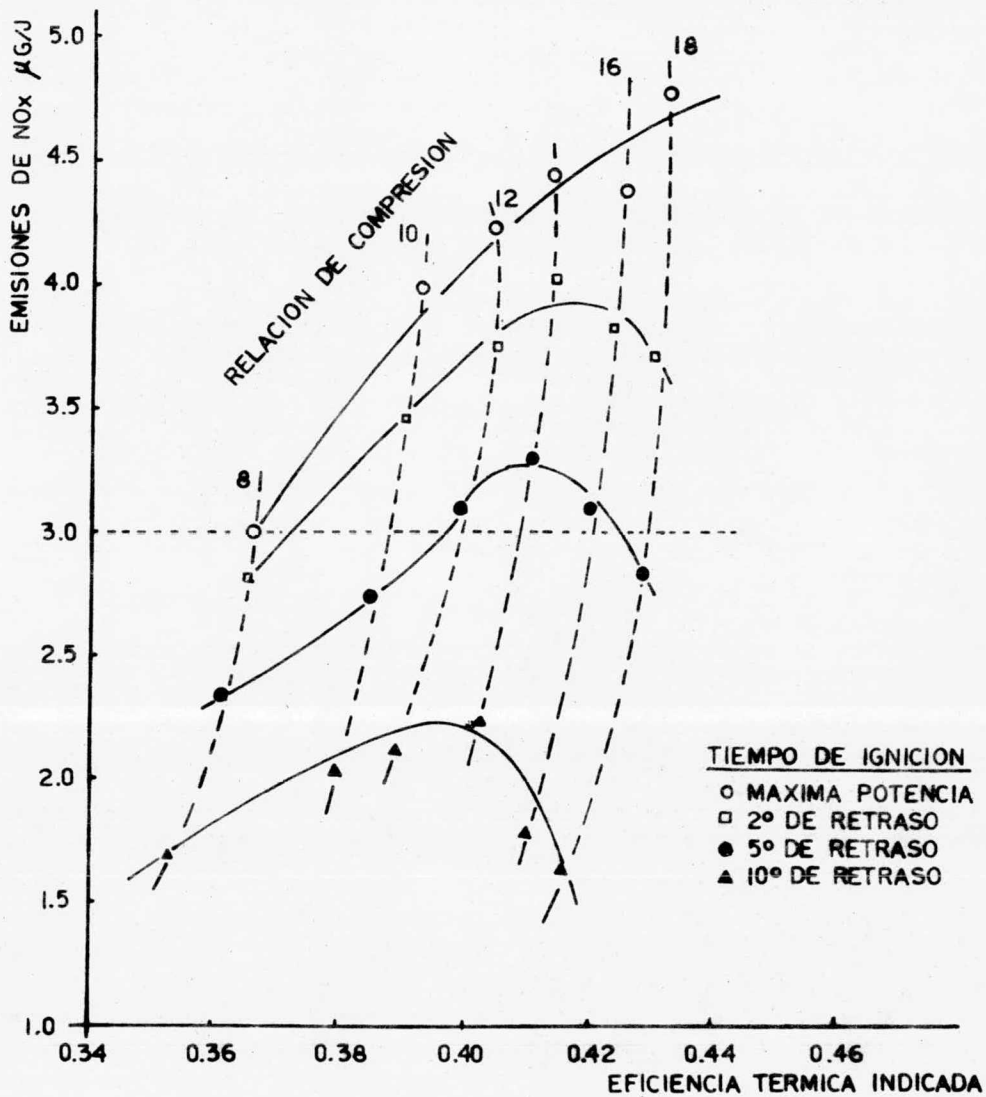


FIG 2 RELACION ENTRE EMISIONES DE NO_x Y EFICIENCIA TERMICA

usa una relación de compresión de 8:1 con tiempo de ignición para máxima potencia (3 microgramos/Joule), que está indicada por la línea punteada en la figura 2. Por ajuste simultáneo de la relación de compresión y el tiempo de ignición, la eficiencia puede ser aumentada sin aumentar las emisiones de NO_x . Si las emisiones de NO_x son controladas mientras se aumenta la relación de compresión, la eficiencia alcanzada es menor que la obtenida para tiempo de chispa para máxima potencia. La diferencia, sin embargo, es pequeña si se compara con la eficiencia final obtenida con el aumento de la relación de compresión. Por ejemplo: la eficiencia fue 18% mayor a una relación de compresión de 18:1 en lugar de 8:1 usando tiempo de chispa para máxima potencia y alrededor de 16% mayor usando el tiempo de ignición para NO_x constante. De acuerdo a la figura 2, si el incremento de la relación de compresión es acompañado de un retraso adicional del tiempo de chispa de ignición, las emisiones de NO_x pueden ser reducidas.

La eficiencia y las emisiones de NO_x para diferentes relaciones estequiométricas equivalentes son similares que para $\phi = 0.9$, la eficiencia aumenta con el aumento de la relación de compresión incluso si las emisiones de NO_x son controladas con el retraso de la chispa de ignición. Las emisiones de NO_x podrían alternativamente, ser controladas por recirculación de gases de emisión, de forma que las emisiones de NO_x no sean un factor limitante en el incremento de la relación de compresión del motor de metanol.

2.1.5.- Emisiones de combustible no quemado.

Las emisiones de combustible no quemado, incluyen metanol no quemado y cualquier hidrocarburo formado durante la combustión. Las concentraciones de escape medidas para cada contaminante fueron convertidas a emisiones de masa -- por unidad de energía de salida del motor. Las emisiones de aldehidos* aunque significantes con metanol, no fueron medidas.

Las emisiones de combustible no quemado aumentan con el aumento de la relación de compresión. La causa del incremento observado en las emisiones de combustible no quemado es el decremento de la oxidación en el múltiple de escape a altas relaciones de compresión. Debido a que la eficiencia mejora - cuando la relación de compresión aumenta, la temperatura de escape disminuye y una cantidad menor de emisiones de combusti--ble no quemado son oxidadas en el múltiple de escape.

El retraso del tiempo de chispa de ignición reduce - o no afecta las emisiones de combustible no quemado, dependiendo de ϕ y de la relación de compresión.

* Aldehidos. Son en su mayoría líquidos incoloros, solubles al agua, de olor picante y de fórmula general R-CHO.

Consideremos una relación de compresión de 18:1 con varios tiempos de chispa de ignición. El tiempo de ignición es retardado del tiempo para máxima potencia, lo que ocasiona que la temperatura de escape aumente y las emisiones de combustible no quemado disminuyan. Aunque las relaciones entre temperatura de escape y emisiones de combustible no quemado son iguales que para el retraso del tiempo de ignición, la relación cuantitativa es diferente. Esto indica que hay factores adicionales a la temperatura de escape que están involucrados en las emisiones de combustible no quemado, además del tiempo de chispa de ignición y de la relación de compresión.

Cambios en el tiempo de la chispa de ignición también afectan la cantidad de emisiones de combustible no quemado, debido a que la temperatura del combustible y la presión disminuyen cuando el tiempo de ignición es retardado.

2.1.6.- Relación entre emisiones de combustible no quemado y eficiencia.

La eficiencia y las emisiones de combustible no quemado aumentan cuando la relación de compresión aumenta, con tiempo de ignición para máxima potencia. Sin embargo, a diferencia del caso de NO_x , el retraso de la chispa reduce sólo marginalmente las emisiones de combustible no quemado.

La pérdida de eficiencia compensa la eficiencia ganada con el incremento de la relación de compresión, debido al

retraso del tiempo de chispa de ignición para controlar las --
emisiones de combustible no quemado.

La eficiencia no puede ser mejorada si la relación -
de compresión se incrementa, mientras la chispa de ignición se
retrasa para mantener constantes las emisiones de combustible
no quemado. Sin embargo, las emisiones de metanol no quemado
son menos reactivas fotoquímicamente que las emisiones de gaso
lina no quemada.

2.1.7.- Relación entre emisiones de NO_x , emisiones - combustible no quemado y eficiencia:

En la figura 3 se grafican las emisiones de
 NO_x y combustible no quemado a varios niveles de eficiencia. -
En la misma figura se puede observar que cuando la eficiencia
aumenta, las emisiones de escape también aumentan. Y que a --
cualquier nivel dado de eficiencia, existe una relación inver-
sa entre combustible no quemado y emisiones de NO_x . Si el mo-
tor es calibrado para bajas emisiones de NO_x , altas emisiones
de combustible no quemado son observadas. Igualmente, cuando
las emisiones de combustible no quemado son bajas, las emisio-
nes de NO_x son altas.

Estas relaciones son similares a las encontradas pa-
ra gasolina, la máxima eficiencia depende de los niveles a los
cuales las emisiones de escape son controlados.

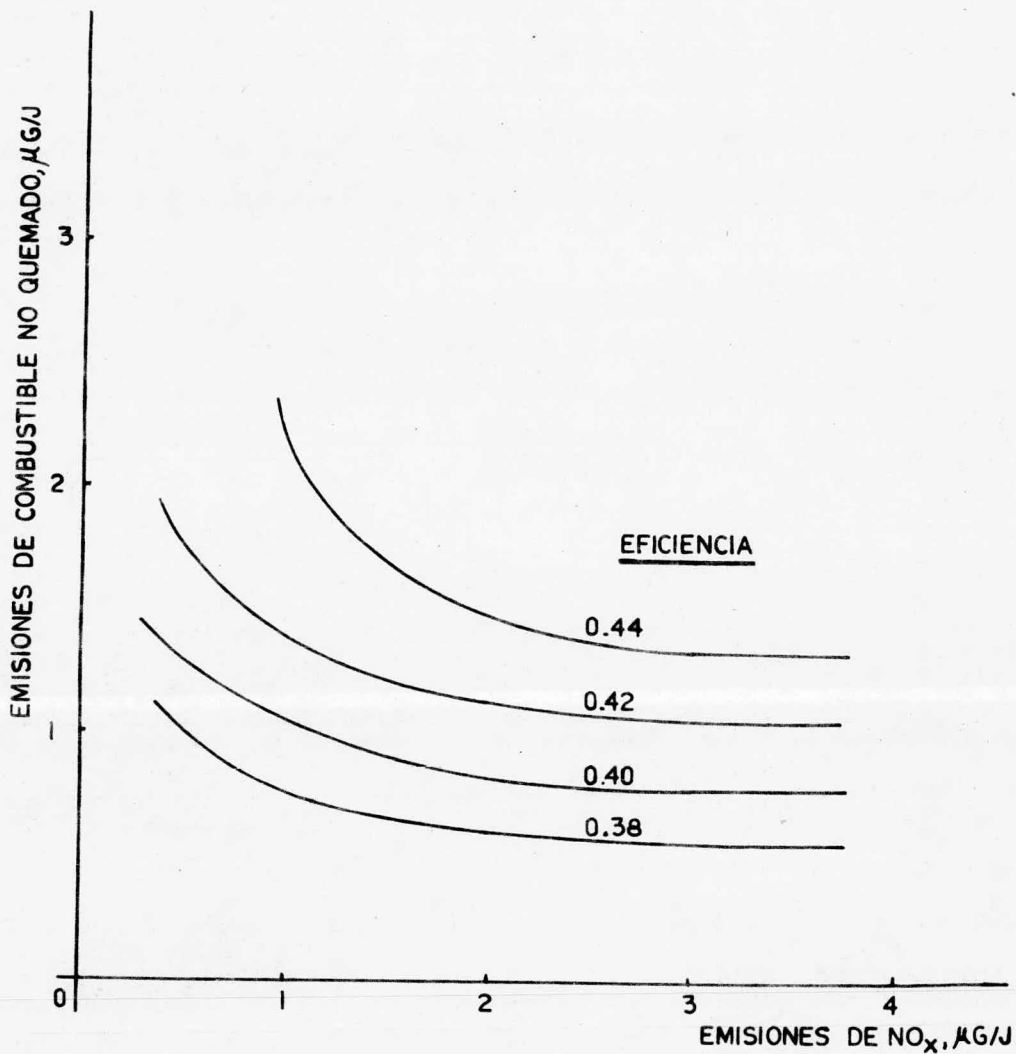


FIG.3.- EMISIONES DE COMBUSTIBLE NO QUEMADO Y NO_x, A VARIOS NIVELES DE EFICIENCIA

2.1.8.- Emisiones de CO.

Cuando la relación de compresión aumenta, menos CO es oxidado y las emisiones de CO aumentan.

Las emisiones de CO disminuyen cuando \emptyset disminuye de 1.1 a 0.9 pero permanece esencialmente constante cuando \emptyset disminuye de 0.9 a 0.7. En resumen podemos decir que el retraso del tiempo de ignición tiene, en general, poco efecto en las - emisiones de CO, mientras que el aumento de la relación de compresión las aumentan.

2.2.- Pruebas en motores de varios cilindros con - sistema de carburación.

Estas pruebas tienen principalmente el objetivo de evaluar la influencia de una alta relación de compresión en la combustión del metanol en forma cuantitativa. Consecuentemente el estudio fué llevado a cabo en motores del mismo tipo teniendo relaciones de compresión de 8:1, 9.6:1 y 13:1.

En esta prueba la influencia de:

- mezcla aire/combustible,
- tiempo de chispa de ignición,
- temperatura de la mezcla y
- relación de compresión,

fueron investigadas a condiciones de carga parcial y carga total. Los resultados significativos son descritos a continua--ción.

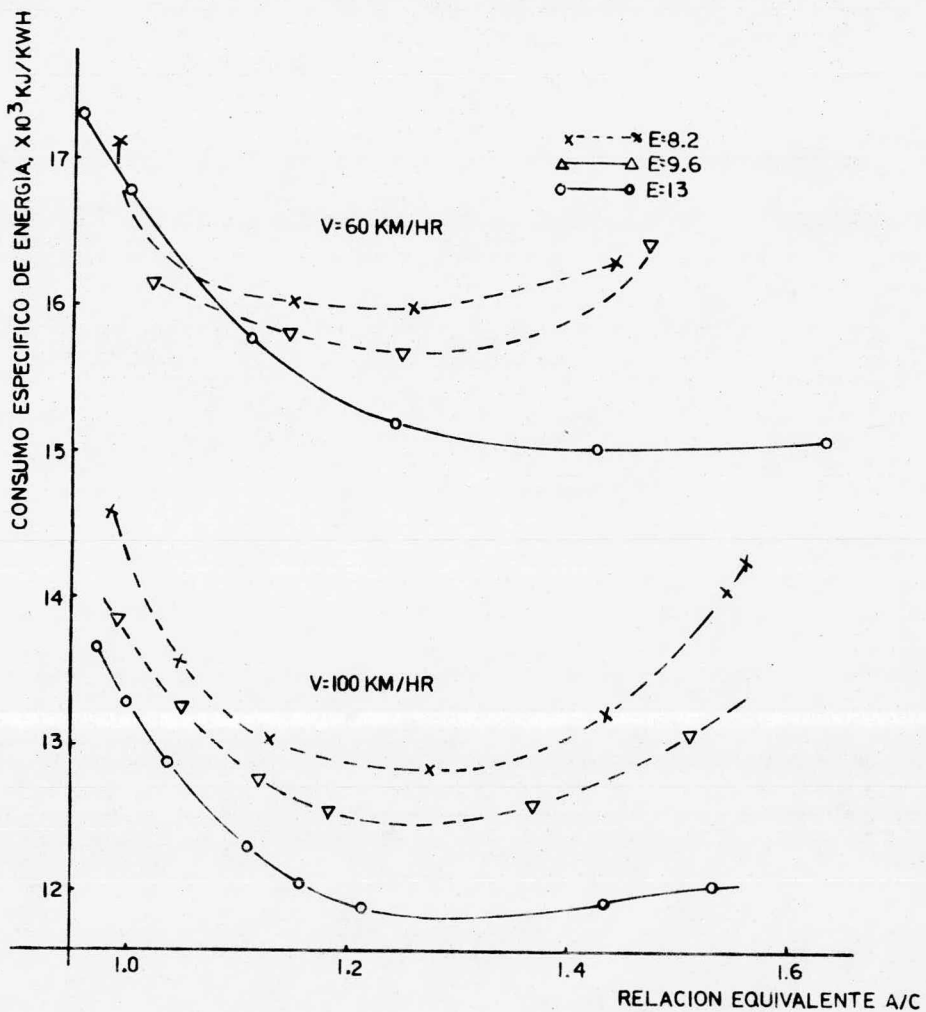


FIG 4 CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA CONTRA RELACION EQUIVALENTE A/C, A DIFERENTES RELACIONES DE COMPRESION.

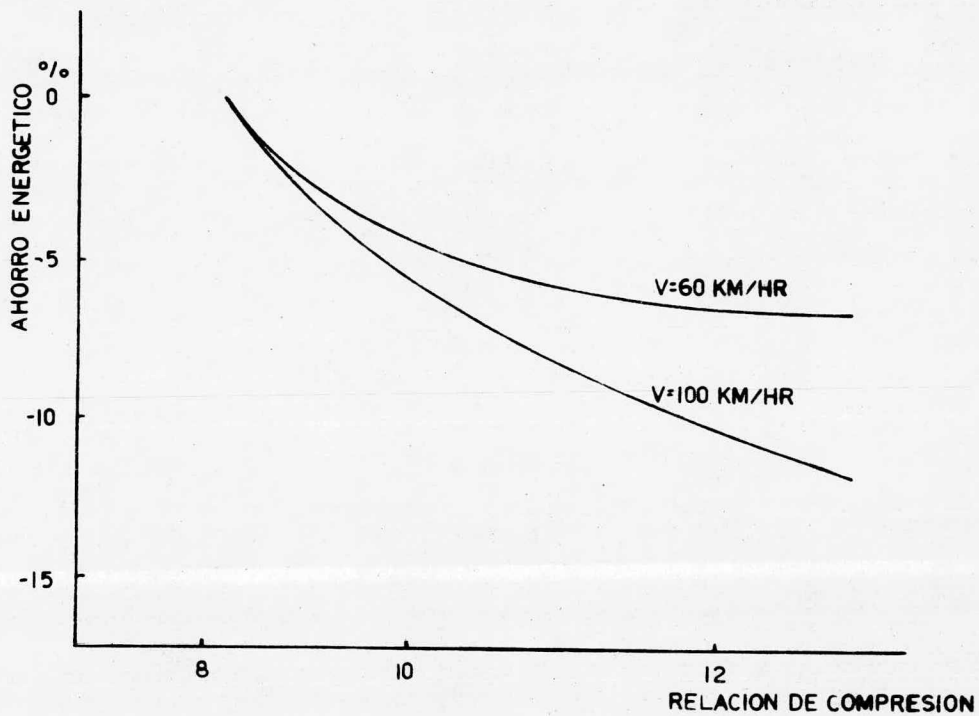


FIG. 5 AHORRO ENERGETICO CONTRA RELACION DE COMPRESION.

A carga parcial el consumo de combustible es uno de los factores más importantes.

La figura 4 muestra el consumo específico de energía como una función de la relación aire/combustible para dos puntos de carga parcial, 60 Km/hr y 100 Km/hr. En cada caso se escogió el tiempo de chispa de ignición para el mínimo consumo de combustible. También muestra significativos ahorros en el consumo de combustible a altas relaciones de compresión y con relaciones pobres de aire/combustible. Asimismo indica que el mínimo consumo de combustible está desplazado hacia el lado pobre, con respecto al incremento de la relación de compresión.

Los posibles ahorros en consumo de combustible para los puntos de carga parcial previamente mencionados, como función de la relación de compresión son presentados en la figura 5. Comparando los más favorables consumos de combustible de un motor con una relación de compresión normal de 8.2 a 60Km/hr, el consumo de combustible puede ser reducido arriba del 5%, incrementando la relación de compresión a 13, mientras que a -- 100 Km/hr se pueden obtener ahorros de más del 11%. Sin embargo, en este caso se tiene que considerar la influencia de una inadecuada distribución de la mezcla aire-combustible.

En el rango de aceleración total, el incremento en la relación de compresión ofrece ahorros de consumo de combustible y un considerable aumento en la potencia de salida.

A esta carga, el ahorro de energía debido al uso de metanol en lugar de gasolina puede ser duplicado incrementando la relación de compresión de 8.2:1 a 13:1, pero más definitivo es el incremento en la potencia de salida resultado de la mayor relación de compresión.

2.2.1.- Emisiones.

Las emisiones de CO en el rango de interés de aire/combustible y tiempo de ignición no mostraron diferencias significativas con un motor cuyo combustible es gasolina, además, ninguna influencia fue observada por el cambio de la razón de compresión. Un decremento en las emisiones de CO, sin embargo es esperado debido a la extensión del límite de pobreza para metanol.

Las emisiones de HC podrían entenderse como componentes de combustible no quemado y una comparación con motores de gasolina con respecto a la emisión de HC es difícil, ya que pertenecen a diferentes grupos. Una considerable parte de los derivados del metanol son solubles al agua.

Las emisiones de aldehidos, principalmente consisten de formaldehidos (gas incoloro de olor irritable que ataca las mucosas, soluble al agua y fórmula H-CHO), muestran mayores valores que los motores de gasolina, sin embargo, muchos métodos de reducción pueden ser aplicados.

Las emisiones específicas de NO_x mostraron la usual dependencia de la relación aire/combustible, a tiempo de ignición constante.

En comparación con el motor de gasolina, el motor de metanol tiene definitivamente menores emisiones de NO_x para la misma relación de compresión, mientras que para altas relaciones de compresión el motor de metanol mostró valores similares a los del motor de gasolina.

2.2.2.- Consumo de combustible y potencia de salida.

La figura 6 muestra el consumo volumétrico de combustible para relaciones de compresión normal y alta, -- con el consumo volumétrico de un motor de gasolina para comparación. De acuerdo con el menor poder calorífico del metanol el consumo volumétrico es mayor. Sin embargo, hay una ganancia debido al mayor grado de eficiencia de la combustión del metanol.

Existe una mejoría del consumo específico de energía para motores de metanol en comparación con los motores de gasolina. Se considera que un ahorro del 8% es alcanzado con una relación de compresión normal y ahorros del 15% podrían ser obtenidos con alta relación de compresión.

Un aumento en la relación de compresión conduce a un considerable aumento en la potencia de salida, en adición a un definitivo decremento del consumo de energía.

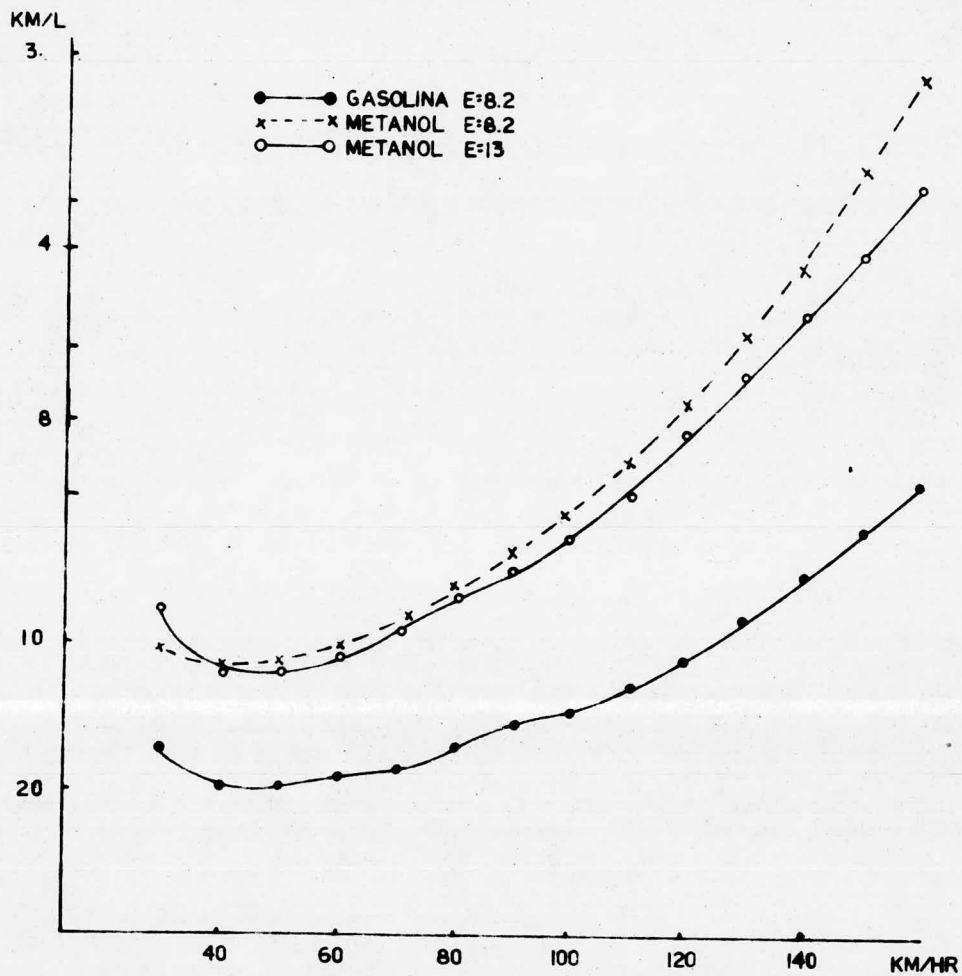


FIG. 6 CONSUMO VOLUMETRICO A DIFERENTES VELOCIDADES.

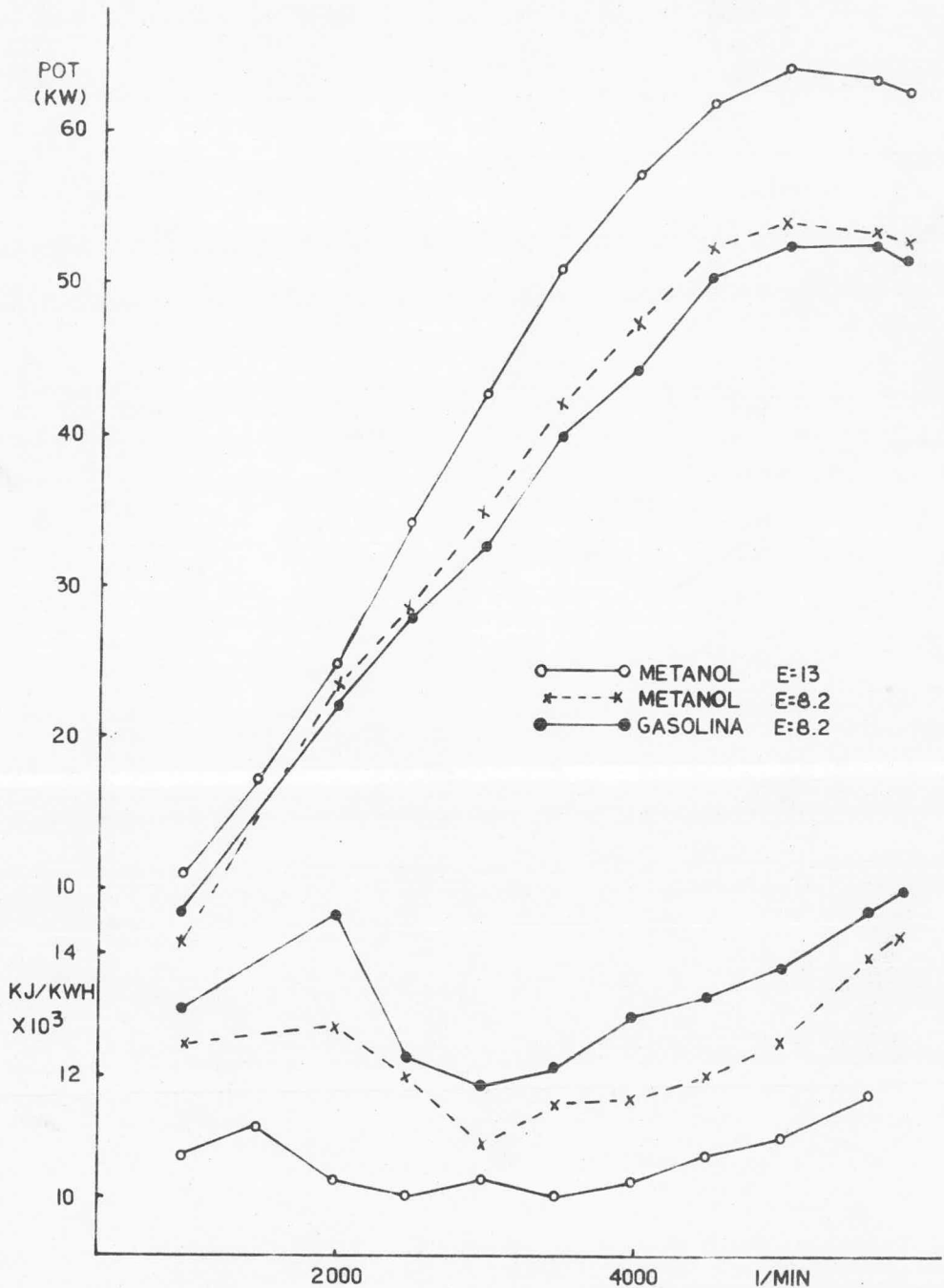


FIG 7 POTENCIA Y CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA, CON ACELERADOR A FONDO

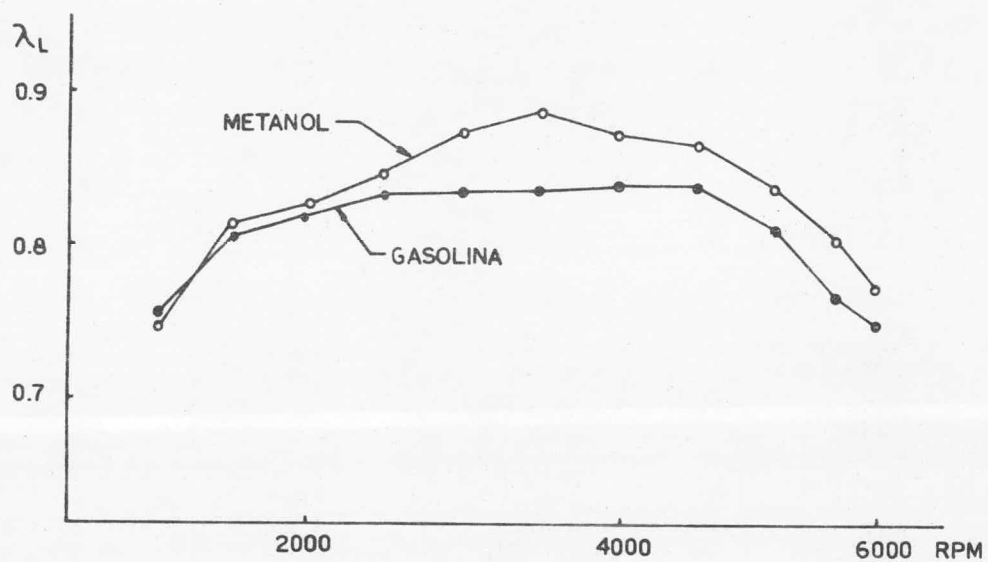


FIG. 8 EFICIENCIA VOLUMETRICA A DIFERENTES RPM

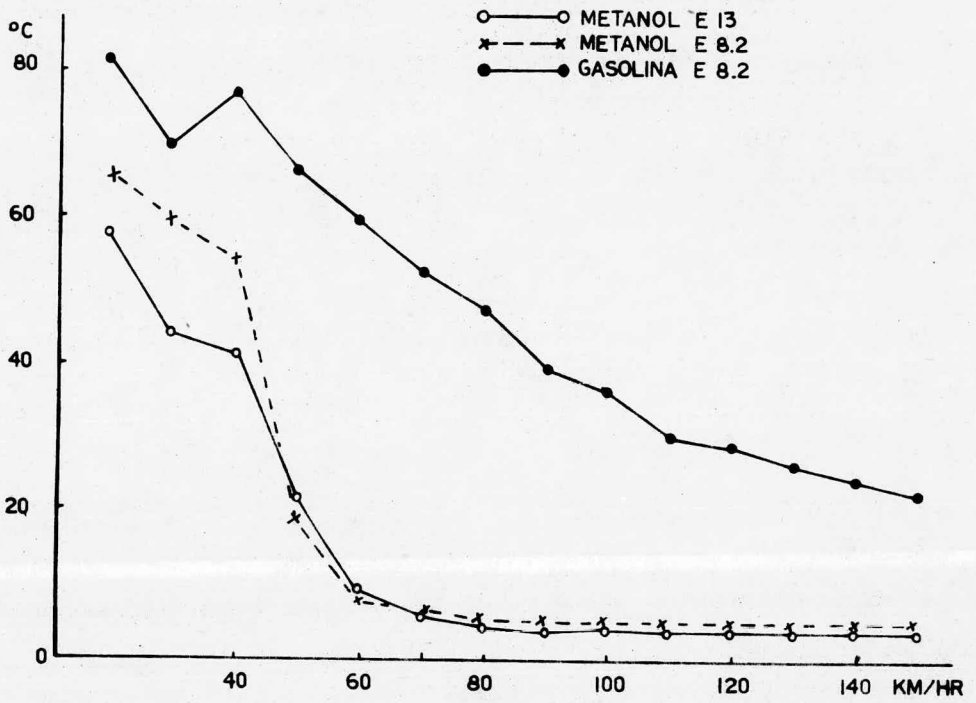


FIG. 9 TEMPERATURA DE LA MEZCLA A/C EN EL SISTEMA DE ADMISION A DIFERENTES VELOCIDADES

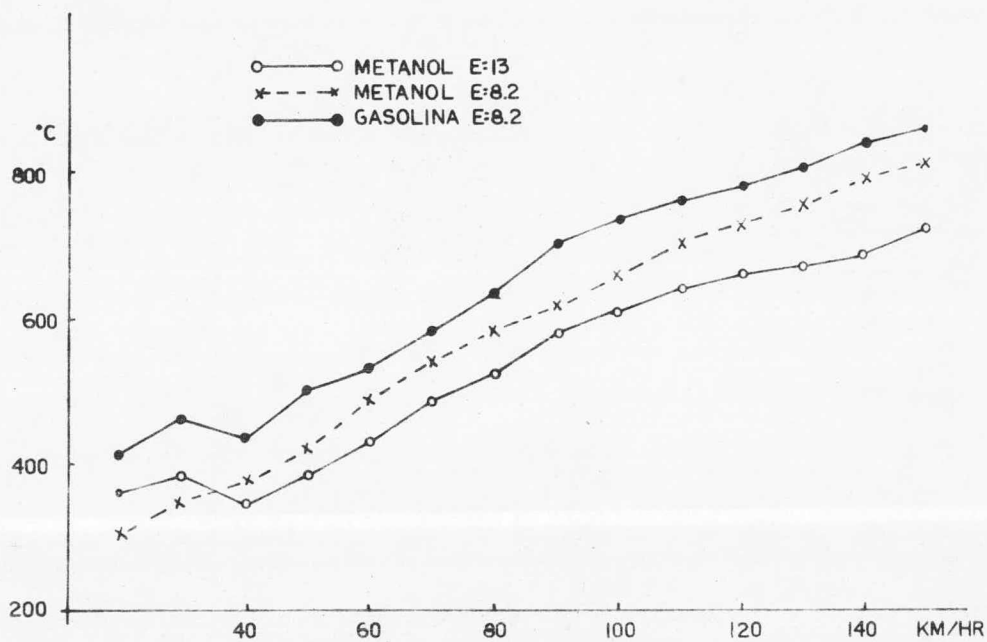


FIG. 10 TEMPERATURA DE LOS GASES DE ESCAPE A DIFERENTES VELOCIDADES

La figura 7 muestra la potencia de salida y el consumo específico de energía contra la velocidad del motor a aceleración total, para gasolina a relación de compresión normal y metanol para relación de compresión alta y normal. Visible es la alta ganancia en potencia de salida de más del 20% para el metanol con el mismo tipo de motor, mismo tipo de carburador y sistema de escape.

Una de las causas que nos permiten obtener significantes beneficios en potencia y eficiencia son las bajas temperaturas tanto de la mezcla aire/combustible como la de los gases de escape, ocasionadas por el mayor calor de vaporización y el mayor consumo másico del metanol. La temperatura es de -20°C más baja, lo que resulta en un incremento de la eficiencia volumétrica como puede notarse en la figura 8. Además la temperatura de los gases de escape es más baja, no obstante la mayor potencia del motor.

Puede observarse en las figuras 9 y 10 que a condiciones de carga parcial, la temperatura de la mezcla y la temperatura de los gases de escape son también considerablemente menores que los correspondientes para gasolina. La menor temperatura de admisión indica problemas de manejabilidad cuando el sistema de admisión es usado sin modificaciones.

Para vaporizar metanol se requieren aproximadamente 7 veces más calor que el necesario para vaporizar gasolina. Por lo tanto una mejoría efectiva en este punto es difícil ya

que la energía calorífica necesaria no puede ser satisfecha.

2.3.- Pruebas en motores de varios cilindros con inyección de combustible.

La investigación de este inciso se efectuó para fijar tres objetivos específicos:

- modificar un vehículo para obtener aceptable manejabilidad cuando se usa metanol,
- comparar el metanol y la gasolina con respecto a las emisiones de escape y economía de combustible y
- variar la relación aire/combustible y tiempo de ignición para obtener óptimas relaciones entre manejabilidad, emisiones de escape y economía de combustible con metanol.

Debido a que la estequiometría de la relación aire/combustible del metanol es mucho más baja que para la gasolina, es necesario modificar el sistema electrónico de inyección de combustible para que proporcione una mezcla rica que permita la utilización del metanol.

2.3.1.- Manejabilidad.

Con la utilización de un auto de inyección de metanol calibrado para proporcionar una mezcla aire/combustible

tible de 6.2, se alcanzó aceptable manejabilidad de calentamiento sin incrementar la temperatura de la mezcla de admisión.

Aunque la manejabilidad en frío es influenciada por diversas variables que afectan la manejabilidad de calentamiento, hay algunas diferencias significativas, tales como el tiempo húmedo, la temperatura ambiente y las características del múltiple. La temperatura de la mezcla de admisión y la distribución de la relación aire/combustible también son importantes para la manejabilidad de arranque en frío, pero su medición e interpretación durante las condiciones transitorias del ciclo de manejabilidad son mucho más difíciles que para las condiciones de estado permanente.

2.3.2.- Emisiones de escape y economía de combustible con gasolina y metanol.

En estudios con motores de un cilindro, las emisiones de combustible no quemado con metanol fueron 4 veces menores que las emisiones de combustible no quemado con gasolina, pero cuando la vaporización fue incrementada, dichas emisiones fueron esencialmente iguales.

Las emisiones por el tubo de escape proveen interesante información acerca de la operación del convertidor catalítico, el metanol no quemado es oxidado más efectivamente en un convertidor calentado que las emisiones de gasolina no quemada, pero lo opuesto es verdadero durante el calentamiento. Estos dos factores interactuantes hacen que la eficiencia sea

similar para los dos combustibles.

Debido a la baja eficiencia del convertidor durante el período de calentamiento, cerca del 95% del total de emisiones de combustible no quemado con metanol son expulsados a la atmósfera.

La economía del combustible del auto con inyección fue medido con gasolina y metanol y los resultados son comparados sobre la base volumétrica y energética. La economía de combustible volumétrica es 2.8 y 4.1 Km/lt para el metanol, en la ciudad y carretera, respectivamente (para gasolina fue aproximadamente el doble). Si los resultados son comparados en la base energética (distancia viajada por unidad de energía) la economía de combustible es menor 3% en ciudad y 10% en carretera cuando en el auto con inyección de combustible se utiliza metanol en lugar de gasolina.

La mejoría en la economía de combustible basada en la energía es atribuida a dos factores: más moles de productos de combustión por mol de aire y un incremento de la eficiencia volumétrica.

Hay una razón adicional que nos permite explicar el incremento de la economía de combustible con metanol. El tiempo de ignición de producción fue retardado 10 grados del de máxima potencia con metanol, por lo tanto una parte de la mejoría de la economía de energía con metanol fue debido a la ope-

ración más cercana al tiempo de ignición de máxima potencia.

El tiempo de ignición es retardado del de máxima potencia con el fin de controlar las emisiones de HC, NO_x y requerimientos de octanaje. Debido a que el metanol produce bajas emisiones de NO_x, HC y tiene un alto número de octano, tal retardo en la chispa puede ser innecesario. Además se ha encontrado que el metanol quemará mezclas más ricas que la gasolina, consecuentemente un motor calibrado para trabajar con gasolina no es el óptimo para trabajar con metanol.

Con el tiempo de chispa de ignición para máxima potencia la manejabilidad disminuyó, las emisiones de CO y combustible no quemado disminuyeron y aumentó la economía de combustible.

2.3.3.- Efectos del empobrecimiento de la relación estequiométrica.

Para evaluar los efectos de la relación estequiométrica en: manejabilidad, emisiones y economía de combustible, pruebas adicionales fueron realizadas a diferentes relaciones aire/combustible, los resultados son discutidos a continuación.

Como se esperaba, la manejabilidad empeoró cuando se empobrece la mezcla aire/combustible.

Las emisiones de escape en el motor y en el tubo de

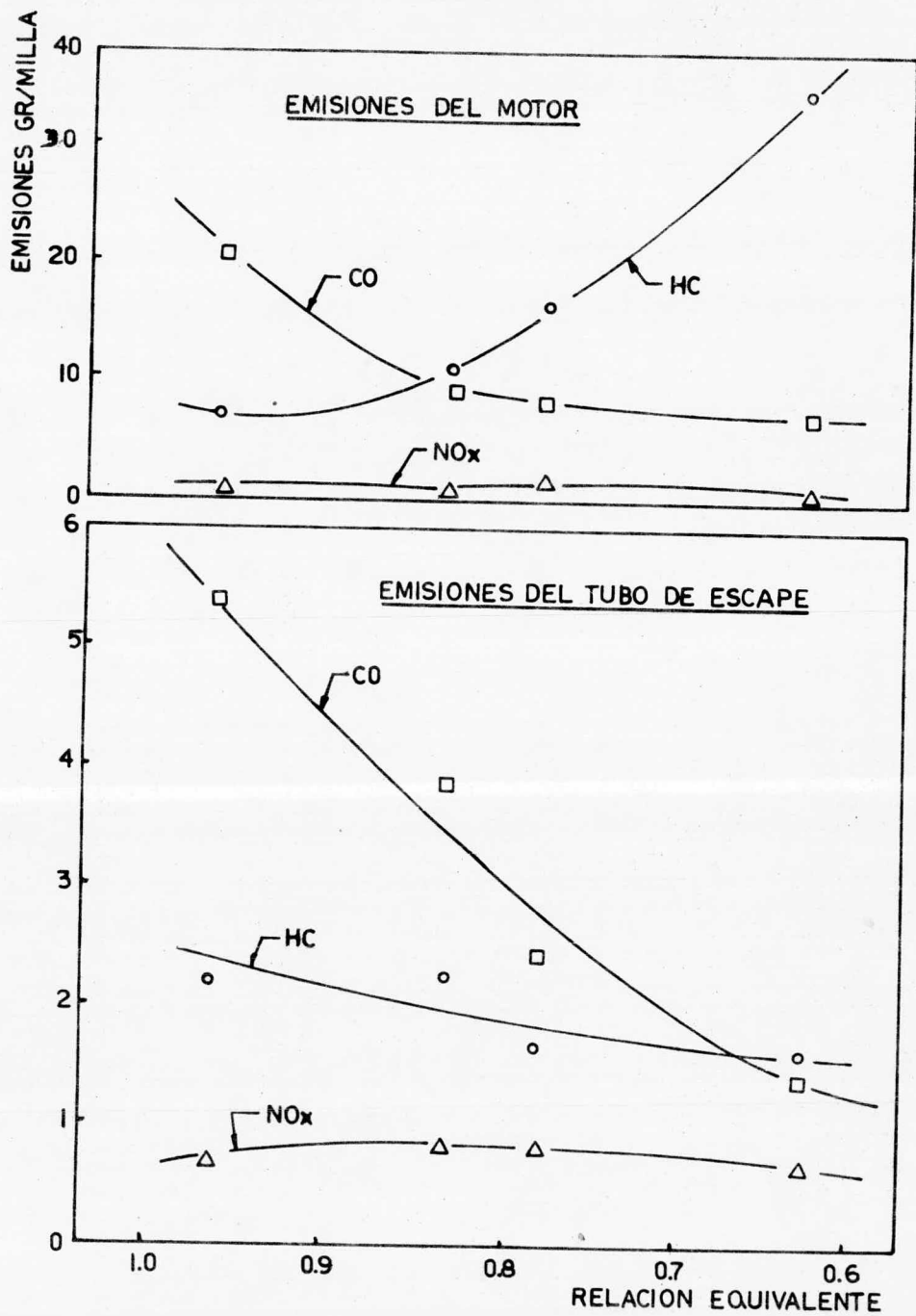


FIG. 11 EFECTO DE LA RELACION EQUIVALENTE A/C EN LAS EMISIONES DE ESCAPE

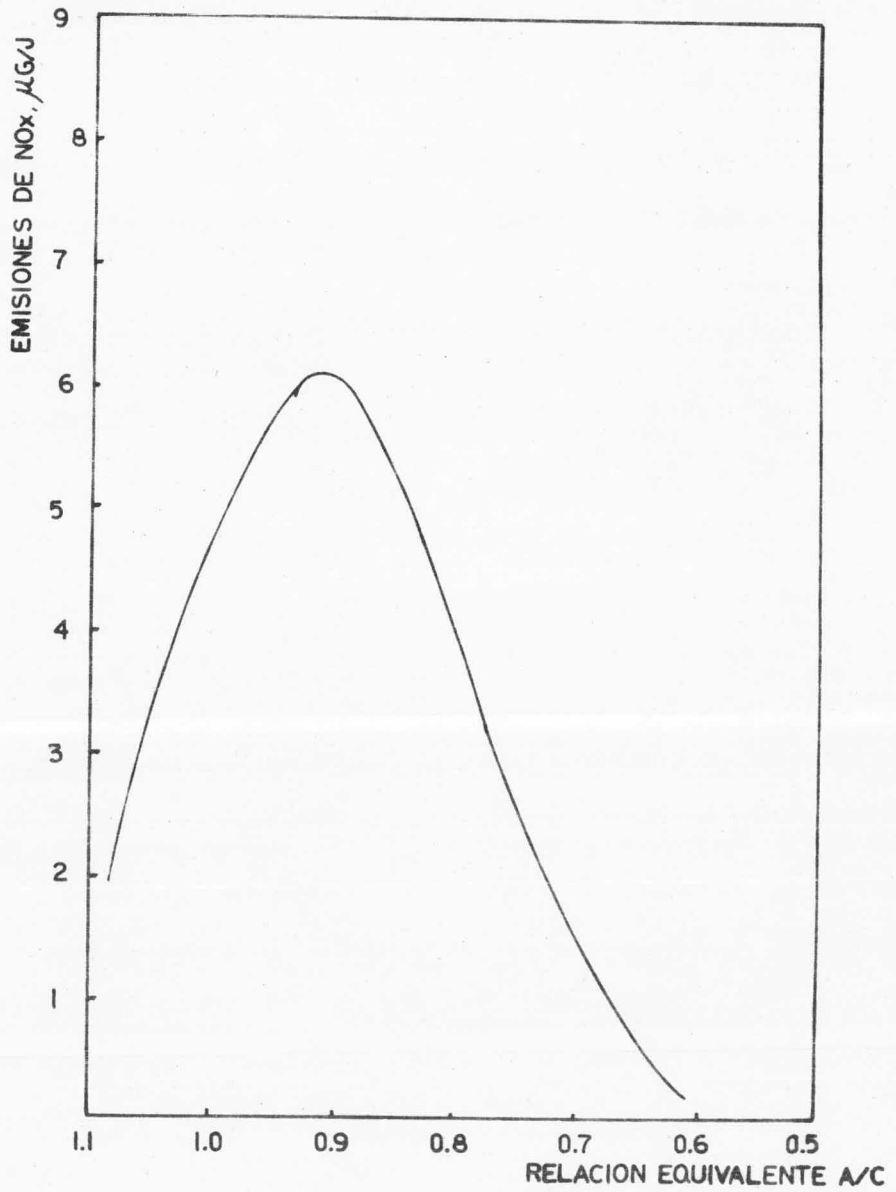


FIG 12 EFECTO DE LA RELACION EQUIVALENTE EN LAS EMISIONES DE NO_x PARA METANOL

escape son graficados en la figura 11 como una función de la relación estequiométrica equivalente ϕ .

La curva de NO_x contra ϕ carece de la bien definida forma de campana usualmente encontrada en las pruebas de dinamómetro de motor en estado permanente.

Primero se considera cómo ϕ varía mientras el auto está siendo conducido en el ciclo de emisiones. Las ϕ que son graficadas en la figura 11 fueron determinadas por promedios obtenidos durante trayectos y condiciones de aceleración parcial. Durante las desaceleraciones, la relación estequiométrica es más pobre que el promedio, pero durante las aceleraciones es más rica. Basados en los resultados mostrados en la figura 12, aumentando ϕ arriba de 0.62, causaría grandes incrementos de NO_x . De aquí que cuando ϕ fué 0.62, muy poco NO_x pudo formarse durante los trayectos y desaceleraciones, pero durante las aceleraciones, cuando ϕ fué mayor de 0.62, se formaron grandes cantidades de NO_x .

Las emisiones de CO del motor, como se esperaba, disminuyeron cuando la relación estequiométrica fue empobrecida (ver figura 11). A $\phi=0.62$ las emisiones del motor de CO fueron 7 gr/milla. Las emisiones de CO del múltiple de escape también disminuyeron cuando ϕ fue empobrecida.

Las emisiones de combustible no quemado, por el contrario, se incrementan a 34 gr/milla cuando ϕ fue empobrecida

a 0.62. Esta tendencia que ha sido observada previamente con metanol y con gasolina, se debe a: mezclas aire/combustible pobres y reducidas temperaturas de escape que ocasionan que menos emisiones de combustible no quemado sean oxidados. Además, cuando la relación estequiométrica es pobre, la combustión incompleta ocurre más frecuentemente, especialmente en condiciones de operaciones transitorias.

En el rango de ϕ de 0.96 a 0.78, las emisiones de combustible no quemado en el tubo de escape no se incrementan porque las emisiones de combustible del motor no se incrementaron. Con una ϕ de 0.62, sin embargo, las emisiones de combustible no quemado del tubo de escape disminuyeron debido a un aumento de la eficiencia del convertidor catalítico.

2.3.4.- Retraso del tiempo de ignición:

Ninguna de las relaciones estequiométricas proporcionó simultáneamente la mejor manejabilidad, bajas emisiones y la máxima economía de combustible. La mejor manejabilidad ocurrió con una relación estequiométrica equivalente a 0.96, las más bajas emisiones de escape, con excepción de las emisiones de combustible no quemado, fueron cuando ϕ fue de 0.62 y la máxima economía de combustible ocurrió con ϕ igual a 0.83.

El retraso del tiempo de ignición reduce las emisiones de NO_x , incrementa las emisiones de CO y reduce las emisiou

nes de combustible no quemado en el motor y en el tubo de escape. También como se esperaba, el retraso deterioró sensiblemente la manejabilidad y la economía de combustible.

Aunque retrasando el tiempo de ignición se reducen las emisiones de NO_x , ésto no es la medida óptima para controlarlas, ya que pueden controlarse incrementando la relación EGR y/o alterando el avance por vacío del tiempo de ignición.

C A P I T U L O V

ALTERACIONES PRODUCIDAS EN MOTORES, POR EL USO DEL METANOL Y POSIBLES SOLUCIONES PARA PREVENIRLAS Y REPARARLAS

1.- Arranque en frío con metanol puro.

Uno de los problemas más severos que inhiben la aplicación del metanol como combustible automotriz es su mal comportamiento de arranque en frío, y para mejorarlo se utilizó el calentamiento eléctrico que consiste en calentar y evaporar una pequeña cantidad de combustible antes de arrancar el motor. Utilizando un aparato de calentamiento eléctrico, el motor arranca sin problemas a -8°C , mientras que sin este aparato no es posible arrancarlo a 10°C . Sin embargo se requieren de 30 a 45 segundos para evaporar el combustible y poder arrancar el motor, además de que la manejabilidad después del arranque en frío no es satisfactoria.

Otra solución a este problema es la utilización de un combustible de arranque como el éter, que se aplica atomi-

zado en el aire de admisión y permite un fácil arranque en frío a bajas temperaturas. También podrían utilizarse aditivos de arranque como el butano e isopentano para mejorar el arranque en frío.

Una buena solución para autos equipados con sistema de inyección de combustible, es instalar un pequeño tanque de gasolina conectado a la válvula de arranque en frío, la cual atomizaría el combustible dentro del múltiple de admisión durante el arranque.

En motores con carburador, se podría utilizar un sistema de arranque de gas condensado, en el que una válvula solenoide activada por el sistema de arranque suministraría el gas durante el arranque.

2.- Período de calentamiento con metanol puro.

Los problemas de manejabilidad en el período de calentamiento pueden ser resueltos mediante la adición de aditivos al metanol. La figura 1 da un ejemplo de un posible aditivo (isopentano). Puede verse que la cantidad necesaria para el arranque en frío depende de la temperatura ambiente. Abajo de los 10 °C es necesario la adición de un aditivo adecuado, añadiendo 8% de este componente volátil se asegura el arranque en frío abajo de -20 °C.

Las medidas mencionadas para mejorar el comportamiento de arranque en frío pueden aplicarse satisfactoriamente pa-

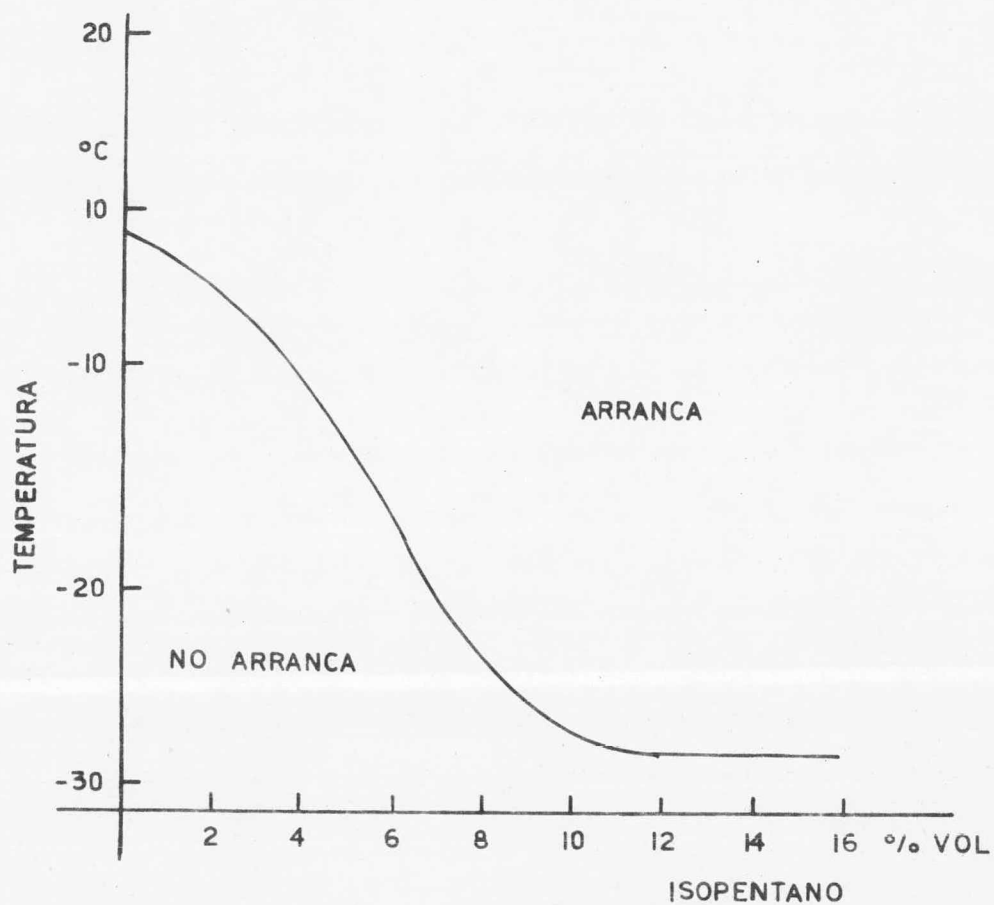


FIG. 1 CANTIDAD NECESARIA DE ISOPENTANO PARA ARRANQUE EN FRIO.

ra mejorar la manejabilidad durante el calentamiento. Es evidente que una cantidad de 8 a 10% en volumen de aditivos volátiles es suficiente.

3.- Jaloneo con metanol puro: causa y solución.

El jaloneo ocurre cuando el múltiple de admisión distribuye inadecuadamente el combustible a los cilindros, de manera que algunos reciben demasiado combustible y otros muy poco. Si ésto ocurre durante una aceleración, el jaloneo puede ocurrir. Una mala distribución empeora la manejabilidad: en general, menor variación de la relación a/c a través de los cilindros se observa en los sistemas que mantienen adecuada manejabilidad.

El jaloneo puede ser causado por problemas que ocurren durante la aceleración ya que se tienen mezclas excesivamente pobres en todos los cilindros. Por ejemplo, durante una aceleración el flujo de combustible aumenta, pero la cantidad de calor disponible para la vaporización no. De aquí que más combustible en el múltiple de admisión permanece líquido. Además, la cantidad de combustible aumenta porque, durante una aceleración, la presión en el múltiple es mayor. Por lo que inmediatamente después de acelerar, la mezcla aire/combustible que llega a los cilindros es demasiado pobre, causando jaloneo o paro del motor. Debido al alto calor latente de vaporización y baja relación estequiométrica aire/combustible del metanol, mayor cantidad de combustible permanece líquido en las pa

redes del múltiple, así la condición de pobreza es más severa con metanol que con gasolina.

Entre más calor se aplique a la mezcla en el múltiple de admisión, más combustible se vaporiza y la condición de mezcla pobre y jaloneo se vuelve menos severa, los jaloneos se pueden evitar si se evapora suficiente combustible para eliminar esta falla transitoria.

Durante un recorrido a velocidad constante existe una condición de estado permanente, y la cantidad de combustible líquido que llega al múltiple es igual a la cantidad de combustible que es vaporizado y consecuentemente la temperatura de la mezcla es alta. Sin embargo, durante aceleraciones con acelerador a fondo, el combustible líquido que fluye al múltiple aumenta mucho más rápidamente que el incremento de combustible vaporizado. El combustible líquido acumulado en el múltiple de admisión debido a que no se vaporiza lo suficientemente rápido, causa mezclas pobres y jaloneo durante las aceleraciones.

En el auto con inyección de combustible, la frecuencia de mezclas pobres durante la aceleración es mínima, debido a que el combustible es inyectado cerca de las válvulas de admisión, lo que evita el jaloneo.

4.- Manejabilidad en autos con mezclas gasolina-metanol.

En los últimos años las relaciones a/c de los autos han sido cuidadosamente ajustadas para proporcionar emisiones mínimas con una razonable manejabilidad, por lo que añaa---diendo metanol a la gasolina se tiene una inadecuada manejabilidad debido a que las mezclas a/c deben ser más ricas, obviamente los carburadores deben ser modificados para proporcionar mezclas más ricas cuando se trabaja con metanol o con mezclas gasolina-metanol. Por ejemplo: para autos que utilizan gasolina con 12% de metanol, los carburadores tendrán que ser recalibrados para proveer un enriquecimiento del 7% para todas las condiciones de operación.

5.- Bloqueo de vapor.

Otro problema que se presenta con las mezclas gasolina metanol es el vapor entrampado que impide o limita el flujo de combustible al carburador. Este problema se puede resolver si se regula la volatilidad de la gasolina en la refinería omitiendo hidrocarburos ligeros.

6.- Separación de fases.

Otro problema potencial con el metanol es la separación de fases de la mezcla gasolina-metanol en la presencia de pequeñas cantidades de agua. El metanol por su carácter polar tiene solamente solubilidad limitada con la gasolina

no polar. La solubilidad depende de la composición de los hidrocarburos del combustible (con alto contenido de aromáticos se obtiene mayor solubilidad al metanol). No hay problemas de separación de fases con 15% de metanol en condiciones anhidras (que no contiene agua). Sin embargo, la separación de fases con gasolina ocurre con la presencia de menos del 1% de agua.

Aromáticos de bajo peso molecular podrían ser utilizados para mejorar la estabilidad del combustible más que los aromáticos de alto peso molecular.

Mezclando metanol y gasolina en la bomba de estación de servicio se previene la separación de fases en el sistema de distribución de combustible. Esto requiere mucho cuidado para mantener el metanol anhidro.

La estabilización de las mezclas gasolina-metanol es posible con la adición de un tercer componente como los alcoholes de alto peso molecular como el isopropanol, n-butanol y n-pentanol, pero los porcentajes necesarios son muy altos para fines prácticos.

7.- Corrosión del sistema de combustible.

Para contrarrestar los efectos corrosivos del combustible, las siguientes medidas preventivas son recomendadas:

Poliétileno de alta densidad para el tanque de combustible.

Anodizado para el cuerpo del carburador y bomba de gasolina.

Aceites detergentes ligeros para prevenir la corrosión.

Componentes aromáticos en la gasolina para aumentar el nivel de tolerancia de agua.

C A P I T U L O VI

OTRAS APLICACIONES DEL METANOL

1.- Introducción.

Además de la aplicación del metanol en motores de combustión interna, se puede utilizar en máquinas de combustión externa, como son los motores Stirling y las máquinas de vapor.

También puede ser utilizado en pequeñas máquinas -- cortadoras de césped, generadores portátiles, sierras de cadena y máquinas similares, pero su uso se ve restringido por su efecto corrosivo en el aluminio y magnesio, aunque se podrían utilizar otros metales resistentes al metanol o bien recubrimientos superficiales a los metales que son corroidos por el metanol.

Actualmente se está estudiando la posibilidad de -- utilizar el metanol como anticongelante, antidetonante, como

una fuente de alimentos y, en pilas de combustible además de utilizarse como combustible en calderas y turbinas de gas.

2.- Aplicaciones del metanol como combustible.

Debido a que el gas natural es un combustible no renovable, su disponibilidad ha ido disminuyendo, lo que ha ocasionado que aumente la demanda de otros combustibles líquidos renovables como el metanol.

Para determinar el efecto del metanol en las calderas se acondicionó una caldera multicomcombustible, en la que el único cambio necesario fué la instalación de bombas centrífugas, ya que las bombas de aceite de combustible no pueden manejar la baja viscosidad y lubricidad del metanol.

Durante la prueba no se formaron partículas sólidas (hollín) y además el metanol eliminó los depósitos de hollín en el horno operado previamente con combustibles derivados -- del petróleo.

La eficiencia térmica de la caldera disminuyó 3% -- cuando se utilizó metanol ya que la flama del metanol es menos luminosa que la del aceite combustible y la del gas natural y, tiene menor temperatura de flama, por lo que se tiene menor transferencia de calor por radiación, aunque mejor ---- transferencia por convección.

Las emisiones de NO_x fueron un cuarto y un décimo - del gas natural y el aceite combustible, respectivamente. Con

metanol no hubo emisiones de compuestos de azufre, ya que éste es removido en la obtención del metanol. También los monóxidos de carbono formados con metanol fueron menores que con el aceite combustible y el gas.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede -- concluir que el metanol es un excelente combustible de calderas y su uso depende sólo del costo y disponibilidad.

Las turbinas estacionarias de gas son el más atractivo uso potencial para el metanol como combustible, particularmente en turbinas de gas para aumentar la potencia en los períodos de mayor demanda. El metanol ha sido extensamente examinado para esta aplicación debido a que tiene buena combustión, fluye a bajas temperaturas, su estabilidad de flama es buena, lo que permite una adecuada distribución de la temperatura.

Con metanol en lugar de aceite combustible la eficiencia térmica de la turbina aumentó 2%, se obtuvo mayor potencia y los óxidos de nitrógeno fueron reducidos 40% debido a la baja temperatura de la flama. Las emisiones de monóxido de carbono aumentaron.

Aún cuando se pueden utilizar turbinas convencionales es necesario rediseñarlas para aprovechar adecuadamente las propiedades del metanol. Al hacer modificaciones se deben incluir pruebas de explosión en los sistemas de combusti-

ble (a causa del bajo punto de destello y amplio rango de inflamabilidad), para concordar con el bajo límite de combustión del metanol.

El flujo de combustible debe ser aproximadamente el doble y medios adicionales de lubricación deben ser desarrollados para solucionar la baja lubricidad del metanol.

Las turbinas de gas son particularmente susceptibles a la corrosión del azufre caliente en el combustible o aire. Además los álabes de las turbinas son muy sensibles a la contaminación por rastros de sodio en combustibles, por lo que el contenido de sodio debe ser mantenido abajo de 1 ppm. Este es un problema potencial con el metanol ya que éste se mezcla rápidamente con el agua que puede estar contaminada con sales de sodio, por lo que se deben tomar precauciones apropiadas en la transportación y distribución para evitar su contaminación. La ausencia total de estos elementos resulta en bajos rangos de corrosión y formación de depósitos.

De acuerdo con los resultados de las pruebas se puede concluir que el metanol es un combustible ideal para las turbinas de gas según las bajas emisiones, excelente funcionamiento, fácil manejo, almacenamiento y un mínimo de cambios requeridos en las turbinas. Por lo que su uso en este tipo de máquinas está determinado por el costo y disponibilidad del metanol.

Los motores de ignición por compresión no pueden -- funcionar directamente con metanol, ya que requieren un com-- bustible con baja temperatura de autoignición (alto número de cetano) y el metanol tiene un muy bajo número de cetano, alre-- dedor de 3, además tiene baja viscosidad y no es miscible con el combustible diesel. Sin embargo, es posible la operación con combustible dual, la cual consiste en inyectar cantidades suficientes de diesel para dar ignición y el metanol es usado para el resto de la carga. Experimentos con sistemas de com-- bustible dual en los motores diesel, mostraron reducciones en las emisiones de partículas de carbón o humo y de la tempera-- tura del múltiple de admisión. La eficiencia y las emisiones de combustible no quemado fueron esencialmente iguales. El - costo extra y la complejidad del sistema dual podría ser jus-- tificado si el metanol fuera barato y ampliamente disponible.

3.- Pilas de combustible.

Debido a las altas eficiencias potenciales de con-- versión se han llevado a cabo numerosas investigaciones para desarrollar pilas de combustible para generar electricidad. La eficiencia de las pilas de combustible está limitada pri-- mordialmente por reacciones locales y pérdidas y no por la -- eficiencia de conversión del ciclo Carnot.

Pequeñas unidades modulares pueden ser acopladas pa-- ra proveer capacidades que van desde tamaños comerciales pe-- queños (por ejemplo 20-200 KW) hasta grandes tamaños indus--

triales (25 MW) con eficiencia del 35 al 40%. Las pilas de combustible son altamente confiables, son controladas automáticamente y requieren poco mantenimiento, por lo que son ideales para la generación de electricidad en lugares remotos.

Las pilas de combustible con ácido están limitadas por la reserva existente de metales catalizadores, los cuales son escasos y caros. El paladio y el rutenio han sido mezclados con el platino en un esfuerzo para mejorar su actividad y reducir los costos.

Se han encaminado esfuerzos hacia el uso mínimo de catalizadores. La investigación sobre metales catalizadores económicos ha descubierto al carburo de tungsteno como un potencial candidato.

Recientemente pilas de combustible han sido desarrolladas para dar más de 30 000 horas de operación continua con metanol y aire. Estas usan carburo de tungsteno y carbón vegetal como electrodos y ácido sulfúrico como electrólito.

Se han considerado las pilas de combustible para propulsión de automóviles, sin embargo, las grandes relaciones peso/potencia, alto costo y limitada disponibilidad de los catalizadores han impedido su uso en automóviles.

Las pilas de combustible pueden utilizar hidrocarburos o metanol, sin embargo, se prefiere utilizar el metanol sobre los hidrocarburos por ser miscible en los electrólitos

polares usados. Se ha tratado de desarrollar un electrólito ácido para las pilas de combustible metanol-aire. Estas pilas tienen la ventaja de que el dióxido de carbono formado es rápidamente descargado de la pila, pero tienen la desventaja de que el metanol es altamente soluble y difunde al cátodo siendo oxidado directamente por el oxidante, lo que limita la capacidad de la pila.

4.- Metanol: una fuente de cultivo para alimentos.

El consumo directo del metanol es tóxico para la mayoría de las plantas y animales. Sin embargo, una serie de especies unicelulares de bacterias, algas y levaduras, crecen rápidamente en un cultivo de metanol y nutrientes orgánicos.

Estos productos tienen un alto contenido de proteínas y son usados para reemplazar la leche o el frijol de soya. Así el metanol puede ser considerado un combustible metabólico indirecto mediante la producción de una proteína de una sola célula.

Se han construido plantas para crear esta proteína de una sola célula en metanol. Este desarrollo será muy importante en el futuro debido a la crisis de alimentos. En Europa se están desarrollando grandes plantas de este tipo.

La agricultura en muchas partes del mundo y particularmente en las regiones áridas está limitada la disponibilidad de agua. En plantas de energía solar en los grandes de-

siertos del Sahara, Australia, Norte de la India, Sureste de los Estados Unidos y en los océanos tropicales, se puede usar el dióxido de carbono atmosférico y agua para producir metanol. Este a su vez puede ser usado como una fuente de cultivo para la proteína de una sola célula. La eficiencia final de la conversión, posiblemente puede considerarse mayor que la de la agricultura convencional.

5.- Gasolina del metanol.

Otra alternativa que puede solucionar los problemas del metanol es la conversión de éste en gasolina mediante un simple proceso catalítico. Usando un catalizador se puede obtener cerca del 90% de gasolina con la composición, número de octano y, rango de ebullición deseados. Propiedades típicas de la gasolina obtenida se dan en la tabla 6.1.

TABLA I

PROPIEDADES TÍPICAS DE LA GASOLINA OBTENIDA DEL METANOL

PRESION DE VAPOR DE REID (bar)	0.62
DESTILACION °C:	
10% EVAPORACION	47
30% "	64
50% "	94
90% "	159
RON	94
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.720

C A P I T U L O V I I

C O N C L U S I O N E S

De acuerdo a lo expuesto en los capítulos anteriores, podemos concluir lo siguiente:

- En régimen estable las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxido de nitrógeno son menores con metanol y mezclas gasolina-metanol que con la gasolina sola, excepto que las mezclas gasolina-metanol muestran mayores emisiones de combustible no quemado, aunque muchos métodos de reducción de este tipo de emisiones pueden ser usados.

- El octanaje de las mezclas gasolina-metanol aumenta con la adición de metanol lo cual permite su uso en motores con alta relación de compresión con el fin de aumentar la potencia.

- La economía de combustible con metanol y con las mezclas gasolina-metanol disminuye debido al bajo poder calo-

rífico del metanol.

- Debido al alto calor latente de vaporización se tienen problemas de arranque en frío y de jaloneo. El problema de arranque en frío se puede resolver mediante aditivos o bien con un combustible de arranque.

- Con las mezclas gasolina-metanol se presenta la separación de fases con la presencia de pequeñas cantidades de agua, sin embargo, este problema se puede resolver con la adición de alcoholes de alto peso molecular.

- Con las mezclas gasolina-metanol se presenta el problema de vapor entrampado lo que impide o limita el flujo de combustible al carburador, ocasionando deficiencias en la manejabilidad ocasionando a veces paro del motor.

- Los motores necesitan ser diseñados con una adecuada lubricación para que sean compatibles con la baja lubricidad del metanol.

- El metanol corroe los recubrimientos metálicos tales como el emplomado y el zincado, causa endurecimiento de las partes de hule, que al perder flexibilidad se tornan quebradizas por lo que se tienen que reemplazar los materiales del sistema de combustible que sean sensibles al metanol.

- El metanol exhibe un amplio rango de efectos tóxicos, es lentamente eliminado del cuerpo, la absorción del me-

tanol por la piel puede causar ceguera y, la ingestión puede ocasionar la muerte.

- El costo del metanol es mayor que el de la gasolina pero cuenta con las ventajas de que es un recurso renovable y con variadas fuentes de obtención por lo que puede obtenerse en suficientes cantidades.

- En motores con inyección de combustible se obtiene aceptable manejabilidad con el metanol el cual presenta -- problemas de corrosión críticos en el sistema de combustible.

- En motores con carga estratificada se pueden usar concentraciones de metanol de hasta un 15% en la gasolina sin llegar a presentar problemas de manejabilidad.

- En los motores que funcionan con sistemas de combustible dual no se presentan problemas de manejabilidad, teniendo por el contrario ventajas, su principal inconveniente es su alto costo.

El empleo del metanol y de las mezclas gasolina-metanol en los vehículos no representa ningún beneficio económico, no mejora sus características de operación y sí implica la modificación y/o reemplazo de partes y materiales del sistema de combustible con el fin de mantener el nivel de servicio proporcionado por la gasolina. Por esto es que la principal ventaja de la utilización del metanol es un aumento en -- las reservas de combustible.

Por lo tanto se considera más adecuado el uso del metanol en calderas, turbinas y en pilas de combustible. Por su gran importancia, atención especial debe ser dada a la aplicación del metanol como fuente de cultivo para organismos unicelulares, contribuyentes potenciales en la alimentación mundial por su alto valor nutritivo.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- N. D. Brinkman and N. E. GALLOPOULOS, M. W.
Jackson.
Exhaust Emissions, Fuel Economy, and Driveability
of Vehicles Fueled with Alcohol-Gasoline ---
Blends.
SAE No. 750120
- 2.- T.B. Reed and R.M. Lerner
Methanol: A Versatile Fuel for Immediate Use
SCIENCE Volume 182, No. 4119
- 3.- David L. Hagen.
Methanol as a Fuel: A Review with Bibliography
SAE No. 770792.
- 4.- J.C. Ellis.
Future Automotive Fuels
SAE June 1972.

- 5.- Edwin C. Owens
Methanol Effects on Lubrication Wear
U.S. Army Fuels and Lubricants Research Laboratory.
- 6.- Chester, K.A., Jr., Rhee, K.T.
The Effect of Blending Methanol with Gasoline -
on the Lean Misfire Limit of a Multicylinder --
Carbureted Engine.
Mechanical Engineering Department. University
of Miami. & Hawthorne Reserch and Testing, Inc.
- 7.- M. C. Mc Cormack and R.K. Pefley.
Alternate Air Fuel Induction System Contrasts -
in Terms of Fuel and Exhaust Emissions for Simu-
lated Driving Cycles with Methanol and Indolene.
University of Santa Clara, Santa Clara, Califor-
nia.
- 8.- Synthetic Fuels: Where We Stand Today.
SAE October 1974.
- 9.- Dr. Ing. H.C. F. Prsche A.C. Development Center.
Weissach Exhaust Behavior of Otto-type and La--
yer-Charge Engines in Operation with Metanol.
- 10.- API
A Technical Assesment of Their Application as -
Fuels Publication No. 4281.
- 11.- Methanol-Gasoline Blends: How Promising are ---
They?

SAE December 1974.

- 12.- R.W. Hooks, K.H. Reders, A.A. Reglitzky
Gasoline-Methanol Fuels; Blending Optimisation
with Respect to Manufacturing Economics and En-
gine Performance.
West Germany Deutsche Shell A.G. PAE - Labor, -
Hamburg.
- 13.- Edward F. Obert.
Motores de combustión interna, análisis y apli-
caciones.
- 14.- Holger Menrad, Wendo Lee and Winfried Bernhardt.
Development of a pure methanol fuel car.
SAE No. 770790.
- 15.- Norman D. Brinkman
Effect of compression ratio on exhaust emissions
and performance of a methanol fueled single cy-
linder engine.
SAE No. 770791
- 16.- R.T. Johnson, R.K. Riley, and M.D. Dalen.
Performance of methanol-gasoline blends in a --
stratified charge engine vehicle.
SAE No. 760546.