

61



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON**

**"EVALUACION DE MEZCLAS GASOLINA-ETANOL EN
VEHICULOS AUTOMOTORES CON DIFERENTES
TECNOLOGIAS"**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

PRESENTA

ROBERTO CARLOS ROLON CONTRERAS

**ASESORES: ING. JOSE MARIANO SANTANA COLIN
ING. MARIO VERA ACOSTA**

SAN JUAN DE ARAGON, EDO DE MEXICO

ENERO, 2000

27676A



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM**

**JEFATURA DE CARRERA DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

OFICIO ENAR/JAME/006/00

ASUNTO: Sinodo.

**LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS,
SECRETARIO ACADÉMICO,
PRESENTE**

Por este medio me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sinodo del Examen Profesional del alumno **ROBERTO CARLOS ROLÓN CONTRERAS**, con número de cuenta 9106694-1, con el tema de tesis "EVALUACIÓN DE MEZCLAS GASOLINA-ETANOL EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES CON DIFERENTES TECNOLOGÍAS":

PRESIDENTE:	ING. EVERARDO ESQUIVEL SANCHEZ
VOCAL	M. en I. ALBERTO REYES SOLIS
SECRETARIO:	ING. ALFREDO MONTAÑO SERRANO
SUPLENTE:	ING. JOSÉ MARIANO SANTANA COLÍN
SUPLENTE	ING. JORGE A. RODRÍGUEZ LUNA

Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. José Mariano Santana Colín, el cual está incluido en el sinodo, en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

Sin otro asunto de momento, aprovecho para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Bosques de Aragón, Estado de México, a 10 de enero del 2000
EL JEFE DE LA CARRERA

ING. IVÁN MUÑOZ SOLÍS

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefe del Depto. de Servicios Escolares
c.c.p. M. en C. Daniel Aldama Ávalos.- Jefe de la División de las Ingenierías
✓ c.c.p. Ing. José Mariano Santana Colín.- Asesor de Tesis
Alumno
IMS/Ala

CON CARÍÑO PARA LA PERSONA
QUE MAS ME HA APOYADO A LO
LARGO DE MI VIDA, MI MADRE.

QUIERO AGRADECER A TODAS LAS
PERSONAS QUE HAN INTERVENIDO
DIRECTA O INDIRECTAMENTE EN
MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

INDICE

INTRODUCCION. OBJETIVO.

CAPITULO I

GENERALIDADES	.....1
I.1.-PARQUE VEHICULAR EN LA ZMVM.	.....1
I.2.-CONTAMINANTES VEHICULARES.	.....2
I.3.-CARACTERISTICAS DE LA ZMVM.	.....4
I.4.-INVERSIÓN TÉRMICA.	.....5
I.5.-DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES.	.....7
I.5.1.- OTROS COMPONENTES ANTICONTAMINANTES.	.....10

CAPITULO II

MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.	.....11
II.1.-CICLOS TERMODINAMICOS.	.....11
II.2.-SISTEMAS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.	.....16
II.2.1.-SISTEMA DE ENCENDIDO.	.....16
II.2.2.-SISTEMA DE ENFRIADO.	.....17
II.2.3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN.	.....18
II.2.4.-SISTEMA DE COMBUSTIBLE.	.....19
II.2.5.-SISTEMA DE ESCAPE.	.....19
II.3.- SISTEMA DE CARBURACIÓN.	.....20
II.3.1 SISTEMA PRINCIPAL DE DOSIFICACIÓN.	.....23
II.3.2 .-SISTEMA DE MARCHA MÍNIMA	.....23
II.3.3.-SISTEMA DE BAJA POTENCIA.	.....23
II.3.4.-SISTEMA DE MEDICIÓN PRINCIPAL.	.....24
II.3.5.- COMPENSADOR DE ALTURA.	.....25
II.3.6. AHOGADOR.	.....25
II.4.-SISTEMA DE INYECCIÓN.	.....27
II.4.1.-TIPOS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	.....29
II.4.2.- INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE POR TIEMPO.	.....30
II.4.3.-INYECCIÓN ELECTRONICA	.....30
II.4.4.-INYECCIÓN CONTINUA DE COMBUSTIBLE.	.....31
II.4.5.-INYECCIÓN POR EL CUERPO DEL ESTRANGULADOR	.....31
II.4.6.- LA COMPUTADORA.	.....32
II.4.7.- SENSOR DE POSICIÓN DEL ESTRANGULADOR.	.....32
II.4.8 - SENSOR DE OXIGENO.	.....32
II.4.9 -SENSOR DE PRESIÓN BAROMÉTRICA.	.....33
II.4.10.-INYECTOR DE GASOLINA.	.....34

CAPITULO III

FORMULACION DE LOS COMBUSTIBLES DE PRUEBA	35
III.1.-INTRODUCCION.	36
III.2.-GASOLINA.	36
III.3.-VOLATILIDAD.	37
III.4.-CARACTERISTICAS ANTIDETONANTES DE LA GASOLINA.	38
III.5.-GOMA EN LA GASOLINA	39
III.6.-CONTENIDO DE AZUFRE.	39
III.7.- NÚMERO DE OCTANO.(RON Y MON)	40
III.8.- CARACTERISTICAS DE LOS ALCOHOLES.	42
III.8.1- METANOL	43
III.8.2.- ETANOL	43

CAPITULO IV

DESARROLLO EXPERIMENTAL.	46
IV.1. RECLUTAMIENTO DE VEHICULOS DE PRUEBA.	47
IV.1.1.-CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DE LOS VEHICULOS DE PRUEBA.	47
IV.2.-DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO.	48
IV.2.1.-DINAMOMETRO DE CHASIS Y ANALIZADORES DE (CO HC Y NOx.)	48
IV.2.2.-SHEED (CASETA SELLADA).	48
IV.3 PRUEBAS EN LABORATORIO.	49
IV.3.1.-EMISION EVAPORATIVAS	49
IV.3.2-PRUEBA HOT-SOAK	49
IV.3.3-PRUEBA FTP-75.	50
IV.4.-EMISIONES NO REGULADAS.	53
IV.4.1.-ESPECIACIÓN DE HIDROCARBUROS.	53
IV.4.2.-DETERMINACIÓN DE ALDEHIDOS Y CETONAS.	54

CAPITULO V

RESULTADOS Y CONCLUSIONES:	55
V.- INTERPRETACION DE RESULTADOS.	56
V.1.-PORCENTAJES DE NAFTAS UTILIZADAS	57
V.2.-COMBUSTIBLES DE PRUEBA.	57
V.3.-EMISIONES DE ESCAPE.	57
V.4.-RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE	59
V.5.-EMISIONES EVAPORATIVAS.	65
V.6.-EMISIÓN DE TOXICOS.	68
V.7.-ESPECIACIÓN DE HIDROCARBUROS.	69

V.8.-REACTIVIDAD ESPECIFICA.	.....75
CONCLUSIONES	.....76
ANEXOS	.....81
GLOSARIO	.....88
BIBLIOGRAFIA	.....96

ETANOL

INTRODUCCION

Cualquier estudio sobre contaminación atmosférica, debe partir de una definición de la misma. No existe definición única, pero en general, todas tienen dos factores comunes, éstos son, la existencia de sustancias extrañas en la atmósfera y los efectos negativos que éstas implican en los receptores. Se podría definir la contaminación atmosférica como la "presencia en la atmósfera de sustancias extrañas o en concentración superior a la habitual, que suponen una amenaza para la vida humana, vegetal, animal o el entorno, o que interfieren con la comodidad o disfrute de los bienes humanos". Basándose en esta definición, se puede afirmar que la causa principal de la contaminación del aire causada por el hombre es la combustión principalmente de los combustibles fósiles; siendo los vehículos motorizados los principales consumidores de estos combustibles, es de esperarse, que en las grandes ciudades, caracterizadas por grandes flotas vehiculares, sean éstos, los principales emisores de contaminantes atmosféricos.

La contaminación del aire forma parte de la vida moderna. Es la consecuencia de la manera como se construyen nuestras ciudades, la contaminación del aire es un residuo de los métodos como se producen nuestras mercancías, las transportamos junto con nosotros y generamos la energía para calentar e iluminar los lugares donde vivimos, nos divertimos y trabajamos. La causa principal de toda la contaminación del aire es la combustión, y está es esencial para el hombre. Cuando ocurre la combustión perfecta o teórica, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de azufre y vapor de agua. Sin embargo, las impurezas del combustible, una incorrecta relación entre el combustible y el aire, o temperaturas de combustión demasiado altas o demasiado bajas son causa de la formación de productos secundarios, tales como monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, cenizas finas e hidrocarburos no quemados, todos ellos son contaminantes del aire.

La Zona Metropolitana del Valle de México ha presenciado cambios substanciales en su entorno urbano, ambiental y económico desde fines de los años ochenta hasta nuestros días. La dinámica de los escenarios metropolitanos actuales incorpora nuevas variables en materia de vehículos, transporte público, combustibles y calidad del aire en el marco de un nuevo panorama económico, no contempladas aún en el diseño de políticas ambientales.

La medición y el análisis de la calidad del aire son importantes para definir las necesidades de política así como la aplicación de instrumentos. Además proporcionan una evaluación relativamente precisa del cumplimiento de las normas y constatan los avances o retrocesos logrados en la mitigación de los problemas.

El desarrollo del tema de tesis tiene la inquietud de realizar un trabajo que no solo implique una investigación bibliográfica exhaustiva si no que además contenga una labor de desarrollo social.

La idea de buscar el mejoramiento de la gasolina a partir de la adición de Etanol Anhidro, surge precisamente con el propósito de preservar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México, que ha sido afectada principalmente por la alta generación de emisiones de escape producidas por fuentes móviles.

El desarrollo de esta tesis se llevará a cabo en cinco capítulos que se describen a continuación.

El capítulo I menciona algunas generalidades para el entendimiento del tema.

El capítulo II menciona el ciclo termodinámico que rige al motor de combustión interna y sus principales sistemas.

El capítulo III nos da un panorama de las gasolinas que se consumen en el valle de México así como las características más importantes del Etanol Anhidro

El capítulo IV se describe el procedimiento experimental en el cual se enuncian los diferentes equipos que intervendrán en la evaluación de las pruebas.

El Capítulo V se analizará los resultados obtenidos en cada una de las pruebas para soportar así las conclusiones obtenidas.

OBJETIVO:

Evaluar el comportamiento técnico mediante pruebas de laboratorio al utilizar mezclas de Gasolina Etanol Anhidro en vehículos automotores a gasolina.

JUSTIFICACION

Con el propósito de preservar la calidad del aire en la ZMVM, que ha sido afectada por la alta generación de emisiones de escape producidas por fuentes móviles a gasolina. Se evaluarán mezclas Gasolina-Etanol Anhidro, así basándose en emisiones de escape así como rendimiento de combustible se comparará con la gasolina comercial existente actualmente en el mercado, para establecer si existen beneficios o en su defecto perjuicios al adicionar este tipo de oxigenado.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 PARQUE VEHICULAR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Hoy, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México existen aproximadamente 3 millones 500 mil vehículos en circulación, los cuales en promedio tienen una edad de 8 años y medio. Alrededor de 70% de estos vehículos fueron fabricados antes de 1991, cuando aún no se introducía el convertidor catalítico como equipo de fábrica; 23% de los vehículos tienen más de 14 años circulando.

De continuar el ritmo actual de renovación de la flota, para principios del próximo siglo los autos que circulen en la Zona Metropolitana tendrán convertidor catalítico en su totalidad.

Al hablar del parque vehicular en la Ciudad de México, es interesante conocer su composición y la forma en que se utiliza. Existe una proporción muy alta de autos privados (72%) en relación con el porcentaje que ocupan taxis, colectivos y autobuses de pasajeros (7.7%). Por otra lado, solo una pequeña parte de la población metropolitana hace uso de los autos privados (únicamente 15%) mientras que la mayoría utiliza diversos medios de transporte público.

Los datos anteriores demuestran que existe no solamente un uso ineficiente del auto privado, sino además un reparto desigual de la carga que representan los problemas de tráfico y contaminación por emisiones vehiculares, lo que determina la gran responsabilidad social de quienes disfrutan de este medio de transporte. Por ello resultan prioritarias e indispensables la expansión del transporte colectivo y la instrumentación de medidas orientadas al uso racional del auto privado. Esto se vuelve todavía más importante debido a que las tendencias apuntan a un

mayor incremento en la proporción de vehículos por habitante, en la medida que se consolida y amplía el bienestar social.

1.2 CONTAMINANTES VEHICULARES

Los vehículos automotores se pueden clasificar según el motor en tres grandes tipos: Motores a gasolina Ciclo Otto, motores de motocicletas con ciclos de dos tiempos y motores a diesel Ciclo Diesel. La contaminación producida por las emisiones de cada uno de ellos es del mismo tipo, pero las proporciones varían de acuerdo con el sistema de combustión, las características del motor y del tipo de combustible usado.

Los contaminantes provenientes de un motor de combustión interna son principalmente: Monóxido de carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de nitrógeno (NOx), partículas sólidas y líquidas, y óxidos de azufre.

El CO es el resultado de una combustión incompleta de los hidrocarburos principalmente de los combustibles vehiculares, este contaminante reacciona con la hemoglobina, sustituyendo el oxígeno de la sangre para dar la carboxihemoglobina y de acuerdo con la concentración en el aire y el tiempo de exposición produce dolores de cabeza, pérdidas de la agudeza visual, decrece la coordinación muscular o sea falta de reflejos, y cuando se encuentra en muy altas concentraciones puede ser fatal.

Los HC, también son producto de la combustión incompleta del petróleo y sus derivados, así como de la evaporación de gasolina y disolventes orgánicos. Algunos HC que se encuentran en el aire han producido cáncer en animales de laboratorio, experimentalmente, pero el principal problema de los hidrocarburos es la formación del llamado "smog" o niebla fotoquímica.

Los NOx son producto de la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno del aire en los procesos de combustión a altas temperaturas, como las alcanzadas dentro de los cilindros de los automóviles. Estos óxidos son tóxicos, de olor irritante y de color amarillo verdoso, aún a bajas concentraciones irritan los tejidos, principalmente ojos y vías respiratorias. En estudios recientes, se han comprobado algunas reacciones con sangre, para formar nitroxihemoglobina. Los NOx reaccionan con los HC mencionados anteriormente para dar la niebla fotoquímica con la ayuda de la energía solar y formar en ciertos casos compuestos del tipo del nitrato de peroxiacetilo, que causan lagrimeo y ardor de ojos y garganta.

Las partículas que pueden ser sólidas o líquidas se forman principalmente en vehículos en mal estado de mantenimiento y son las que forman el humo visible de los automotores, aunque la mayor parte de las partículas provienen de industrias polvosas, como son: cemento, yeso, cal, etc., y por arrastre de los vientos de tierra y arena suelta. Las partículas se pueden clasificar por su tamaño en sedimentables y en suspensión provocando enfermedades de las vías respiratorias superiores en los dos casos y las que están en suspensión por su pequeño tamaño pueden depositarse en los pequeños alvéolos pulmonares.

Los óxidos de azufre contaminantes de la atmósfera son el bióxido y el trióxido de azufre que son producto de la combustión de combustibles fósiles ricos en azufre. Estos contaminantes tienen mucha importancia por su influencia en las vías respiratorias y el daño sobre vegetación y las propiedades.

En general, todos los contaminantes mencionados son perjudiciales en mayor o menor grado y también todos son producidos a diversas escalas por vehículos automotores.

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ZMVM

La Cd. de México, debido a su topografía, condiciones climáticas, la altura sobre el nivel del mar (2,240 m), aunado a la idiosincrasia de sus habitantes y a la explosión demográfica, más de 18 millones de personas incluyendo lo que se denomina Area Metropolitana, produce grandes problemas de contaminación atmosférica.

Esta contaminación es producida en una gran proporción, por los vehículos con motores de combustión interna, que en un número cercano a 3.5 millones, sin incluir motocicletas, circula por las calles de nuestra Ciudad. Los vehículos en México tienen un promedio de vida de 12 años, por lo cual se puede considerar que por su estado mecánico, todos son emisores fuertes de contaminantes. Los vehículos nuevos representan entre un 10 y 15% de la población automotriz, por lo que los sistemas de control de emisión de contaminantes que pueda tener un vehículo nuevo, si se conserva en perfectas condiciones, tienen un valor relativo en el número de vehículos.

El problema de la contaminación por vehículos se agrava por las siguientes razones, producto de nuestra idiosincrasia:

- 1.- Malas condiciones de mantenimiento.
- 2.- Falta de conciencia de choferes y propietarios de vehículos
- 3.- Falta de talleres adecuados y mecánicos responsables.

Además de que las montañas que rodean la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (las sierras del Ajusco, Chichinautzin, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina) Constituyen una barrera natural que dificulta la circulación del viento, ya de por sí débil e intermitente durante la mayor parte del año, impidiendo el

desalojo del aire contaminado hacia fuera del Valle. La dirección predominante de los vientos (norte-sur) ocasiona que los contaminantes generados en la zona de mayor actividad urbana, industrial, de servicios y de transporte sean distribuidos en todo el resto de la mancha urbana.

En este viaje, algunos contaminantes (como las partículas) tienden a diluirse, disminuyendo gradualmente su concentración “viento abajo” de las zonas donde se generan. En el caso de los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, al transportarse van reaccionando entre sí para dar lugar a la formación de ozono. Ésta es la razón por lo que las mayores concentraciones de este contaminante se presentan en la zona sureste, a pesar de que sus precursores se generan en mayores cantidades en el norte y centro de la Ciudad

1.4 INVERSIÓN TÉRMICA

En el Valle de México ocurren frecuentes inversiones térmicas que propician el estancamiento de los contaminantes.

Las inversiones térmicas son un fenómeno natural que ocurre durante las primeras horas de la mañana debido al enfriamiento de la superficie del suelo. La capa de aire que se encuentra en contacto con esta superficie adquiere una temperatura menor que las capas superiores, por lo que se vuelve más densa y pesada. Las capas de aire que se encuentran a mayor altura y que están relativamente más calientes actúan entonces como una “tapa” que impide el movimiento ascendente del aire contaminado.

Bajo la influencia del sol, la superficie del suelo y del aire adyacente aumentan de temperatura, durante la mañana, por lo que el aire caliente tiende a ascender permitiendo el rompimiento de la inversión térmica, lo que permite nuevamente la ventilación vertical de la atmósfera (fig. 1).

El Valle de México se encuentra a una altura de 2,240 metros, por lo que su contenido de oxígeno es 23% menor que al nivel del mar. Esta deficiencia de oxígeno hace que los procesos de combustión interna sean menos eficientes y más contaminantes.

Además la alta radiación solar de la que disfrutamos incrementa el potencial de la atmósfera de nuestro Valle para la formación del ozono a partir de precursores (los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos). En comparación con los Ángeles (la ciudad estadounidense con el problema de ozono más persistente) la atmósfera de la Ciudad de México es 40% más reactiva, de acuerdo con estudios realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo lo que significa un mayor potencial para la formación de ozono .

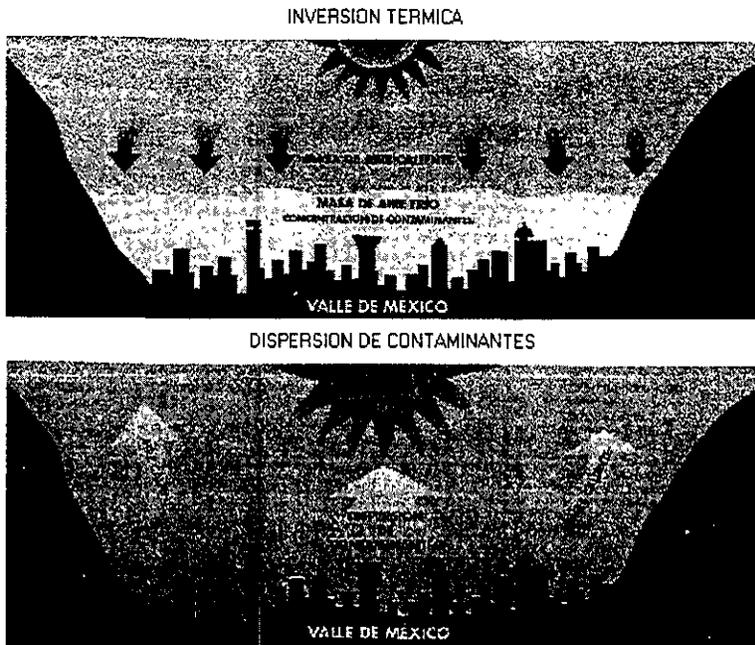


Fig 1

1.5 DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES

La preocupación de Autoridades e Industria Automotriz mexicanas por combatir la contaminación ambiental proveniente de los vehículos automotores, data de los años setentas.

En 1971 la Industria Automotriz, de común acuerdo con las autoridades, incorporó la Ventilación Positiva del Cáster (PCV), en todos los automóviles y camiones a gasolina, como primera medida anticontaminante. Con esta acción se redujo un 20% la emisión de Hidrocarburos no quemados a la atmósfera.

En 1972 fue incorporado el sistema de Control de Emisiones Evaporativas provenientes del tanque de combustible y el carburador en los automóviles, reduciéndose otro 20% la emisión de HC a la atmósfera.

A partir de 1974, la Industria comenzó a incorporar sistemas de reducción de contaminantes provenientes por el escape. Estos contaminantes son, además de los ya mencionados, el Monóxido de Carbono (CO) y los Oxidos de Nitrógeno (NOx). Los sistemas mencionados incluían mezclas más pobres y chispas de encendido optimadas, para combustiones más completas en todo el rango de operación del motor.

Los primeros niveles máximos permisibles de los contaminantes mencionados fueron fijados en México a partir de 1975 y paulatinamente fueron haciéndose más estrictos en los siguientes años.

A partir de 1991, los niveles permisibles en el país, nuevamente se reducen al punto de requerir sistemas anticontaminantes de alta tecnología, como lo son los convertidores catalíticos y otros, para llegar en 1993 (en automóviles) y en 1994

(en camiones), a alcanzar los niveles permisibles actuales de emisiones que rigen en Estados Unidos.

Durante todo este período, el abatimiento de los contaminantes se fue llevando a cabo a través de rediseños globales en las unidades. Entre ellos se encuentran: reducción en los tamaños y pesos de los vehículos, carrocerías más aerodinámicas, motores más pequeños y eficientes con cámaras de combustión rediseñadas para mejorar la combustión y la propagación de la flama, sistemas de manejo de combustible y encendidos computarizados que proporcionan una dosificación en la relación aire/combustible más precisa y eficiente.

Para estimular el mantenimiento adecuado de las unidades, la industria procuró, mientras fue posible, mantener la máxima simplicidad en los componentes del motor. Sin embargo ha llegado el momento en que para poder cumplir con los niveles máximos permisibles de emisiones de gas de escape y mínimos de consumo de combustible, la industria incorpora sistemas anticontaminantes de la más alta tecnología como son los Convertidores Catalíticos.

Existen fundamentalmente 2 tipos de Convertidores Catalíticos para los vehículos automotores propulsados a gasolina: los oxidativos o de dos vías que oxidan HC y CO, y los de tres vías TWC (Three Way Catalyst), que además de oxidar HC y CO reducen también los NOx.

Su carcasa exterior puede considerarse similar a la de un típico silenciador; sin embargo, su forma es ligeramente diferente y generalmente lleva una sobrecubierta de aluminio para una mejor disipación de calor y protección. El convertidor va colocado también en la tubería de escape.

El material exterior de la carcasa es de acero inoxidable y en su interior se encuentra un substrato de cerámica recubierto con alúmina, donde se depositan metales preciosos tales como platino (Pt), Paladio (Pd) y Rhodio (Rh).

El gas de escape al pasar a través de las celdillas del substrato, desencadena una reacción química, oxidando en gran medida los HC y el CO como ya se mencionó, y reduciendo los NOx, obteniéndose vapor de agua H₂O, Bióxido de Carbono CO₂, y Nitrógeno N₂. (FIG 2)-

Los convertidores catalíticos que la industria automotriz ha incorporado a partir del año 1991 en vehículos nacionales y en importados, no requieren de ningún mantenimiento. Son altamente eficientes y confiables si se usa gasolina sin plomo y los vehículos son adecuadamente mantenidos.

Nótese que la capacidad de conversión se reduce dramáticamente y no se recupera en el caso de los HC y NOx, que son los precursores de ozono (O₃), el principal contaminante que tiene la zona metropolitana de la Ciudad de México y otras ciudades.

El mantenimiento adecuado de los vehículos equipados con convertidor catalítico, es vital para evitar el sobrecalentamiento del mismo y por lo tanto, el sintetizado de los metales que contiene, lo cual ocasiona también desactivación permanente de su actividad catalítica y posibles daños a los componentes internos del motor. Fallas consideradas como menores y sencillas de corregir, tales como cables de bujía dañados o bujías con funcionamiento intermitentes o inoperantes, son capaces de incrementar la reacción química dentro del convertidor y llegar a desactivar parcial o totalmente su operación, si es que no son corregidas oportunamente. Algo similar sucede si el motor "pasa aceite", debido a daños o desgastes en sus componentes internos.

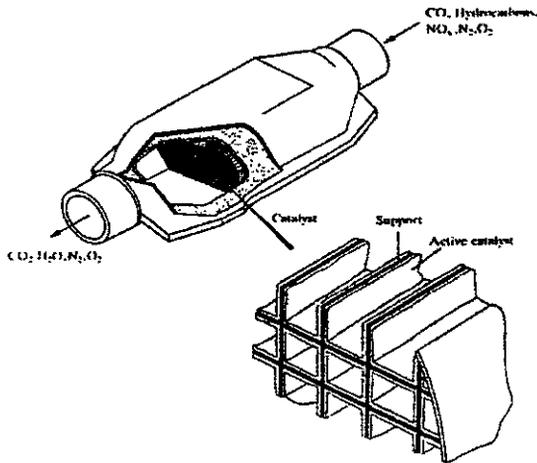


Fig 2

1.5.1 OTROS COMPONENTES ANTICONTAMINANTES.

Los convertidores catalíticos que incorporan los nuevos modelos 1991, forman parte en la gran mayoría de ellos, de un sistema global anti-contaminante con retroalimentación (closed loop), que incluye: sistemas computarizados de manejo de combustible e ignición; sensores de oxígeno (EGO) que son colocados en el sistema de escape antes del convertidor y que permiten a través de señales a la computadora del motor, mantener la óptima modificación aire/combustible en el mismo; sistemas de recirculación de gas de escape (EGR) que al recircular un porcentaje bajo a las cámaras de combustión y sólo en algunos modos de operación del motor coadyuvan a reducir los NO_x.

Por complicado que parezca, el funcionamiento e interrelación de todos estos dispositivos, son de una alta confiabilidad, habiendo sido ya probados y mejorados por las casas matrices en sus mercados de origen. Son prácticamente libres de mantenimiento y extremadamente eficientes, si se siguen las recomendaciones ya señaladas.

CAPÍTULO II

MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA (GASOLINA).

El motor funciona al quemar un combustible de manera controlada. Mezclando el aire y el combustible en la proporción correcta e incendiándolo, causa una rápida liberación de energía. Si la mezcla aire combustible se incendia en un cilindro cerrado y uno de sus extremos se puede mover, la expansión de los gases incrementa la presión en el cilindro moviéndolo y provocando trabajo útil.

II.1 CICLOS TERMODINÁMICOS.

Ciclo es una serie de operaciones después de las cuales el aparato, o sustancias, vuelven periódicamente a un determinado estado o configuración.

Los ciclos en los motores de combustión interna nos ayudan a mostrar los efectos de los cambios en las condiciones de operación, para indicar el rendimiento máximo, así como para comparar un tipo de motor con otro, ya que los motores de combustión interna no cumplen con un ciclo termodinámico (para que suceda esto el fluido operante de un sistema experimenta un cierto número de procesos y eventualmente regresa a su estado inicial, lo cual no ocurre con los motores de combustión interna).

Cada movimiento de ascenso y descenso del pistón se le llama carrera. Casi todos los motores de automóvil requieren de 4 movimientos del pistón para completar un ciclo de combustión. Estas 4 carreras ocurren cada 2 revoluciones del cigüeñal. El ciclo es como sigue:

ADMISIÓN

La válvula de admisión se abre permitiendo al combustible y al aire entrar al cilindro mientras, la válvula de escape permanece cerrada. La rotación del

cigüeñal hace descender el pistón permitiendo la admisión del aire y el combustible. Fig. 3 (a).

COMPRESIÓN

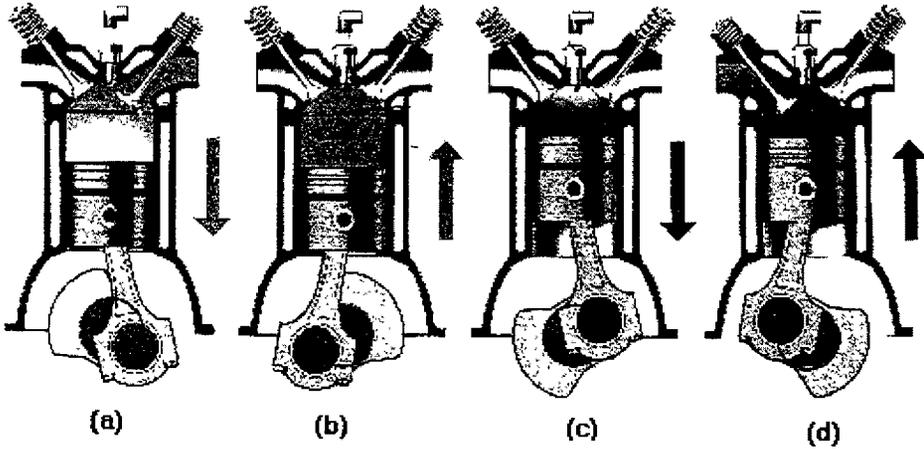
Estando el pistón en la parte baja de la etapa de admisión, el cigüeñal forza al pistón a subir. En esta carrera las válvulas tanto las de admisión como las de escape se encuentran cerradas y el pistón actúa como un compresor, comprimiendo la mezcla aire combustible. Fig. 3 (b)

EXPANSIÓN (CARRERA DE POTENCIA)

En la parte alta de la etapa de compresión un instante antes de que el cigüeñal cause que el cilindro descienda nuevamente, la mezcla aire-combustible se incendia y arde muy rápido. Debido a que no existe mucho espacio entre el pistón y la cabeza del cilindro, la presión en el cilindro se incrementa. El pistón, el cual es el único elemento móvil, es presionado hacia abajo con gran fuerza. Ésta actúa sobre el pistón y se traslada a través de la barra conectora (biela) al cigüeñal provocando un torque (fuerza giratoria). Este torque suministra la potencia para mover la llanta motriz. Fig. 3 (c).

ESCAPE

Al final de la carrera de expansión el pistón se encuentra en la parte baja del cilindro. Dentro del cual se encuentran gases, los cuales deben ser removidos. El pistón se mueve hacia arriba debido al movimiento del cigüeñal pero esta vez en lugar de permitir que los gases sean comprimidos, las válvulas de escape se abren y los gases son expulsados del cilindro. Al final de la etapa de-escape, el pistón se encuentra en la parte superior, los gases han sido expulsados y el cilindro esta listo para iniciar el ciclo nuevamente. Conforme el pistón inicia su movimiento hacia abajo la válvula de escape se cierra, la válvula de admisión se abre y el ciclo de 4 tiempos empieza nuevamente. Fig. 3 (d).



CICLO DE 4 TIEMPOS

Fig.3

Existen diferentes tipos de procesos que ocurren en el ciclo otto los cuales se mencionan a continuación además de indicar que variables intervienen en dicho proceso. (Fig. 4 y 5)

ADMISION.-

- Este proceso se lleva a cabo bajo condiciones ambientales
- Existe un aumento de Volumen.
- Además la mezcla entra a una Temperatura variable.
- La Presión se mantiene constante.

COMPRESION.-

- Aumento de Presión y de Temperatura
- Disminución de Volumen.
- Entropía Constante (es decir sin perdidas por fricción)

EXPLOSIÓN.-

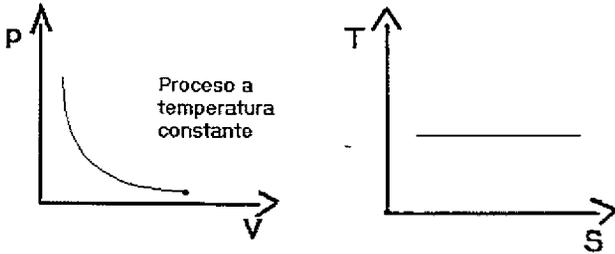
- Volumen constante.
- Presión y temperatura aumentan.

EXPANSION.-

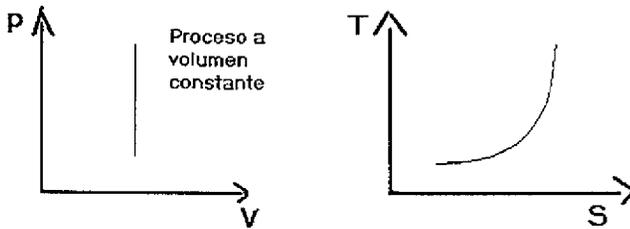
- Proceso a Entropía Constante
- Presión disminuye al igual que la Temperatura.
- Aumento de volumen
- Existe un trabajo.

ESCAPE.-

- Existencia de energía mecánica.
- Perdida de calor.
- Incremento de Entropía.
- Temperatura y Presión disminuyen.
- Volumen constante.
- El sistema entrega trabajo.



Los procesos a $T=cte$ lo constituyen básicamente las compresiones y las expansiones



Los procesos a $V=cte$ lo constituyen básicamente los calentamientos o enfriamientos.

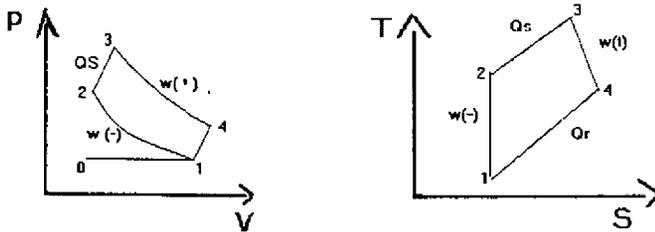


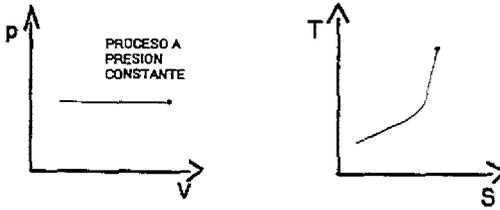
FIG.4

Q_s = Recibe calor

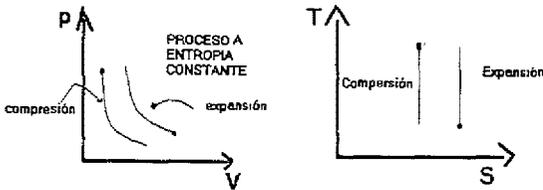
Q_r = Calor liberado

$W(+)$ = Recepción de trabajo.

$W(-)$ = Suministro de trabajo



Los procesos a presión constante lo constituyen los enfriamiento y calentamientos



En este proceso el sistema se considera sin pérdidas por fricción es decir a Entropía constante y sin pérdida o transferencia de calor

FIG 5

II.2 SISTEMAS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

II.2.1 SISTEMA DE ENCENDIDO.

El sistema de encendido está formado, por lo general, de un acumulador de 12 V, una bobina de inducción, o bien, de un magneto de alta tensión con su distribuidor. En la actualidad se emplean dispositivos electrónicos para interrumpir la corriente primaria en lugar de un interruptor de contacto.

En los motores en línea, el orden usual de encendido es 1,3,4,2 o 1,2,4,3 para cuatro cilindros; 1,5,3,6,2,4 (en los motores de automóviles americanos) o

1,4,2,6,3,5 para seis cilindros en línea; 1,6,5,4,3,2 para motores V6. Es común el procedimiento, para los motores V8, de numerar los cilindros de adelante hacia atrás, con los números pares en la bancada izquierda, vistos desde el sitio del conductor.

La separación en la punta de las bujías varía dentro de un intervalo que va desde 0.5 hasta 2.0 mm (0.020 a 0.080 pulg.). En las separaciones más pequeñas, se requieren de 4,000 a 8,000 V, en tanto que para las más grandes el voltaje requerido varía de 10,000 a 34,000 V.

El avance óptimo de la chispa depende en forma principal de la mezcla aire-combustible, de la cantidad residual de gas, de los requisitos que existan sobre el control de las emisiones, del diseño de las cámaras de combustión, de la turbulencia, de la velocidad del motor, del número de bujías y de su colocación. La relación aire-combustible para obtener la máxima potencia requiere el mismo avance de la chispa. Los motores de baja velocidad necesitan de 10 a 15 grados (recorrido del cigüeñal) de avance de la chispa, y en motores de altas velocidades el requerimiento es de 30 a 40 grados.

En la mayoría de los motores para automóviles el avance de la chispa se controla en forma automática por la velocidad del motor y el vacío del múltiple de admisión; el aumento de estas dos características provocan el aumento independiente del avance de la chispa.

II.2.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Con válvulas abriendo y cerrando, pistones moviéndose hacia arriba y hacia abajo, el cigüeñal y el árbol de levas girando, las bujías generando chispas y específicamente el encendido del combustible, la energía calorífica generada en el motor es considerable. La temperatura dentro de la cámara de combustión es aproximadamente de 1100°C. Puesto que esta alta temperatura puede crear

problemas para los materiales de los que esta hecha la máquina, es clara la necesidad de remover este calor, lo cual es trabajo del sistema de enfriamiento. Cuando la máquina es sobrecargada, se quema más combustible y consecuentemente se necesita extraer más calor a través del sistema de enfriamiento. Un termostato detecta el incremento en temperatura del refrigerante que entra al cilindro y responde al abrir la válvula que controla la cantidad de refrigerante al radiador. El sistema de enfriamiento está presurizado de tal manera que el punto de evaporación del refrigerante se eleve, permitiendo que el motor opere ligeramente más caliente y más eficiente. Parte del refrigerante es desviado del sistema principal y dirigido a pequeños radiadores los cuales proveen calor a la cabina. Rara vez el agua sola puede ser utilizada como refrigerante ya que tiene 3 desventajas: se congela, se evapora y produce corrosión. Adicionando un volumen igual de glicol anticongelante el agua, ayuda a vencer estas desventajas. La mezcla agua-glicol tiene un alto punto de ebullición, contiene inhibidores de corrosión y bajo punto de congelación.

II.2.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

Para que un motor de combustión interna desarrolle un trabajo satisfactorio, es vital disponer de un aceite lubricante adecuado, con lo cual se evita el desgaste excesivo y la acumulación de depósitos, así como también se elimina el calor de las áreas de concentración relativa de altas temperaturas dentro del motor.

La mayoría de los aceites de motor están compuestos de aceites básicos y aditivos. Los aceites básicos, por lo general, son de origen mineral, aún cuando algunos son sintéticos. Los aditivos químicos se agregan a los aceites para motor según fórmulas que permiten obtener las características adecuadas para el funcionamiento, las cuales no tienen los aceites básicos.

II.2.4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible empieza en el cuello del tanque de gasolina y termina en las válvulas de admisión de la cabeza, en donde la mezcla vaporizada de aire y gasolina entra a las cámaras de combustión del motor. La bomba de la gasolina lleva el combustible líquido, a través de varios filtros, desde el tanque hasta el carburador, donde se mezcla con el aire y se pulveriza, y al entrar al vacío parcial del múltiple de admisión empieza a evaporarse.

La gasolina líquida no arde. Cuando parece que un charco de gasolina se está quemando, en realidad son los vapores que despiden los que están en llamas; por ello, para obtener la máxima potencia del motor y el mayor rendimiento de la gasolina, además de reducir los contaminantes que produce la combustión incompleta, es necesario que la gasolina se vaporice al máximo antes de llegar a las cámaras de combustión.

La alimentación de la gasolina al motor es realizada mediante un carburador o en los modelos más recientes mediante un inyector de combustible.

II.2.5 SISTEMA DE ESCAPE.

El sistema de escape de los automóviles descarga los gases calientes y venenosos del motor a la atmósfera. Este sistema también reduce el ruido de la combustión y, con el convertidor catalítico los contaminantes del escape se transforman por reacción química en sustancias menos tóxicas.

Los gases quemados son expulsados con gran fuerza de la cámara de combustión y las ondas de choque supersónicas a alta presión que generan, rebotan en el múltiple de escape varios miles de veces por minuto.

Las fallas del motor se pueden detectar al observar y escuchar el sistema de escape; un tono irregular puede deberse a defectos de encendido o a un mal ajuste del carburador. El humo negro en el escape indica una mezcla de gasolina

demasiado rica o fallas en el sistema de inyección de aire. La salida de humo azul intenso cuando se acelera el automóvil revela que pasa aceite a la cámara de combustión porque las guías de las válvulas o los anillos del pistón están desgastados. El humo blanco indica fuga del líquido de enfriamiento.

II.3 SISTEMA DE CARBURACIÓN

El combustible suministrado a los cilindros del motor es una mezcla de aire y gasolina. La formación de la mezcla aire-gasolina consiste en la atomización de la gasolina y la mezcla de las partículas de gasolina finamente divididas con el aire. La carrera de admisión del motor reduce la presión en el cilindro y carburador, lo que hace que el aire, a presión atmosférica, circule a través del sistema de admisión y que la gasolina sea pulverizada. Esta caída de presión se acentúa mediante una sección reducida o de tipo venturi que aumenta la velocidad del aire y la presión en este punto.

Durante el proceso de carburación tienen lugar la vaporización superficial de las gotas y partículas, lo que origina la desaparición de las más finas y la reducción de tamaño de las otras. Lo ideal sería la vaporización total del combustible. En la práctica apenas existe vaporización de combustible, algo de gasolina en forma líquida entra a los cilindros, donde debe mezclarse y vaporizarse en las carreras de admisión y compresión pues de otra forma resulta una combustión incompleta. Para un funcionamiento normal con un motor calentado, la proporción adecuada de la mezcla es aproximadamente 15 de aire por 1 de gasolina. Para funcionamiento con motor frío, o acelerando se requiere una mezcla más rica, que puede ser de 9 de aire por 1 de gasolina. La función del carburador es regular esta mezcla según las condiciones de funcionamiento.

La configuración de la entrada del carburador, proporciona otra oportunidad, para producir una presión menor que la atmosférica, (fig 6).

En vez que exista un flujo de aire suave a través de la entrada, el aire es forzado a fluir por una restricción en forma de reloj de arena.

El efecto Venturi es posible debido a que el aire no es un fluido continuo; consiste en partículas separadas o moléculas. Cuando las partículas entran al venturi, viajan a la misma velocidad. A medida que el área se reduce, las partículas tienen que aumentar su velocidad, si todas quieren o deben pasar por la restricción. Así que las primeras partículas, se adelantan a las otras partículas que vienen atrás de ellas. Esto origina que la distancia entre las partículas sea más grande después de pasar a través de la restricción del venturi, creando un vacío parcial.

(Incremento de la distancia entre las partículas).

A la relación más baja (menor aire que gasolina) se le denomina mezcla rica y a la relación más alta (más aire que gasolina) mezcla pobre.

La cantidad de aire que pasa por el carburador se regula con el papalote del acelerador. Si no existiera este regulador que es accionado por el pedal del acelerador y al cual se le conecta por medio de una serie de palancas y de varillas o de un chicote, el motor se aceleraría al máximo después de arrancarlo y podría llegar a dañarse.

Cuando el aire pasa por el venturi, disminuye su presión y succiona gasolina de la taza del flotador. Si el papalote del acelerador está muy abierto, entra aire rápidamente, y al disminuir la presión del aire entra más gasolina, esto produce en las cámaras de combustión mayor potencia para la marcha del motor. Es un proceso que se alimenta a sí mismo, como una reacción en cadena, y se regula únicamente con el papalote.

La fuente de combustible para el carburador, está en una reserva colocada al lado del cuerpo principal y se llama cuba. El movimiento rápido del aire a través de la

entrada del carburador, a una menor presión, causa que el combustible sea descargado por cada uno de los puertos dentro del carburador, debido a la mayor presión dentro de la cuba. El control de las cantidades de combustible, que entra a la corriente de aire, es regulada por las espreas de medición y por la calibración de las aberturas de los puertos de combustible. Existen pasajes entre la cuba y el venturi para permitir que fluya el combustible de la cuba al venturi. Estos pasajes son parte de los varios sistemas del carburador, incluyendo:

II.3.1 SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DE LA GASOLINA

El sistema de la taza del flotador que asegura la alimentación permanente de gasolina, esto es cuando se succiona la gasolina de la taza del flotador hacia el venturi, tanto el flotador como la aguja bajan por la acción de la gasolina enviada a presión por la bomba.

Cuando se llena la taza, el flotador sube y la aguja al subir cierra el paso de la gasolina. Este sistema asegura el abastecimiento constante de gasolina en el venturi.

II.3.2 SISTEMA DE MARCHA MÍNIMA.

En marcha mínima, el papalote del acelerador está casi cerrado y la gasolina entra por una esprea situada debajo del papalote y es el vacío del múltiple de admisión y no el del venturi el que la succiona. En este caso la cantidad de gasolina necesaria es poca.

Este sistema produce la mezcla más pobre posible para mayor economía entre 55 y 110 km/h. La boquilla principal de descarga suele estar colocada en su propio y diminuto venturi. La esprea de aire mantiene la mezcla adecuada para cualquier velocidad del motor.

II.3.3 SISTEMA DE POTENCIA

Un motor sometido a cargas pesadas (cuando el automóvil va cargado al máximo o subiendo una pendiente) requiere una mezcla más rica abastecida por el sistema de potencia. Al aumentar la carga del motor el vacío del múltiple de admisión disminuye. Si llegará a disminuir por debajo de un punto determinado, un diafragma con resorte abre la válvula de dosificación que permite que entre más gasolina al sistema principal para mejorar el rendimiento. Cuando aumenta el vacío en el múltiple se cierra la válvula.

II.3.4 SISTEMA DE MEDICIÓN PRINCIPAL

Conforme la mariposa continúa abriendo, la responsabilidad de proporcionar la mezcla aire/combustible requerida, se transfiere de los sistemas de marcha lenta y de baja velocidad al sistema de medición principal. Los sistemas de baja velocidad no cesan repentinamente de suministrar la mezcla aire/combustible. Es más que una transición gradual. Los sistemas de baja velocidad terminan su labor cuando el sistema de medición principal empieza.

A medida que la mariposa se mueve hacia la posición de abierto, fluye una cantidad suficiente de aire a través del carburador para crear un vacío dentro del venturi. El extremo de la nariz de descarga, se posiciona en el área de baja presión por el efecto venturi. Ahora, existe una diferencia de presiones entre el extremo de la nariz y el combustible dentro de la cuba. Esta diferencia de presiones permitirá a la presión atmosférica empujar el combustible de la cuba al sistema de medición principal. El combustible entra al sistema a través de la esprea de medición principal, localizada en el fondo de la cuba. El orificio a través de la esprea se llama orificio de medición y se puede ajustar para regular la cantidad de combustible que sale de la cuba. A medida que el combustible fluye por el sistema de medición principal, se mezcla con el aire, que proporciona una mezcla atomizada en la nariz de descarga. La mezcla se vaporiza a medida que se mezcla con la corriente de aire que pasa por la nariz de descarga.

Mientras más rápido funcione un motor, más combustible fluirá a través del sistema de medición principal. La relación entre la velocidad del flujo de aire y el vacío del vénturi, resultará en una relación aire/combustible casi constante, debido a que es mantenida por el sistema de medición principal desde aceleración parcial hasta aceleración total. El sistema de medición principal proporciona una mezcla aire/combustible más pobre que cualquier otro sistema de combustible dentro del carburador, esto es posible debido a que el sistema principal funciona cuando el motor está operando en una condición de aceleración parcial y no está bajo carga severa. Un motor puede operar eficientemente con una mezcla aire/combustible más pobre bajo esas circunstancias.

II.3.5 COMPENSADOR DE ALTURA

A medida que la capa de aire se vuelve más delgada, la mezcla aire/combustible será más rica. Antes de que los carburadores fueran forzados a operar con mezclas pobres, como resultado de un control de emisiones, los cambios en la altitud eran menos importantes. La frontera de pobreza de los carburadores recientes no proporcionan un rango que compense los cambios de altura.

La mezcla rica se puede empobrecer introduciendo aire suplementario. El aire entrara al carburador a través de una válvula, la cual será abierta y cerrada por un compensador de altura. Este dispositivo contiene una cápsula aneroide que se mueve en relación a los cambios en la presión atmosférica. El aneroide es un fuelle al que se le ha sacado todo el aire, lo cual le permite actuar como un barómetro. Cuando sensa una menor presión atmosférica se abre la válvula medidora y fluye aire.

II.3.6 AHOGADOR

Un carburador se enfrenta a dos problemas cuando el conductor intenta poner en marcha un motor frío. Primero, debido a que las velocidades normales para dar marcha son de 100 RPM, la cantidad de aire que fluye por el carburador es muy

pequeña. Con este flujo tan pequeño, no se puede crear una diferencia de presiones dentro del vénturi y el combustible no saldrá de la cuba. En adición a una velocidad baja del flujo de aire el combustible no vaporiza tan rápido como el combustible caliente.

De hecho, el combustible y el motor pueden estar tan fríos que el combustible que entra al motor se condensa, al entrar en contacto con el múltiple de admisión que está frío. A menos que la mezcla se enriquezca con combustible adicional, el quemado lento del combustible parcialmente vaporizado originará una pérdida de potencia y que el motor se pare. Si la mezcla se enriquece lo suficiente, el vapor de combustible entrará a los cilindros para que el motor funcione suavemente desde que empieza a funcionar.

Este problema (bajo flujo de aire y altos requerimientos de combustible) se resuelve con el sistema de ahogador.

El ahogador consiste en una placa montada en la parte superior del carburador. Cuando se cierra, se restringe el aire de entrada y pasa muy poco dentro del carburador. La placa materialmente bloquea el paso del aire. Cuando se le da marcha al motor, con el papalote cerrado, el vacío del múltiple de admisión se expande y llega hasta el Vénturi del carburador.

Ahora existe una diferencia de presiones muy grande dentro del vénturi y el combustible será empujado de la cuba a través de la nariz de descarga principal. La cantidad de combustible entregado y la poca cantidad de aire, produce una mezcla aire/combustible lo suficientemente rica para encender el motor.

Tan pronto como el motor arranca, su velocidad aumenta inmediatamente de la velocidad de arranque 100 RPM a la velocidad de marcha lenta acelerada que a menudo excede las 1200 RPM. Para empobrecer la mezcla, el papalote abre un

poco para permitir un flujo mayor de aire. Esta pequeña abertura de la placa se llama retroceso del papalote y es necesaria para evitar una mezcla demasiado rica que provocaría que el motor fallara.

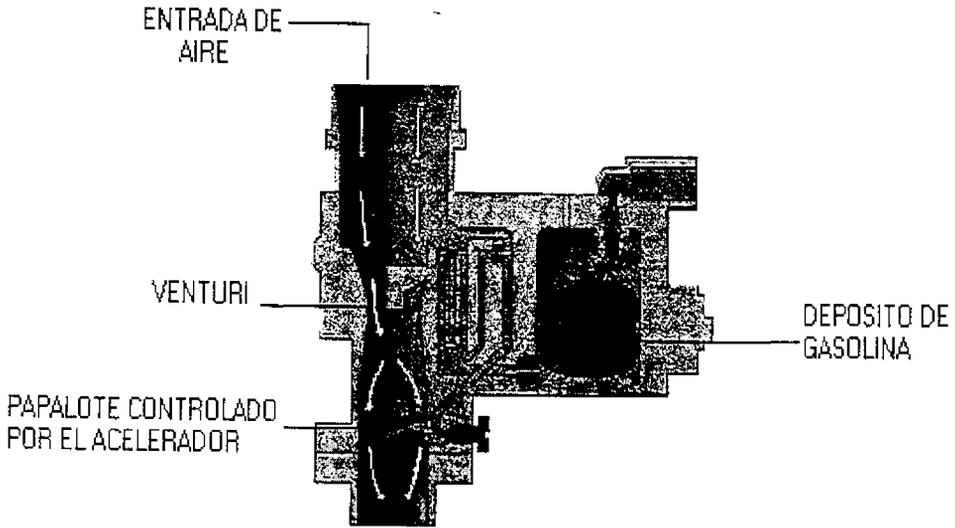


FIG 6

2.4 INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

El sistema de inyección de combustible en los motores de automóviles es un método de alta tecnología necesario para alcanzar niveles más altos de rendimiento.

La inyección de combustible es el método de introducir gasolina y aire a las cámaras de combustión en la proporción más adecuada. Este sistema sustituye al carburador, el cual no logra una mezcla tan precisa en cualquier momento.

Un carburador, incluso el más complejo, es básicamente un instrumento simple rodeado de un buen número de sistemas que corrigen las deficiencias que son inherentes al diseño mismo del carburador. En sí, el carburador contiene varios sistemas en un solo cuerpo. Hay un sistema que mezcla el combustible y el aire para la marcha mínima; este sistema necesita a su vez algún método para enriquecer la mezcla al calentar el motor estando frío. Otro sistema es necesario para entregar gasolina en la aceleración, o sea, hacer la mezcla más rica cuando se abre repentinamente la garganta y evitar así que el motor se pare. Se necesita otro sistema más para mezclar combustible y aire en la proporción correcta para mantener el automóvil a determinada velocidad en el camino.

El moderno sistema de inyección de combustible es la solución a los inconvenientes que presenta el carburador. Valiéndose de sensores montados en varias partes del motor, la computadora puede determinar exactamente la mezcla requerida en cualquier momento. El sistema de admisión de aire es una simple puerta para oxígeno (Aire) más que un sistema de mezcla; de modo que el aire que entra puede ser medido y regulado a la necesidad precisa del motor.

El combustible es inyectado a la masa de aire justo arriba de la válvula de admisión de cada cilindro, y de este modo no hay problema respecto a que un

cilindro que esté cerca del carburador reciba una mezcla más rica que otro cilindro que esté lejos del carburador.

Es importante identificar todos los componentes de un sistema, cómo trabajan y su relación con el resto del sistema, antes de intentar cualquier mantenimiento y reparación de un modelo determinado. Todos los sistemas de inyección son delicados y vulnerables al polvo, agua, óxido y manejos descuidados.

Igualmente algunos aditivos para gasolina pueden dañar las líneas de combustible o algunos componentes como el sensor de oxígeno.

2.4.1 TIPOS DE INYECCION DE COMBUSTIBLE.

Existen tres tipos básicos de inyección de combustible en los automóviles modernos a gasolina.

- a) Inyección de combustible por tiempos TFI (Timed Fuel Injection).
- b) Inyección continua de combustible CFI (Continuous Fuel Injection).
- c) Inyección por el cuerpo del estrangulador TBI (Throttle Body Fuel Injection).

Estos sistemas pueden adoptar diferentes nombres con cada marca de automóvil, pero es necesario hacer notar que los sistemas de un mismo tipo son muy similares entre sí. Variando únicamente en algunos componentes o sensores, y en forma de adaptarlo al motor en particular: en línea o en V, transversal o paralelo, de 4, 6 u 8 cilindros.

El tipo de inyección más usado en México es el de inyección por tiempos, pero tal vez sean introducidos sistemas de inyección continua.

Existen además subdivisiones dentro de estos tres tipos; la inyección de combustible por tiempos puede ser mecánica o eléctricamente templada. La inyección continua puede ser mecánica o controlada por computadora.

2.4.2 INYECCION DE COMBUSTIBLE POR TIEMPOS

Este tipo de inyección permite la entrega de idénticas cantidades de gasolina para cada cilindro, en grandes cantidades y solamente al abrirse la válvula de admisión. Hay dos tipos básicos de inyección mecánica por tiempos: Alta presión con una unidad medidora, y baja presión con una bomba de inyección. Con el sistema de alta presión la gasolina es entregada del tanque a la bomba medidora de inyección a muy alta presión, de 100 a 125 lbs/ in². Una válvula de alivio en el sistema medidor regresa la gasolina no usada al tanque, de tal manera que la presión permanece constante a todas las velocidades del motor. Dentro de la unidad medidora, un rotor girado por el motor directamente, distribuye la gasolina a cada inyector en el momento justo. El rotor gira a una y media vueltas del cigüeñal, y así cada inyector recibe gasolina sólo en la carrera de admisión.

Las toberas de los inyectores tienen un resorte de cierre automático, permaneciendo cerradas hasta que son forzadas a abrirse por la alta presión de la gasolina.

El segundo tipo de inyección mecánica por tiempos, de baja presión con una bomba de inyección entrega gasolina del tanque a la bomba de inyección a baja presión. Esta bomba es una hilera o serie de pistones que proporcionan una cantidad exacta de gasolina en el preciso momento a cada cilindro; hay un pistón por cada cilindro del motor.

2.4.3 INYECCION ELECTRÓNICA

Al igual que la inyección mecánica por tiempos, la gasolina es entregada a un inyector (colocado usualmente arriba de la válvula de admisión), por una bomba de alta presión. La diferencia estriba en que el inyector es electrónicamente controlado, y eléctricamente abierto. La computadora decide el momento de abertura respondiendo a los sensores distribuidos en el motor y manda una señal al inyector preciso, el cual contiene un solenoide que abre la tobera, la que a su

vez atomiza la gasolina sobre la válvula. La cantidad de gasolina inyectada se determina por el tiempo que dura energizado el solenoide, ya que la presión en el conducto de la gasolina es constante siempre. Ese tiempo es decidido por la computadora.

2.4.4 INYECCIÓN CONTÍNUA DE COMBUSTIBLE

Este sistema es mucho más sencillo que los sistemas anteriores, y por lo tanto menos preciso y eficiente. Debido a esto es más fácil su producción y mantenimiento. Este sistema ha permitido ofrecer automóviles comparativamente más baratos, equipados con inyección de combustible.

Al encenderse el motor, todos los inyectores se abren y permanecen así hasta que se apaga el motor. La gasolina es llevada a una unidad medidora y una válvula en esta unidad controla la cantidad de gasolina suministrada a los inyectores. Un sensor en el sistema de admisión mide la cantidad de aire que entra al motor y ese dato determina la cantidad de gasolina a inyectar. Los inyectores, colocados usualmente sobre la válvula de admisión, como en los sistemas de inyección por tiempos, atomizan gasolina incluso cuando la válvula de admisión está cerrada. Esto reduce ligeramente el rendimiento de la gasolina y por ende, la eficiencia del motor.

2.4.5 INYECCIÓN POR EL CUERPO DEL ESTRANGULADOR

Este tipo de inyección de combustible es muy usado en los automóviles norteamericanos. Es un sistema híbrido, que utiliza el punto central de distribución de mezcla del carburador, y la inyección de combustible controlada electrónicamente.

Estos sistemas utilizan uno o dos inyectores con solenoide, controlados por una computadora que lee las condiciones del motor y de manejo, y regula el tiempo de abertura controlando la mezcla. Como se dijo, la gasolina es atomizada por uno o

dos inyectores que equivalen al carburador, dentro de un múltiple esencialmente convencional.

2.4.6 LA COMPUTADORA

Comúnmente llamada módulo de control electrónico (ECM), o unidad de control electrónico (EUC), la computadora es el corazón del sistema electrónico de inyección y del sistema de inyección por el estrangulador. Es una caja de aproximadamente 15X15 cm, localizada en algún punto del tablero. Dentro de esa caja está un circuito microscópico llamado *chip*, del tamaño de un botón. Es el microprocesador que responderá a ciertos impulsos eléctricos que ha de recibir de los diversos sensores colocados en el motor; éstos se describen a continuación:

2.4.7 SENSOR DE POSICIÓN DEL ESTRANGULADOR (TPS)

Este sensor está montado en la cámara del estrangulador, se mueve de acuerdo al pedal del acelerador, y manda una señal de posición al ECU. En la mayoría de los casos el sensor registra sólo dos posiciones: marcha mínima y abertura total del estrangulador. Pero en algunos casos también registra la posición de abertura media de la mariposa, es decir, reporta tres posiciones.

2.4.8 SENSOR DE OXÍGENO

Este sensor localizado al paso de los gases del escape, generalmente en el múltiple de escape, permite al ECU modificar la relación aire/combustible y así controlar las emisiones. El sensor mide constantemente la cantidad de oxígeno no quemado y con este dato el ECU puede enriquecer o empobrecer la mezcla para un adecuado control de emisiones. El sensor opera sólo cuando ha sido calentado por el escape, por eso algunos sensores incluyen un calentador eléctrico que opera cuando se enciende el motor frío, y poder funcionar de inmediato en forma normal; este tipo de sensor de oxígeno tiene tres alambres conectores. El sensor sin calentador tiene sólo dos.

El sensor de temperatura del motor permite reducir el enriquecimiento de la mezcla conforme aumenta la temperatura del motor.

2.4.9 SENSORES DE PRESIÓN BAROMÉTRICA

El sensor de presión barométrica registra alteraciones en la presión atmosférica debido a cambios de temperatura o altitud, lo que significa variación en la cantidad de aire que entra al motor, y por lo tanto, cambios en las necesidades de combustible.

El sensor de presión del múltiple registra los cambios de presión que dependen de la carga y velocidad del motor, y de la abertura del estrangulador. Manda entonces los datos al ECU, el cual combina la información de ambos sensores para determinar la cantidad de combustible necesaria bajo condiciones de operación normales.

2.4.10 REGULADOR DE PRESIÓN

Este es un componente clave en el sistema. Trabaja junto con la bomba de combustible para mantener la relación de presiones estable entre los dos lados del inyector, la línea de alimentación y el múltiple de admisión, bajo condiciones de manejo variables del automóvil. Cuando se aumentan las revoluciones (RPM) se crea un valor mayor en el múltiple de admisión, el cual absorbe gasolina. En ese momento es necesario bajar la presión del combustible del sistema, en la parte anterior del inyector. Al bajar las RPM deberá aumentarse la presión del combustible.

En los sistemas con solenoide, el elemento esencial es que la relación de presiones permanece igual bajo todas las condiciones de operación del motor, toda vez que la gasolina inyectada se determina por el tiempo que dura abierto el

2.4.11 INYECTORES DE GASOLINA

En la mayoría de los sistemas el inyector es un solenoide eléctrico controlado por el ECU. Se manda gasolina a presión a los inyectores y se mantiene una relación de presiones entre la línea de alimentación del inyector por un lado, y el múltiple de admisión por el otro lado del inyector.

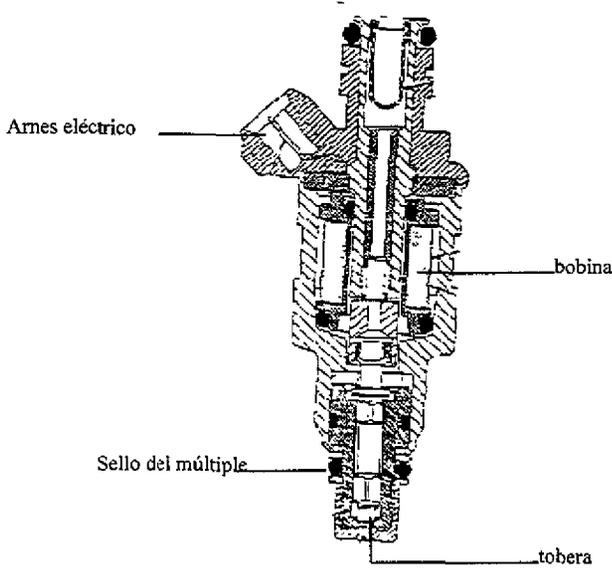


Fig 7
Inyector TFI.

Este tipo de inyector es usado en los sistemas de inyección múltiple electrónicamente tiempoada. El inyector tiene en su interior un solenoide que abre la tobera cuando recibe corriente del ECU, el cual mantiene la corriente el tiempo necesario para surtir más o menos gasolina. La tobera atomiza a ésta dentro del múltiple, (Fig. 7)

Los sistemas de inyección por la garganta o cuerpo del estrangulador utilizan un inyector con solenoide eléctrico, y es similar al funcionamiento del carburador, (Fig. 8)

En un sistema de inyección continua de combustible, los inyectores se cierran automáticamente con resortes y se abren con la presión de la gasolina. Atomizan constantemente en el múltiple y la cantidad se determina con el distribuidor de combustible con mayor o menor presión. Normalmente los inyectores abren a una presión de 50 lb/in², (Fig. 9).

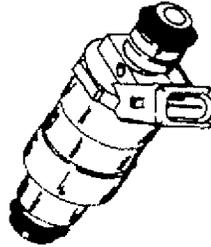


Fig 8
inyector multi port



Fig 9
Inyector TBI

CAPÍTULO III

COMBUSTIBLES

III.1 INTRODUCCIÓN

Los combustibles son sustancias que reaccionan con el oxígeno del aire. Dicho proceso denominado combustión, permite transformar la energía asociada a la estructura molecular de los reactantes en energía térmica que se aporta a los productos.

Los combustibles se subdividen según su estado de agregación en condiciones ambientales, en gaseosos (gas natural, gas licuado de petróleo GLP, etc.), líquidos (gasolina, gasóleo, etanol, etc.) y sólidos (carbón pulverizado).

Los combustibles líquidos son la fuente de energía por excelencia de los motores de combustión interna. Sus ventajas principales son la gran cantidad de energía por unidad de volumen, su fácil y seguro manejo, almacenamiento y transporte.

En la actualidad, los combustibles principales en todo el mundo se basan en el petróleo. No se sabe exactamente como se originó el petróleo que se encuentra en bolsas bajo tierra. Existen no obstante que se formó a partir de restos animales y vegetales durante un periodo de millones de años. El petróleo se halla generalmente bajo tierra, sometido a elevadas presiones. El petróleo es una mezcla muy compleja de diversos componentes. El refinado separa las diferentes sustancias. Este proceso altera algunos de los componentes originales y forma otros nuevos. Del refinado se obtienen distintos tipos y grados de lubricante, varios tipos de combustible para motores diesel y calefacciones, gasolina de distintos grados LPG y otros.

III.2 GASOLINA

La gasolina es una mezcla de varios cientos de compuestos llamados hidrocarburos que se obtienen del petróleo. Sirve para hacer funcionar a los

motores de los vehículos de combustión interna, como son automóviles, motocicletas, taxis, minibuses y algunos camiones de carga ligeros. También, se utiliza en otros motores pequeños como los de las podadoras y en lámparas y estufas de campamento o como disolvente en las reparaciones mecánicas.

La gasolina está formada por una mezcla de hidrocarburos básicos, cada uno de los cuales tiene sus propiedades características. Mezclando distintos combustibles básicos se obtiene una gasolina que proporciona un funcionamiento satisfactorio del motor bajo las distintas condiciones de funcionamiento que precisa. Los principales parámetros desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, son el contenido de aromáticos y olefinas, ya que éstos son los grupos más reactivos en la atmósfera y por lo tanto precursores del ozono. Adicionalmente es de especial interés el contenido de Benceno, el cual es un hidrocarburo aromático carcinogénico. Los factores a considerar en las mezclas de gasolina incluyen, la volatilidad, el poder antidetonante y la emisión de productos químicos nocivos.

III.3 VOLATILIDAD

Indica la facilidad con que la gasolina u otros líquidos se vaporizan. Un líquido que se evapora a una temperatura relativamente baja, significa que tiene una volatilidad alta. El agua es relativamente volátil hierve a 100°C. (211 °F) La gasolina es todavía más volátil.

Una sustancia de elevada volatilidad se evapora mucho más rápidamente a baja temperatura que una sustancia de baja volatilidad. A temperatura ambiente el alcohol y la gasolina se evaporan más rápidamente que el agua.

La gasolina es una mezcla de compuestos hidrocarburoados que tienen distintas volatilidades, o puntos de ebullición. Algunos de ellos se evaporan más rápidamente que otros. Esta combinación asegura el funcionamiento adecuado a distintas condiciones.

Entre mayor sea la volatilidad de un líquido, mayor es su presión de vapor a una temperatura específica y por consiguiente más rápida será su vaporización.

La Presión de Vapor Reid tiene una importancia esencial para la gasolina, la cual contiene una parte de fracciones altamente volátiles, tales como butano y pentano, entre otros. Estas fracciones ejercen una mayor influencia en los resultados de esta prueba. Una alta presión de vapor está relacionada con la presencia de estos compuestos de alta volatilidad, los cuales son necesarios para un buen encendido en frío. Sin la presencia de estas fracciones, sería muy difícil vaporizar la gasolina en la suficiente concentración para producir una mezcla de aire-combustible y gasolina a bajas temperaturas.

La Presión de Vapor Reid es el factor principal en la determinación tanto del taponamiento por vapor como de las características de encendido en frío de la gasolina.

III.4 CARACTERÍSTICAS ANTIDETONANTES DE LA GASOLINA.

Durante la combustión normal en el interior de un cilindro tiene lugar un incremento de presión uniforme. Pero si el combustible quema demasiado rápido o explota tiene lugar un incremento de la presión. Este fenómeno puede averiar el motor, desgastando rápidamente las piezas móviles y aún rompiéndolas. Además gran parte de la energía liberada por la gasolina se desperdicia. El aumento instantáneo de la presión no contribuye demasiado a la producción de trabajo.

La cámara de combustión en un motor está formada en su parte superior por la culata, las válvulas de admisión y escape y la bujía y en su parte inferior por la cabeza del pistón y los aros de compresión superiores. Las formas más generalmente utilizadas son triangulares y hemisféricas. La forma determina la turbulencia, la circulación forzada de la mezcla en el interior de la cámara y la disipación de una parte del calor de compresión de los gases. Estos tres factores afectan la detonación.

III.5 GOMA EN LA GASOLINA.

Las gomas que se presentan en la gasolina son pequeñas cantidades de productos de oxidación disueltos que no han sido evaporados, o que no se queman completamente. Aunque las concentraciones de gomas encontradas durante la elaboración del combustible no son grandes, éstas pueden aumentar a proporciones peligrosas durante el período de almacenamiento. Este método indica la concentración de goma en el momento de la prueba.

Por encima de ciertos niveles, el contenido de gomas en la gasolina puede ser nocivo. Estas se pueden acumular en el tanque, en la línea de combustible, en la bomba y el sistema de inducción, donde tiende a interferir en la acción de las partes móviles, tapando la entrada al carburador, y otras veces, obstruyendo el flujo de combustible; también, puede causar atoramiento de las válvulas de admisión.

Aunque un alto contenido de goma en la gasolina puede no dar un problema inmediato, su efecto es acumulativo y algunas reparaciones serán necesarias eventualmente.

III.6 CONTENIDO DE AZUFRE

El azufre está presente en todos los crudos en forma y concentraciones variables. Para algunos aceites lubricantes la presencia de azufre en los crudos es generalmente perjudicial. Cuando se destila un crudo, los derivados de azufre tienden a concentrarse en las fracciones más pesadas dejando las fracciones más livianas con un contenido relativamente bajo de azufre.

El contenido de azufre, determinado por las pruebas, está estrictamente limitado por las especificaciones en la mayoría de los productos de petróleo. Para cumplir con estas especificaciones y eliminar el exceso de azufre se requieren generalmente procesos complejos de refinación, aunque se pueden alcanzar los

mismos resultados efectuando una mezcla con una base de bajo contenido de azufre.

Aunque las fracciones más ligeras de petróleo son por naturaleza de bajo contenido de azufre, las especificaciones son más estrictas. El contenido de azufre en los combustibles (gasolinas) es particularmente crítico debido al efecto del azufre en la corrosión y formación de depósitos en el motor. El azufre también, además de corrosión, conduce a la formación de gomas en tanques y carburadores y en inyectores.

III.7 NÚMERO DE OCTANO

Algunos combustibles detonan fácilmente. Otros tienen una alta resistencia a la detonación, es decir, tienen un elevado número de octano. El poder antidetonante de un combustible se mide en número de octano. El poder antidetonante de un combustible se mide en número de octano y se expresa como NO. Una gasolina de alto octanaje es altamente resistente a la detonación mientras que otra de bajo número de octano detona más fácilmente. Hay un combustible llamado isooctano que es altamente resistente a la detonación. A éste se le da el octanaje 100 (NO 100). Otro combustible llamado heptano detona muy fácilmente y se le ha dado un NO de cero. Una mezcla a partes iguales, en volumen, de isooctano y heptano tendría 50 NO. Una mezcla de 90% de isooctano y 10% de heptano tendría un NO de 90. Realmente el isooctano y el heptano son los combustibles de referencia y se utilizan sólo para relacionar los demás con ellos. Para referir el octanaje de los combustibles se utiliza un motor de ensayo cuya relación de compresión puede ser variada. Actualmente hay dos procedimientos de ensayo que utilizan el motor de relación de compresión variable. Uno de ellos se denomina método "research" y en él se utilizan una velocidad y temperatura de entrada de aire relativamente menor. El número de octano de un combustible ensayado con este método se denomina número de octano "research" o RON. El otro método denominado "motor" se ensaya a velocidades del motor y temperatura del aire mayores y el

octanaje se denomina número de octano "motor" o MON. La gasolina comercial típica da un octanaje de unas ocho unidades más por el método motor que por el "research". Estos dos números son promediados para referir el número de octano de la gasolina. Por ejemplo suponiendo que una gasolina que tiene un MON de 98 y un RON de 90, el NO en el surtidor debería ser 94.

El octanaje federal (USA) es realmente la media de RON y MON. Generalmente, el octanaje que se observa es alrededor de 87,90 y 95.

En las tablas siguientes se muestran las características de las gasolinas usadas en nuestro país.

TABLA 1 PEMEX-MAGNA

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM	ESPECIFICACIONES
PRESIÓN DE VAPOR REID	lb/in ²	D 5191, D 323	6.5/7.8
AZUFRE	%p	D 1266, D 3120	0.05 máximo
No. OCTANO (RON)		D 2699	POR REPORTAR
No. OCTANO (MON)		D 2700	82 mínimo
ÍNDICE DE OCTANO (RON+MON)/2		D 2699	87 mínimo
AROMÁTICOS	%V	D 1319, 4420	25 máximo
OLEFINAS	%V	D 1319	10 máximo
BENCENO	%V	D 3606, D 4420	1 máximo
OXÍGENO	%p	D 4815 D 5599	1.0/2.0

TABLA 2 PEMEX-PREMIUM

PRUEBAS	UNIDADES	MÉTODOS ASTM	ESPECIFICACIONES
PRESIÓN DE VAPOR REID	lb/in ²	D 323	6.5/7.8
AZUFRE	%p	D 1266	0.05 máximo
No. OCTANO (RON)		D 2699	POR REPORTAR
No. OCTANO (MON)		D 2700	POR REPORTAR
INDICE DE OCTANO (RON+MON)/2			92 mínimo
AROMÁTICOS	%V	D 1319	25 máximo
OLEFINAS	%V	D 1319	10 máximo
BENCENO	%V	D 3606	1 máximo
OXÍGENO	%p	D 4815	1.0/2.0

III.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALCOHOLES.

Los alcoholes son derivados de simples hidrocarburos (moléculas formadas por carbono e hidrógeno) y se caracterizan por tener un grupo oxidrilo (OH) unido a uno de los átomos de carbono en sus moléculas.

Los alcoholes simples de bajo peso molecular como el metanol son incoloros, volátiles, líquidos, inflamables y solubles en agua. Estas propiedades físicas pueden ser alteradas por la presencia de otro grupo funcional (es un átomo o grupo de átomos unidos entre sí y al resto de las moléculas de una determinada manera estructural).

La mayoría de los alcoholes de bajo peso molecular son los de mayor importancia comercial. Son usados como solventes en la preparación de pinturas, anticongelantes, productos farmacéuticos y otros compuestos.

En la gran familia de los alcoholes se encuentran el “etanol” y el “metanol” dos compuestos que mezclados con nafta se están implementando como combustibles alternativos en los motores de automóviles.

III.8.1 METANOL

También llamado alcohol metílico o alcohol de madera, porque originalmente se obtenía mediante la destilación de ésta en ausencia de aire, actualmente, con las técnicas existentes puede producirse a partir de fuentes variadas y abundantes: gas natural, carbón, madera e incluso los residuos orgánicos (biomasa), aunque lo más común es producirlo sintéticamente.

Su fórmula química es: $\text{CH}_3\text{-OH}$.

Es el más simple de los alcoholes. Es incoloro, tóxico y causa ceguera por destrucción irreversible del nervio óptico. Una ingestión de más de 30 ml causa la muerte.

Es usado en la fabricación de ácido acético y otros compuestos químicos. Es un solvente para los plásticos, pintura, barnices y sirve como anticongelante en automóviles.

Su alto octanaje y seguridad hacen que sea el combustible elegido para las 500 Millas de Indianápolis desde 1965. Además, la reducción en la emisión de contaminantes y las pocas modificaciones (relacionadas con su alta corrosión) necesarias para permitir a los motores nafteros el uso del metanol hicieron que se popularice como un combustible alternativo en vehículos de competición y particulares en otros países del mundo.

III.8.2 ETANOL

También llamado alcohol etílico o alcohol de grano, porque es un líquido derivado de los granos de maíz u otros granos. El etanol se puede producir a partir de 3 principales tipos de materias primas:

- Materias ricas en sacarosa como la caña de azúcar, la melaza y el sorgo dulce.
- Materias ricas en almidón como los cereales (maíz, trigo, cebada, etc) y los tubérculos (yuca, camote, papa, malanga, etc).
- Materias ricas en celulosa como la madera y los residuos agrícolas.

Desde el punto de vista técnico, la caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas de biomasa. Lo anterior se debe a que los azúcares que contiene se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables y además durante su procesamiento se genera el bagazo, que se usa como combustible en la producción de etanol. El principal inconveniente de la caña de azúcar son los costos de producción. Además, se requieren tierras fértiles para su cultivo las cuales podrían ser destinadas a la producción de alimentos.

Por su parte, las materias ricas en almidón contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples, lo que introduce un paso más en la producción con el consiguiente aumento en los costos de capital y de operación. No obstante lo anterior, existen ciertos cultivos *amiláceos como es el caso de la yuca, los cuales se pueden establecer con un mínimo de insumos y en tierras marginales en donde generalmente otras especies más exigentes no se desarrollan.*

Finalmente, las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión de éstos en carbohidratos fermentables sea una tarea difícil y poco rentable en la actualidad.

La fórmula química del etanol es: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

- Es un líquido inflamable, incoloro y es el alcohol de menor toxicidad.
- Es usado en las bebidas alcohólicas y como desinfectante o solvente.
- Posee un alto octanaje y una mayor solubilidad en gasolina que el metanol.
- En Brasil más de 4 millones de automóviles funcionan con etanol, como resultado de un programa gubernamental que tiene por objetivo, obtener un combustible alternativo derivado de la caña de azúcar.

Es conveniente diluir el alcohol con nafta a usarlo puro porque se mejora el encendido en frío y es posible ver la llama en caso de incendio.

El etanol al igual que cualquier otro combustible produce bióxido de carbono durante la combustión.

El Etanol se funde a 114.1 °C y hierve a 78.5 °C y su densidad es de 0.789 g/ml a 20°C. Su punto de congelación es bajo y es utilizado como el fluido en termómetros para temperaturas a bajo de -40 °C para el punto de congelación del mercurio y para otras temperaturas bajas proporcionadas, tales como para anticongelantes en el radiador de automóviles.

El etanol es usado como un combustible de automóvil, se puede mezclar con gasolina que ha sido llamado "Gashol".

El contenido más común de "Gashol" es 10% etanol y 85% etanol mezclado con gasolina. Por encima de un millón de galones de etanol son usados con gasolina cada año en los Estados Unidos ya que la molécula de etanol contiene oxígeno lo cual permite que el motor tenga una mejor combustión del combustible (gasolina). Desde que el etanol es producido por las plantas que guardan el poder del sol, el etanol también es considerado combustible renovable ya que tiene muchas ventajas como combustible de automóviles.

El etanol es fácilmente diluido por los fluidos del cuerpo, es tóxico y el cuerpo empieza a disponer de él inmediatamente. Alrededor del 90% del etanol es procesado por el hígado, en el cual las enzimas convierten el grado de alcohol en acetaldehído que es tóxico.

La acción del etanol como una droga afecta el sistema nervioso central, los efectos en la conducta sobre el cerebro y no en los músculos o sentidos, puede ser un suave tranquilizante o por lo general anestésico. En dosis a excesivas, puede parecer como un estimulante para la represión de las funciones del cerebro, sin embargo el incremento de la concentración reprime funciones del cerebro y produce síntomas de intoxicación como son:

*Bajo discurso

*Inestabilidad al caminar

*Disturbios en las percepciones sensoriales y una inhabilitada reacción rápida.

En altísimas concentraciones de alcohol el etanol produce anestesia en general, una intoxicación alta en la persona, causa sueño y muchas dificultades para ver y hasta moverse voluntariamente.

Los niveles de alcohol en el cerebro son difícilmente medidos y también en la sangre los niveles son medidos en grados de intoxicación. Mucha gente empieza por mostrar retrasos mentales en alrededor de 0.05 % de alcohol en la sangre.

En alrededor del 10% se presentan desequilibrios mentales y obviamente muestran signos psicológicos tales como inestabilidad al caminar.

Bajo discurso alrededor del 0.15 %. Resultados inconscientes alrededor de 0.4%.

Arriba de 0.05% el centro respiratorio del cerebro puede estar anestesiados resultando la muerte

TABLA 3
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL ETANOL

DETERMINACION	ETANOL
Peso especifico 20/4	0.7885
PVR, lb/pulg 2 D86	1.92
EL 10% DESTILA °C	79.3
EL 50% DESTILA °C	79.3
EL 90% DESTILA °C	79.3
TFE	79.4
PODER CALORIFICO Btu/lb	12536

CAPÍTULO IV

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

IV.1 RECLUTAMIENTO DE VEHICULOS DE PRUEBA.

La flotilla de prueba estuvo conformada por 3 vehículos de la marca Nissan contando con un automóvil de 1997 de inyección electrónica, con control de emisiones y convertidor catalítico de 3 vías, el segundo vehículo del año de 1991 con carburador y con convertidor catalítico tipo oxidativo. El tercer vehículo del año de 1990 con carburador y sin convertidor catalítico, (TABLA 4).

Los vehículos seleccionados, se sometieron previamente a una revisión de las condiciones mecánicas, con la finalidad de asegurar la integridad de la unidad y de que no presentarán fugas de combustible o aceite que pudieran alterar los resultados.

IV.1.1 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LOS VEHICULOS.

TABLA 4

VEHICULOS	MODELO (AÑO)	CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS.
NISSAN TSURU	1997	*INYECCIÓN ELECTRONICA DE COMBUSTIBLE *4 CILINDROS EN LINEA. *CONTROL DE EMISIONES DE CIRCUITO CERRADO *CONVERTIDOR CATALITICO DE 3 VIAS. *DESPLAZAMIENTO 1600 C.C *RELACIÓN DE COMPRESIÓN 9.0 :1
NISSAN TSURU	1991	*CON CARBURADOR. *4 CILINDROS EN LINEA. * CONVERTIDOR CATALITICO TIPO OXIDATIVO. *DESPLAZAMIENTO 1600 C.C. *RELACIÓN DE COMPRESIÓN 9 0.1. *ENCENDIDO ELECTRONICO.
NISSAN TSURU	1990	*CON CARBURADOR *4 CILINDROS EN LINEA *DESPROVISTO DE CONVERTIDOR CATALITICO. *DESPLAZAMIENTO 1600 C.C. *RELACIÓN DE COMPRESIÓN 9.0.1. *ENCENDIDO ELECTRONICO.

IV.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO DE LABORATORIO.

IV.2.1 DINAMOMETRO DE CHASIS. Y ANALIZADORES DE (CO,HC,NOx)

Dinamómetro de chasis marca clayton , modelo ECE-250 de 17375 libras de capacidad con sistema de volantes de inercia y unidad de absorción de potencia de 250 HP. Para el muestreo y análisis de emisiones de escape, se utilizó un sistema CVS (Constant Volumen Sampler) marca horiba, modelo 48, con equipo de análisis para gases (CO, NOx , CO2 e HC) y un equipo computarizado (SADA 2040) marca Horiba para la generación de ciclos o curvas de manejo.(fig. 10 y 11)

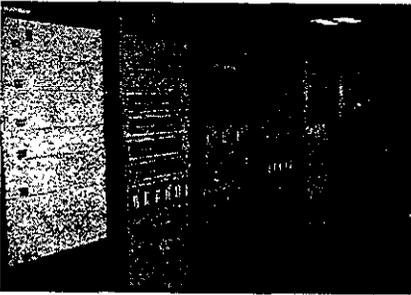


Fig 10

Analizadores de emisiones diluidas



Fig 11

Equipo de computo generador de ciclos de manejo

IV.2.2 SISTEMA SHED (Sealed Housing Evaporative Determination)

El sistema SHED marca Horiba modelo 091486, utilizado en estas pruebas consta básicamente de:

Una caseta SHED de 3 m de ancho, 6.5 m de largo y 2.5 m de alto construida de aluminio con recubrimiento especial para evitar la absorción de hidrocarburos y equipada con sistemas internos de purga y circulación de gases.

Sistema analizador de hidrocarburos con detector de Ionización de flama marca Horiba modelo FIA-23 A.

Controlador de temperatura automática del combustible del tanque +/-3 °F.

Sensores de temperatura (termopar).

Magnétos, Barómetros.

IV.3 PRUEBAS DE LABORATORIO

IV.3.1 EMISIONES EVAPORATIVAS EN CONDICIÓN FRÍA

(PRUEBA DIURNAL)

La prueba Diurnal (Diurnal Evaporative Emission) es un procedimiento que permite cuantificar las emisiones evaporativas que presenta durante una hora diurna con elevación de temperatura simulada, sin existir recorrido vehicular de por medio. Esta prueba se realiza en un sistema SHED previamente calibrado.

Cada uno de los vehículos de prueba fueron tratados de la siguiente manera.

Un día anterior a la prueba se purgó el tanque de gasolina contenida en el tanque de abastecimiento del automóvil, para llenarse al día siguiente con gasolina fría (5°C) hasta alcanzar un llenado del 40% de la capacidad del tanque, procediendo de inmediato a introducir el vehículo a la caseta del sistema SHED, donde se le coloca una manta de calentamiento al tanque iniciando la prueba mencionada hasta que los sensores detectan que se ha alcanzado la temperatura de 15.5 °C momento en que el programa de incremento de temperatura se inicia automáticamente, hasta alcanzar una temperatura de 29.0 °C con una elevación de temperatura de 0.22 °/min, monitoreando las emisiones de hidrocarburos minuto a minuto hasta completar una hora.

IV.3.2 (PRUEBA HOT SOAK)

Terminada la prueba en condición fría, se sometió el vehículo a una simulación de recorrido urbano (prueba FTP-75) con el fin de que el automóvil pasara a una condición de motor caliente y se evaluarán las emisiones de hidrocarburos a la atmósfera debidas a la evaporación del combustible del tanque y carburador, así como otras provenientes del cárter, para nuevamente introducirse a la caseta del sistema SHED y monitorear durante una hora las emisiones evaporativas conforme reduce su temperatura el motor.

Este tipo de pruebas se realiza para cuantificar las emisiones de hidrocarburos a la atmósfera debidas a la evaporación del combustible del tanque y carburador,

así como evaporaciones provenientes del cárter, y además se realiza este tipo de pruebas con la finalidad de observar el efecto de la variación en la presión de vapor Reid del combustible (gasolina), (fig. 12).

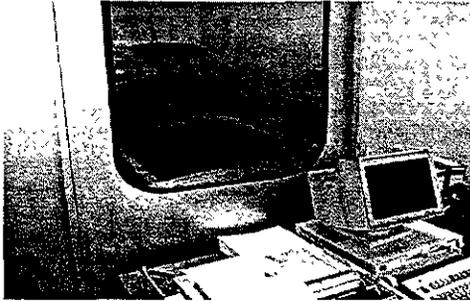


Fig 12
Prueba Hot-Soak

IV.3.3 PRUEBA FTP-75.

La prueba FTP-75 (Federal Test Procedure 75) es la establecida por el Code of Federal Regulations de los Estados Unidos de Norteamérica y por la normatividad mexicana para determinar las emisiones de escape de los vehículos simulando un recorrido urbano de 16.2 km en un dinamómetro de chasis, en una ciudad de ese país, con duración de 2477 seg (41.3 min). Para realizar esta prueba se utiliza un dinamómetro de chasis el cual ya se ha descrito anteriormente. Para el muestreo y análisis de emisiones de escape se utiliza un sistema CVS (Constant Volumen Sampler) marca Horiba, modelo 48, con equipo de análisis para gases (CO,NOx C02 e HC).

La prueba se realiza en una celda de ambiente controlado, donde la temperatura y otras condiciones pueden mantenerse dentro de límites específicos.

Durante el FTP de 1987 (FTP-75) el vehículo se conduce en un dinamómetro de chasis con un programa de manejo de paro y marcha con una velocidad promedio de 21.6 mph (34.7 km/h). Mediante el uso de volantes de inercia y un freno de

agua, se reproducen las cargas que el vehículo experimentaría en el camino. Los gases de escape del vehículo se recolectan y se mezclan completamente con el aire filtrado circundante, a un flujo de volumen constante conocido. Este procedimiento se conoce como Muestreo a Volumen Constante (Constant Volumen Sampler). El FTP de 1987 establece la captura de las emisiones generadas durante un arranque “en frío” e incluye un arranque “en caliente” después de un paro de diez minutos posteriores a las primeras 7.5 millas (12.1 km) de manejo.

El dinamómetro de chasis reproduce la inercia del vehículo con volantes y la carga del camino con un freno de agua. La inercia está disponible en incrementos de 125 lb (54.7 kg.) entre 1000 lbs (453.6 kg.) y 17250 lbs (7824.6 kg.). Para cada clase de peso de inercia se especifica una carga de camino que toma en consideración la resistencia aerodinámica promedio del vehículo en cada clase.

Un día antes del arranque en frío programado según el FTP de 1987, el vehículo debe permanecer en reposo durante 12 horas, cuando menos, en un área en que la temperatura se mantenga entre 68°F y 86°F (20°C y 30°C). Este período se conoce como la saturación “en frío”.

El FTP de 1987 es una prueba de arranque en frío, por lo que el vehículo de prueba se empuja sobre el dinamómetro sin encender el motor. Después de colocar el vehículo sobre el dinamómetro, se conecta el sistema de correlación de emisiones al tubo de escape, se coloca un ventilador de enfriamiento enfrente del vehículo. La prueba de emisiones se realiza con el compartimento del motor abierto, (fig.13).

El sistema de muestreo de emisiones y el vehículo de prueba arrancan simultáneamente de modo que las emisiones se recolecten durante el arranque del motor. Después de arrancar el motor, el conductor sigue un programa de manejo controlado en un monitor que se conoce como Programa Urbano de

Manejo en Dinamómetro (UDDS por sus siglas en inglés) o LA-4, que ha sido creado para representar el manejo urbano en promedio. El programa de manejo se muestra al conductor del vehículo de prueba y éste iguala la velocidad del vehículo a la que aparece en el monitor. El ciclo de manejo LA-4 es de 1374 segundos de duración y cubre una distancia de 7.5 millas (12.1 km).

Las emisiones de escape que se miden durante el FTP-75 cubren tres regímenes de operación del motor. Las emisiones de escape durante los primeros 505 segundos de la prueba son las emisiones “transitorias frías”. Durante ese período, el vehículo se calienta gradualmente a medida que se maneja en el ciclo LA-4. Las emisiones durante ese período mostrarán los efectos de la operación de arranque en frío y de las características de calentamiento del vehículo.

Cuando el vehículo pasa a los 869 segundos restantes del ciclo LA-4, se considera que ya se ha calentado completamente. Las emisiones durante esa parte de la prueba son las emisiones “estabilizadas”. El período final de la prueba después de la saturación en caliente constituye la sección “no transitoria” y muestra los efectos del arranque en caliente. Las emisiones en cada una de las tres partes de la prueba se colectan en bolsas por separado, para posteriormente analizar cuantitativamente su composición. Finalmente a través de un balance de materia se cuantifica la masa emitida de cada contaminante en gramos por kilómetro recorrido.

La economía del combustible se mide en un dinamómetro de chasis que reproduce las velocidades y cargas típicas del manejo urbano y en carretera. La economía de combustible del vehículo de prueba se calcula a partir de los datos de las emisiones de descarga utilizando la técnica de equilibrio de átomo de carbono. La economía urbana de combustible se mide durante el FTP de 1987 (FTP-75) y la economía de combustible en carretera se mide mediante la prueba de Economía de Combustible en carretera de la EPA HWFET (High Way Fuel

Economy Test). La velocidad promedio de la prueba de Economía de Combustible en Carretera es de 48.2 millas por hora (77.5 km./h).

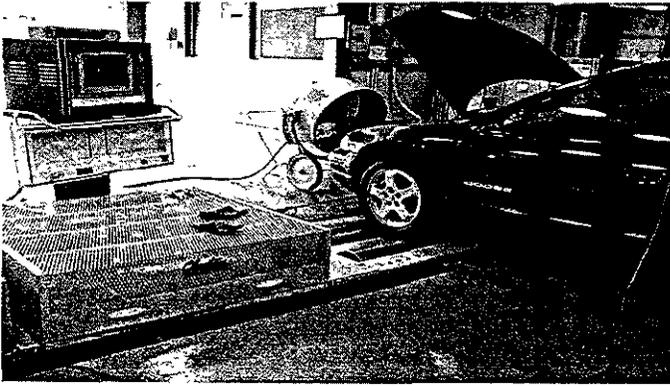


Fig 13
PRUEBA FTP-75

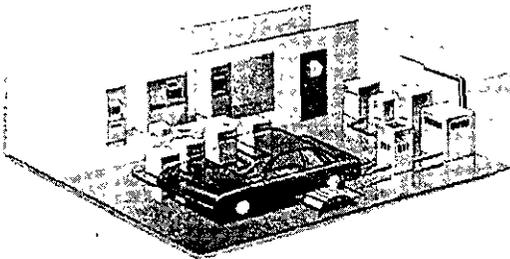


Fig 14
LABORATORIO DE EMISIONES

IV.4 EMISIONES NO REGULADAS

IV.4.1 ESPECIACIÓN DE HIDROCARBUROS

La cromatografía de gases ha sido usada por muchos años para analizar las emisiones de escape. Cuando se habla de "especiación de hidrocarburos" generalmente se refiere a que es posible identificar y cuantificar individualmente

los hidrocarburos de la mezcla de la emisión. El cromatograma es la representación gráfica de los compuestos de la mezcla. Cada pico en el cromatograma es un compuesto.

La especiación de hidrocarburos es una poderosa herramienta para la evaluación de reactividades en la formación de ozono y para la toxicidad de las emisiones provenientes de los vehículos, al utilizar una gasolina determinada o específica.

Para el estudio de las emisiones de hidrocarburos individuales tanto en escape como evaporativas, se empleó la técnica de especiación de hidrocarburos utilizando cromatografía de gases. El análisis consiste en la inyección de una muestra gaseosa de escape o evaporativa, en un cromatógrafo de gases equipado con una válvula de muestreo automático y detector de ionización de flama (FID). Durante el proceso los compuestos son separados individualmente permitiendo su identificación y cuantificación.

De este estudio también se obtiene la Reactividad Específica que es la capacidad que tienen las emisiones de escape a reaccionar en la atmósfera para la formación de ozono. Las unidades en que se dan son gO_3/gNMOG (gramos de ozono por gramos de gases orgánicos no metánicos).

IV.4.2 DETERMINACION DE ALDEHIDOS.

El Formaldehído ha sido encontrado como el principal precursor en la formación de ozono fotoquímico. En particular en la exposición a corto plazo el Formaldehído y el Acetaldehído es sabido que causan irritación en los ojos, piel y membranas de la mucosa.

En estudios con animales indican que en altas concentraciones pueden dañar pulmones y otros órganos del cuerpo. Las emisiones de Formaldehído son el resultado de la combustión incompleta de hidrocarburos y otros materiales orgánicos. La principal fuente de emisión es por los vehículos. Además, cantidades significativas de Formaldehído y Acetaldehído atmosférico pueden

resultar de las reacciones fotoquímicas entre hidrocarburos reactivos y óxidos de nitrógeno. Sin embargo, el formaldehído puede reaccionar fotoquímicamente para producir otros productos como el ozono, peróxidos y otros compuestos.

El método de prueba que se utilizó provee resultados significativos para determinar las concentraciones de Formaldehídos y Acetaldehídos. Éstos se determinan por medio de un cromatógrafo para líquidos.

Los aldehídos son moléculas muy pequeñas que se descomponen fácilmente en el aire, para fijarlas, el Formaldehído y el Acetaldehído son capturados por medio de cartuchos especiales para absorber los aldehídos orgánicos cuando fluye en éste la muestra, para disolverlos se utilizan 5 mililitros de acetonitrilo, obteniendo así el ácido orgánico que es inyectado a un cromatógrafo para líquidos. (fig 15)

Los resultados de estas pruebas se obtienen en mayor concentración en unidades de (mgAcetaldehídos/km) y en compuestos potenciales a la formación de ozono con unidades (mgO₃/NMOG).

El análisis del formaldehído y Acetaldehído es importante debido a que estas emisiones contribuyen a la formación de ozono además de ser carcinogénicos.



Fig 15
Muestreador de aldehídos y Cetonas

CAPITULO V INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

INTRODUCCIÓN

La contaminación es un grave problema cuya solución no es sencilla ni mágica, requiere de grandes esfuerzos, tanto del sector público como privado.

Los hidrocarburos presentes en la atmósfera son de estructura y composición muy diversa y su permanencia en ella está asociada tanto a fuentes naturales como antropogénicas, siendo los efectos en la salud de la población variados, y dependen de la cantidad y tipos de compuestos presentes.

Por tal motivo el presente capítulo se encarga de la interpretación de los resultados obtenidos al evaluar las diferentes mezclas de Gasolina Etanol.

Para llevar a cabo este estudio, los combustibles de prueba se elaboraron a partir de corrientes naftas provenientes de las Refinería de Tula Hidalgo (tabla 5) utilizadas comúnmente en la formulación de las gasolinas comerciales, previa preparación de los combustibles de prueba, se caracterizan fotoquímicamente cada una de las corrientes para determinar la formulación adecuada y cumplir con las especificaciones establecidas por Pemex.

7.2 PORCENTAJES DE NAFTA Y OXIGENADOS UTILIZADOS

TABLA 5

COMBUSTIBLE	CATALITICA	REFORMADO	ALQUILADO	MTBE	C5-C6	ETANOL
5% MTBE	26	28	33	5	8	0
5% ETANOL	24	29	34	0	8	5
10% ETANOL	25	25	32	0	8	10

V.3 COMBUSTIBLES DE PRUEBA

En la tabla (6) se muestran las formulaciones utilizadas en este estudio y una comparación de los parámetros más importantes con las gasolinas que actualmente se encuentran en el mercado.

TABLA 6
COMBUSTIBLES DE PRUEBA

DETERMINACION	5%MTBE	5%ETANOL	10% ETANOL	PEMEX-MAGNA	PEMEX-PREMIUM
PVR, lb/pulg 2	7.7	8.4	8.9	6.5/7.8	6.5/7.8
RON	95.5	95.7	97.2	-----	-----
MON	83.1	83.2	84.3	82 Min.	-----
(RON+MON)/2	89.3	89.5	90.8	87 Min.	93 Min.
AZUFRE, ppm	404	415	397	500 Max.	500 Max.
AROMATICOS % vol	24.6	24.0	24.5	25 Max.	25 Max.
OLEFINAS %vol.	10.6	11.5	11.3	10 Max.	10 Max.
BENCENO % vol.	0.9	1.2	1.4	1.0 Max.	1.0 Max.
OXIGENO % vol.	1.0	1.9	3.8	-----	-----
PODER CALORIFICO Btu/lb	18498	18140	17901		

V.4 EMISIONES DE ESCAPE.

En la TABLA 9 se resumen las evaluaciones efectuadas en 3 vehículos de prueba, donde se puede apreciar el efecto en emisiones de escape, por el empleo de los tres diferentes combustibles (5% MTBE, 5% ETANOL y 10% ETANOL)

En el TABLA 7 y 8 y en las gráficas 1, 2, 3 se puede apreciar el porcentaje de variación en las emisiones reguladas de CO, HC y NO_x al emplear los tres combustibles.

Es importante señalar que el efecto del combustible evaluado es también función del tipo de motor empleado.

Con inyección electrónica de combustible y con el 5% de etanol, la emisión en Monóxido de Carbono (CO) presentó una disminución de 4%. La emisión en Hidrocarburos (HC) presentó un incremento de 4% y los Oxidos de Nitrógeno presentaron un incremento del 2%.

Con el 10 % de etanol la emisión en Monóxido de Carbono (CO) no presentó variación alguna. La emisión en Hidrocarburos (HC) presentó una disminución del 9% y los Oxidos de Nitrógeno presentaron un aumento del 18%.

Con un sistema de Carburación y con control de emisiones es decir con convertidor catalítico y con el 5% de Etanol, la emisión en Monóxido de Carbono (CO) presentó una disminución de 8.67%. La emisión en Hidrocarburos (HC) presentó una disminución del 2% y los Oxidos de Nitrógeno no presentaron variación alguna.

Con el 10 % de etanol la emisión en Monóxido de Carbono (CO) presentó una disminución del 36%. La emisión en Hidrocarburos (HC) presentó una disminución del 14% y los Oxidos de Nitrógeno presentaron un aumento del 18%.

Con un sistema de Carburación y sin control de emisiones es decir sin convertidor catalítico y con el 5% de etanol, la emisión en Monóxido de Carbono (CO) presentó una disminución de 39%. La emisión en Hidrocarburos (HC) presentó una disminución del 17% y los Oxidos de Nitrógeno presentaron un aumento del 25%.

Con el 10 % de etanol la emisión en Monóxido de Carbono (CO) presentó una disminución del 40.5%. La emisión en Hidrocarburos (HC) presentó una disminución del 18.8% y los Oxidos de Nitrógeno presentaron un aumento del 17%.

TABLA 7
CON 5% ETANOL

	INYECCION ELECTRONICA TSURU 97	CON CARBURADOR Y CONVERTIDOR TSURU 91	CON CARBURADOR SIN CONVERTIDOR TSURU 90
CO	-4.43	-8.6	-38.6
HC	4.34	-2.12	-16.7
NOx	2.63	0	25

TABLA 8
CON 10% ETANOL

	INYECCION ELECTRONICA TSURU 97	CON CARBURADOR Y CONVERTIDOR TSURU 91	CON CARBURADOR SIN CONVERTIDOR TSURU 90
CO	0	-36.4	-40.5
HC	-8.7	-14	-18.8
NOx	18.4	17.6	17.9

V.5 RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE

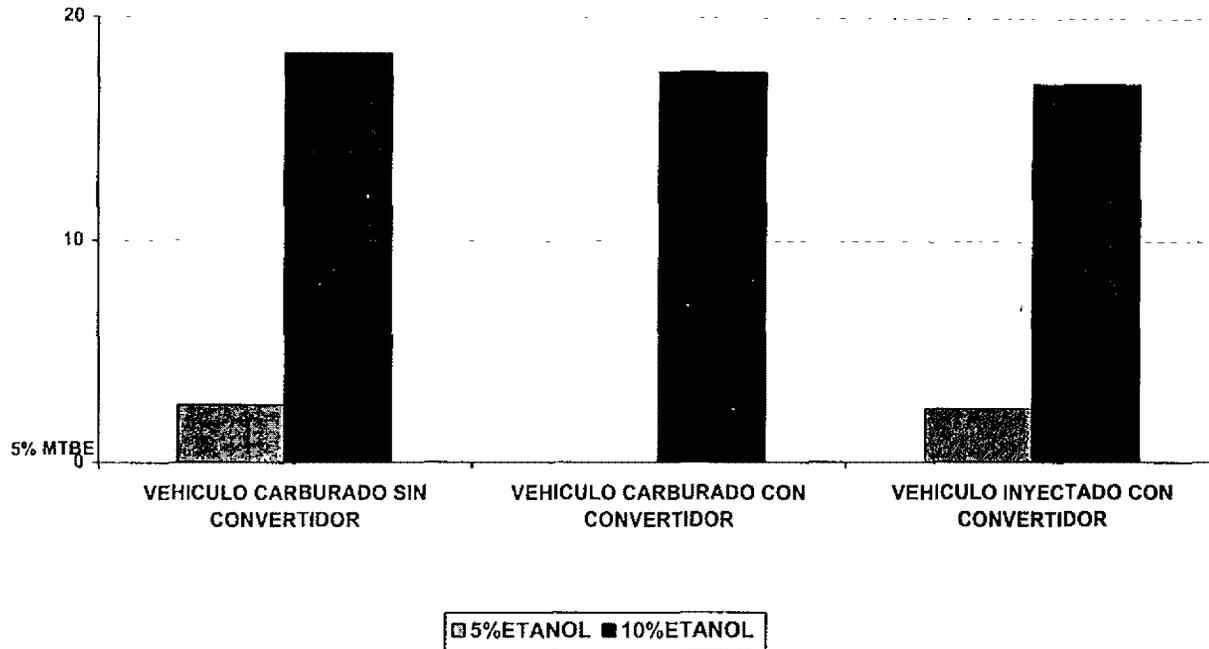
En lo que respecta al rendimiento de combustible se puede apreciar en la tabla 9 así como en la gráfica 4 que al adicionar etanol se tiene mayor rendimiento de combustible y que con la mezcla de 10% nos presenta el mayor rendimiento de mismo, aunque no es perceptible por el usuario.

TABLA 9

RESULTADOS DE EMISIONES DE ESCAPE Y PORCIENTO DE VARIACIÓN

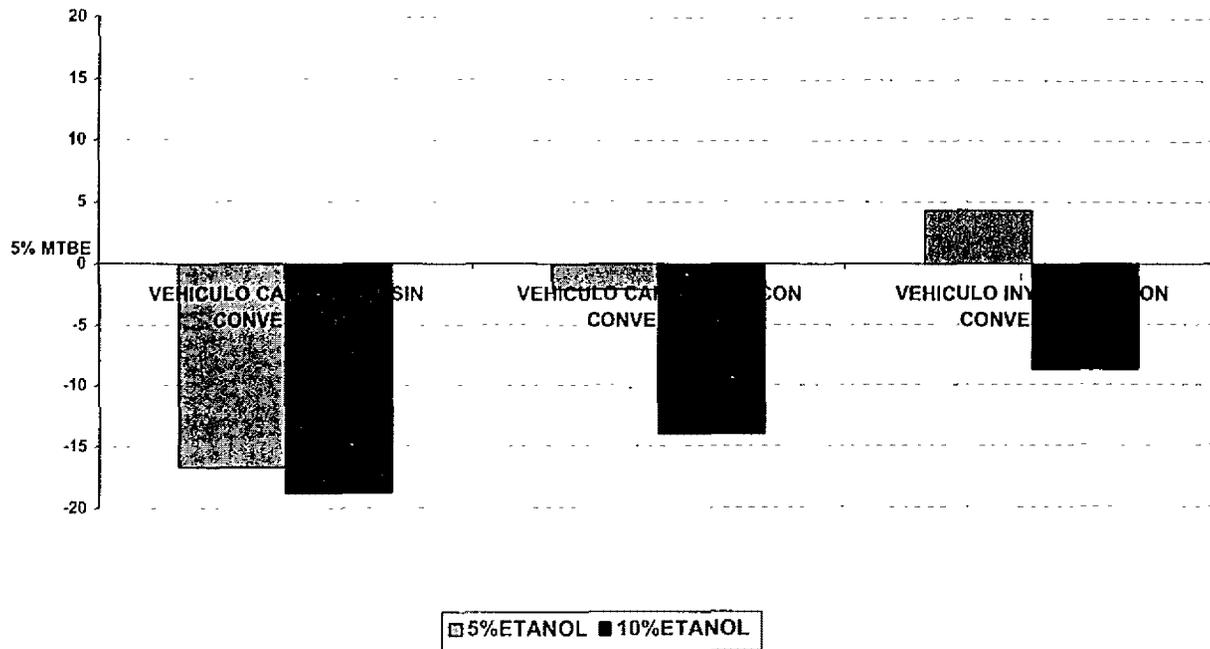
COMBUSTIBLE	VEHICULO NISSAN TSURU 1997								VEHICULO NISSAN TSURU 1991								VEHICULO NISSAN TSURU 1990							
	EMISIONES DE ESCAPE								EMISIONES DE ESCAPE								EMISIONES DE ESCAPE							
	CO	HC	NOx	R/COMB	CO	HC	NOx	R/COMB	CO	HC	NOx	R/COMB	CO	HC	NOx	R/COMB	CO	HC	NOx	R/COMB	CO	HC	NOx	R/COMB
	(g/km)			km/l	(% variación)				(g/km)			km/l	(% variación)				(g/km)			km/l	(% variación)			
5%MTBE	2.48	0.23	0.38	13.76	*****	*****	*****	*****	23.87	0.94	1.36	11.54	*****	*****	*****	*****	30.6	1.38	1.68	11.48	*****	*****	*****	*****
5%ETANOL	2.37	0.24	0.39	13.7	-4.43	4.34	2.63	0	21.8	0.92	1.4	11.66	-8.67	-2.1	0	1	18.8	1.15	2.1	11.65	-38.8	-16.7	25	1.4
10%ETANOL	2.49	0.21	0.45	14.16	0	-8.7	18.4	2.9	15.19	0.81	1.6	11.8	-36.4	-14	17.6	2.25	18.2	1.12	1.98	11.7	-40.5	-18.8	17.9	1.9

EMISIONES DE OXIDOS DE NITROGENO EN PRUEBAS DE EFECTO INMEDIATO PORCIENTO DE VARIACION



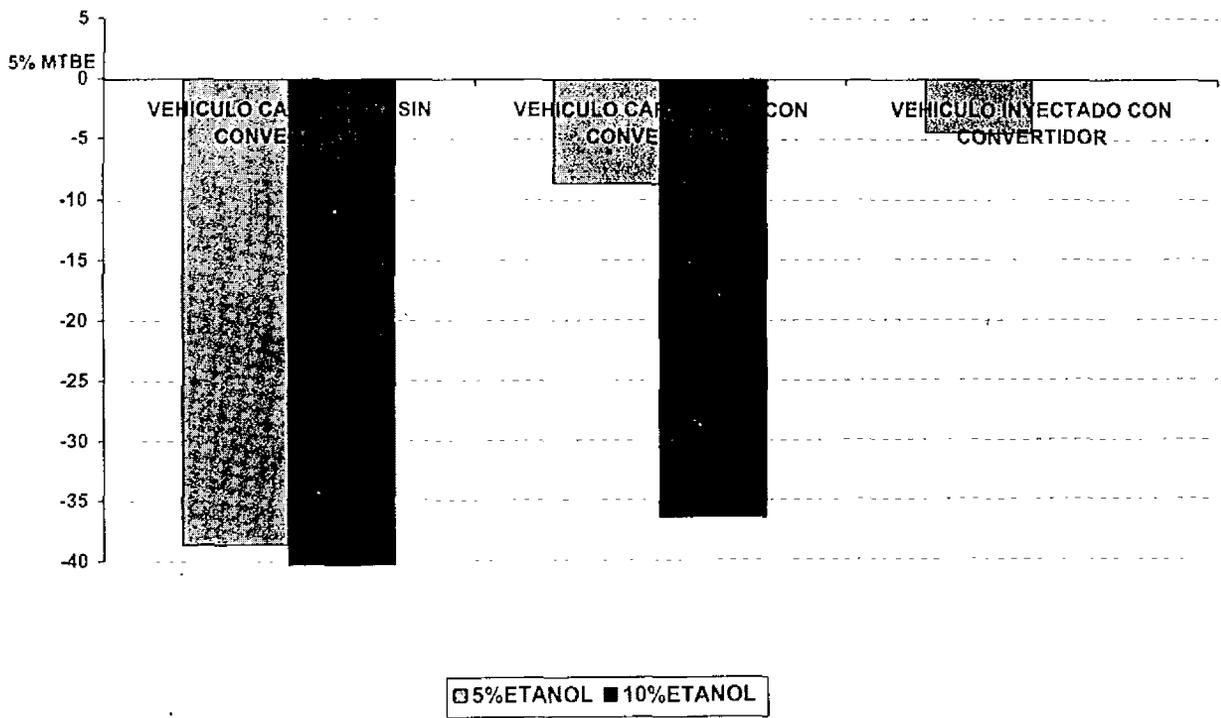
GRAFICA I

EMISIONES DE HIDROCARBUROS EN PRUEBAS DE EFECTO INMEDIATO PORCIENTO DE VARIACION



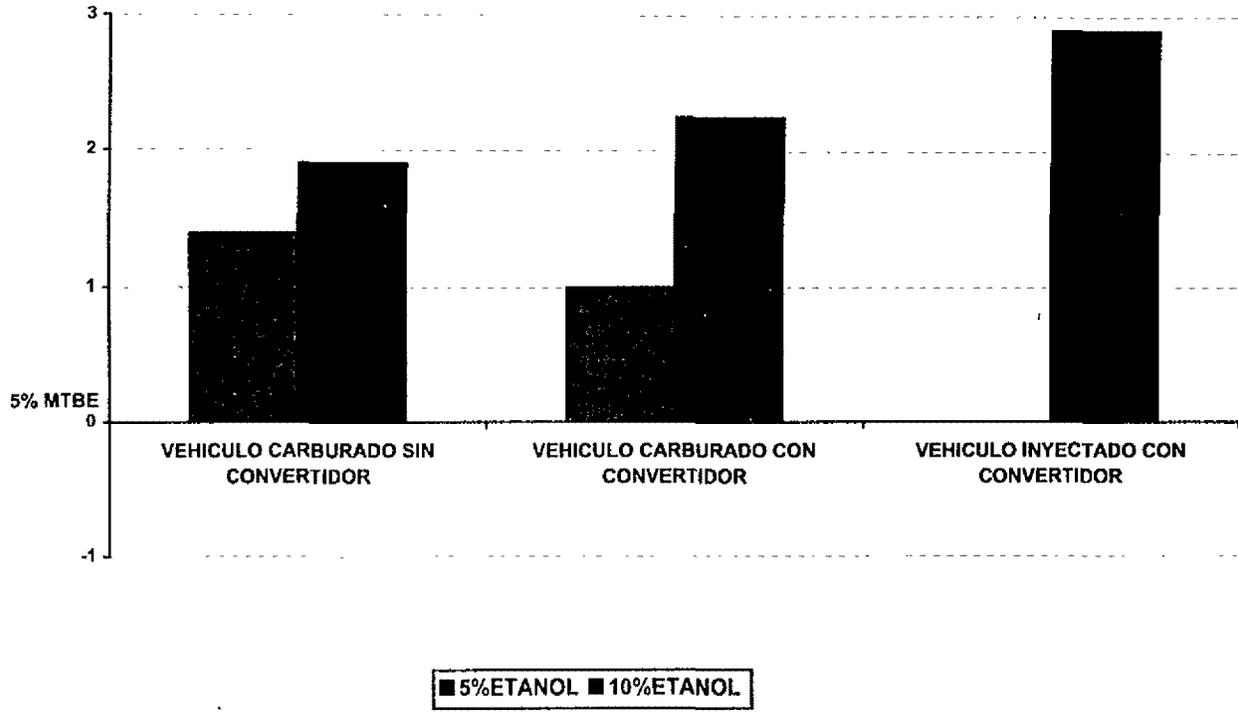
GRAFICA 2

EMISIONES DE MONOXIDO DE CARBONO EN PRUEBAS DE EFECTO INMEDIATO PORCIENTO DE VARIACION



GRAFICA 3

RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN PRUEBAS DE EFECTO INMEDIATO PORCIENTO DE VARIACION



GRAFICA 4

7.6 EMISIONES EVAPORATIVAS.

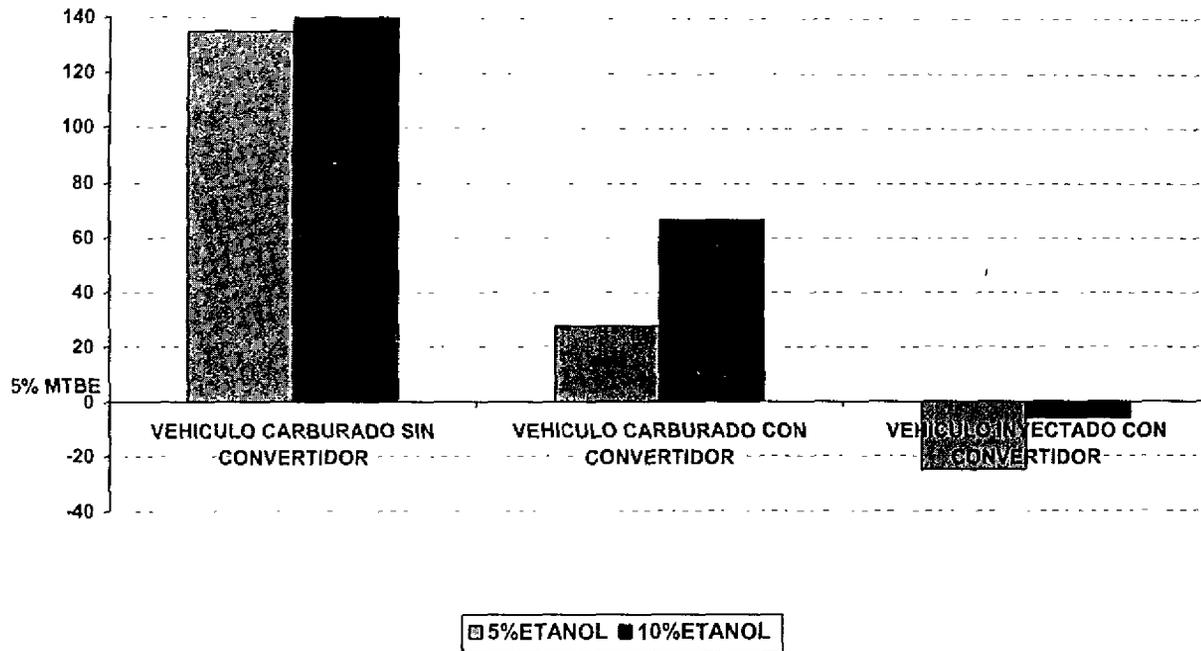
Con relación a las emisiones evaporativas se puede apreciar que los porcentajes de variación difieren entre cada vehículo, lo cual se debe a la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores de cada vehículo.

Se puede apreciar que la mezcla idónea es la del 5% de etanol ya que disminuye un 25% de estas emisiones con una tecnología de inyección de combustible (tabla 10 y gráfica 5).

TABLA 10

COMBUSTIBLE	INYECCION ELECTRONICA TSURU 97	CON CARBURADOR Y CONVERTIDOR TSURU 91	CON CARBURADOR SIN CONVERTIDOR TSURU 90
5%MTBE	1.6	1.8	2.0
5%ETANOL	1.2	2.3	4.7
10% ETANOL	1.5	3.0	4.8
%VARIACIÓN (5% ETANOL)	-25	+27.7	+135
%VARIACIÓN (10% ETANOL)	-6.25	+66.6	+140

EMISIONES EVAPORATIVAS EN PRUEBAS DE EFECTO INMEDIATO PORCIENTO DE VARIACION



GRAFICA 5

V.7 EMISION DE TOXICOS, FORMALDEHIDO Y ACETALDEHIDO.

En este estudio se consideran los tóxicos, BENCENO, 1,3 BUTADIENO, FORMALDEHIDO, ACETALDEHIDO Y LOS ALDEHIDOS TOTALES, ya que son los hidrocarburos con más alto índice de emisiones en g/km, además de ser los hidrocarburos con mayor potencial a la formación de Ozono.

El FORMALDEHIDO ha sido encontrado como el principal precursor en la formación de Ozono. En particular en la exposición a corto plazo, el FORMALDEHIDO y el ACETALDEHIDO es sabido que causa irritación en los ojos, piel y membrana de la mucosa.

En este estudio se aprecia para el BENCENO:

- Con tecnología de inyección de combustible la mezcla del 5% de etanol presenta el mejor comportamiento, una disminución de 46% comparativamente con la mezcla del 10% etanol.
- Con carburador y control de emisiones se registra el mejor comportamiento con la mezcla del 10%, una disminución del 18% en relación con la mezcla del 5% de etanol.
- Con carburador y sin control de emisiones se registra mejor comportamiento con la mezcla del 5%, un incremento de 3% comparativamente con la mezcla del 10% de etanol.

Para el 1.3 BUTADIENO:

Con tecnología de inyección de combustible se aprecia un mejor comportamiento con la mezcla del 5% de Etanol, una disminución del 25% comparativamente con la mezcla del 10% de etanol.

Con carburador y control de emisiones se registra una disminución mayor con el 5% de etanol, del orden del 29%.

Con carburador y sin control de emisiones se registra un incremento del 6% con la mezcla del 5%, comparativamente con la mezcla de 10% de etanol.

Para el FORMALDEHIDO.

Con tecnología de inyección de combustible se puede apreciar un mejor comportamiento con la mezcla del 5% de etanol, un incremento de 16%, comparativamente con la mezcla del 10% etanol.

Con carburador y control de emisiones se registra una disminución igual con el 10% de etanol y con el 5% de etanol. (32.5 %)

Con carburador y sin control de emisiones presenta un incremento de 2% menor con la mezcla del 5 % comparativamente, con la mezcla del 10%

Para el ACETALDEHIDO.

En cualquiera de las tecnologías evaluadas y con cualquiera de las mezclas presenta incrementos que van desde un 40% hasta 170% (tabla 11 y gráficas 6y7).

V.8 ESPECIACIÓN DE HIDROCARBUROS

Con el objetivo de comparar la tendencia de las mezclas evaluadas a formar Ozono, se llevó a cabo la cuantificación de los compuestos precursores a través de la especiación de Hidrocarburos presentes en los gases de escape y las emisiones evaporativas utilizando la técnica de Cromatografía de gases .El sistema de análisis cuantitativo y cualitativo cuenta con un banco de datos de 140 compuestos.

La determinación se realiza en una sola corrida cromatográfica, logrando separar compuestos desde C1 hasta C12 debido al método desarrollado, que involucra siete fases de separación por elevación de temperatura desde -50 hasta 150 °C, con un tiempo aproximado de 130 minutos.

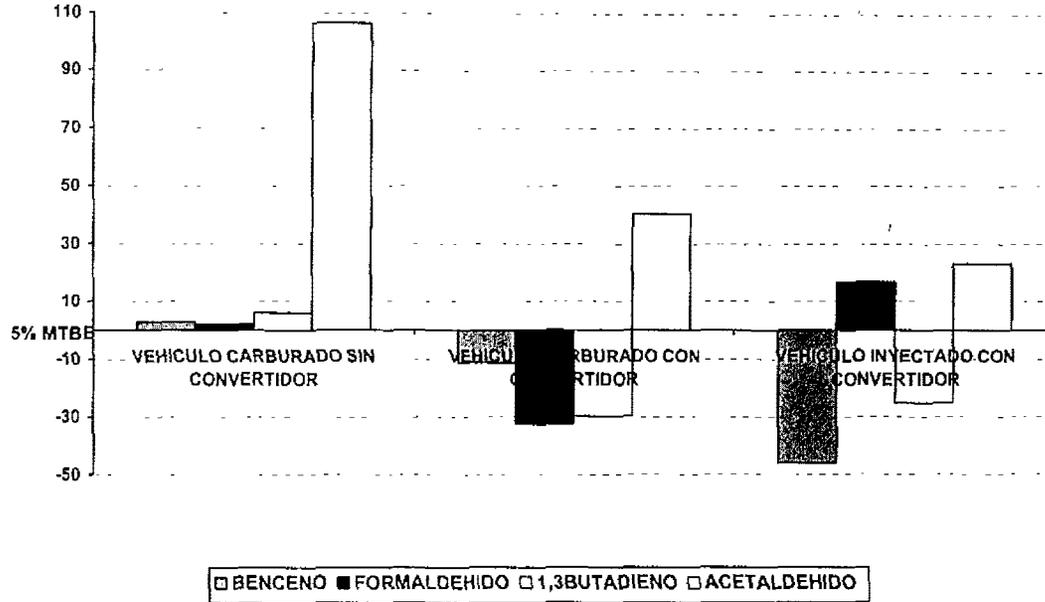
El estudio cromatográfico de gases se practicó en el segundo FTP-75 para los tres vehículos, en las tablas (12-14 y gráficas 8-10) se muestra la variación de los diferentes compuestos tóxicos.

TABLA 11

PORCIENTO VARIACION DE TOXICOS

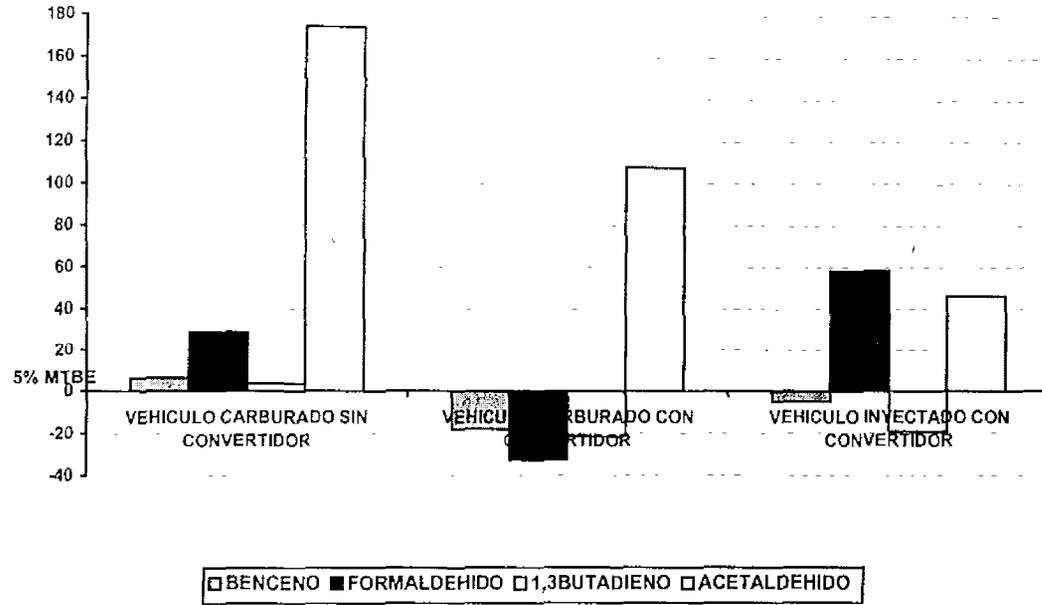
	5 % ETANOL			10% ETANOL		
	TSURU-97	TSURU-91	TSURU-90	TSURU-97	TSURU-91	TSURU-90
BENCENO	-46.1	-11.3	2.85	-4.9	-18	6.6
FORMALDEHIDO	16.7	-32.5	2	58.3	-32.5	28.8
1,3 BUTADIENO	-25.2	-29.7	5.9	-19.2	-21.7	3.5
ACETALDEHIDO	23.1	40.4	106.8	46.2	107.7	174.5
ALDEHIDOS TOTALES	28.6	4.7	94.4	39.3	22.1	26.6

EMISION DE TOXICOS EN PRUEBAS DE EFECTO INMEDIATO
 PORCIENTO DE VARIACION
 5% ETANOL



GRAFICA 6

**EMISION DE TOXICOS EN PRUEBAS DE EFECTO INMEDIATO
PORCIENTO DE VARIACION
10% ETANOL**



GRAFICA 7

PRINCIPALES COMPUESTOS POTENCIALES A LA FORMACION DE OZONO.
(mgO3/km)

TABLA 12
VEHICULO INYECTADO CON CONVERTIDOR

COMBUSTIBLE	ETILENO	PROPILENO	PROPANO	I-BUTILENO	1,3BUTADIENO	I-C5	BENCENO	TOLUENO	SUMA XILENOS	124TMBZ
5%MTBE	76.77	27.14	0.54	14.43	5.93	38.7	4.28	78.37	75.29	19.53
5%ETANOL	63.58	25.81	0.2	12.43	6.41	21.16	2.29	38.63	75.11	19.6
10%ETANOL	78.28	30.29	0.25	11.68	9.46	28.71	3.22	33.53	78.53	26.15
%VAR 5% ETANOL	-17.18	-4.53	62.96	-13.65	-41.82	-42.26	48.24	-49.15	-0.23	0.35
%VAR 10% ETANOL	19.8	11.6	-53.7	-19.05	69.52	21.77	-24.41	-58.09	4.72	33.89

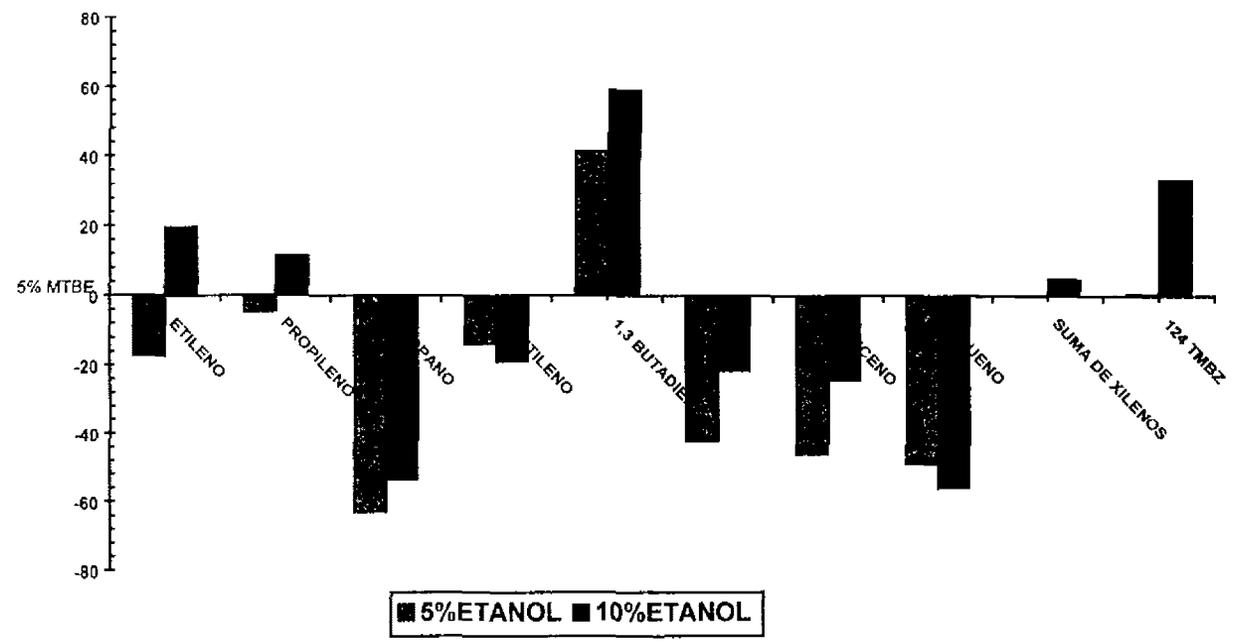
TABLA 13
VEHICULO CON CARBURADOR Y CONVERTIDOR

COMBUSTIBLE	ETILENO	PROPILENO	PROPANO	I-BUTILENO	1,3BUTADIENO	I-C5	BENCENO	TOLUENO	SUMA XILENOS	124TMBZ
5%MTBE	618.85	223.03	1.25	231.39	149.98	87.21	22.05	241.7	403.24	302.37
5%ETANOL	699.18	230	1.18	152.9	104.20	94.75	19.74	230.31	569.43	236.78
10%ETANOL	598.7	195.54	1.14	133.02	117.16	79.57	17.89	202.08	685.02	245.36
%VAR 5% ETANOL	2.5	12.09	-6.34	-33.61	-30.47	8.84	10.51	-4.71	48.17	-30.85
%VAR 10% ETANOL	-11.8	-12.31	-0.5	42.51	-21.85	8.76	-18.44	-18.39	64.91	-19.84

TABLA 14
VEHICULO CON CARBURADOR SIN CONVERTIDOR

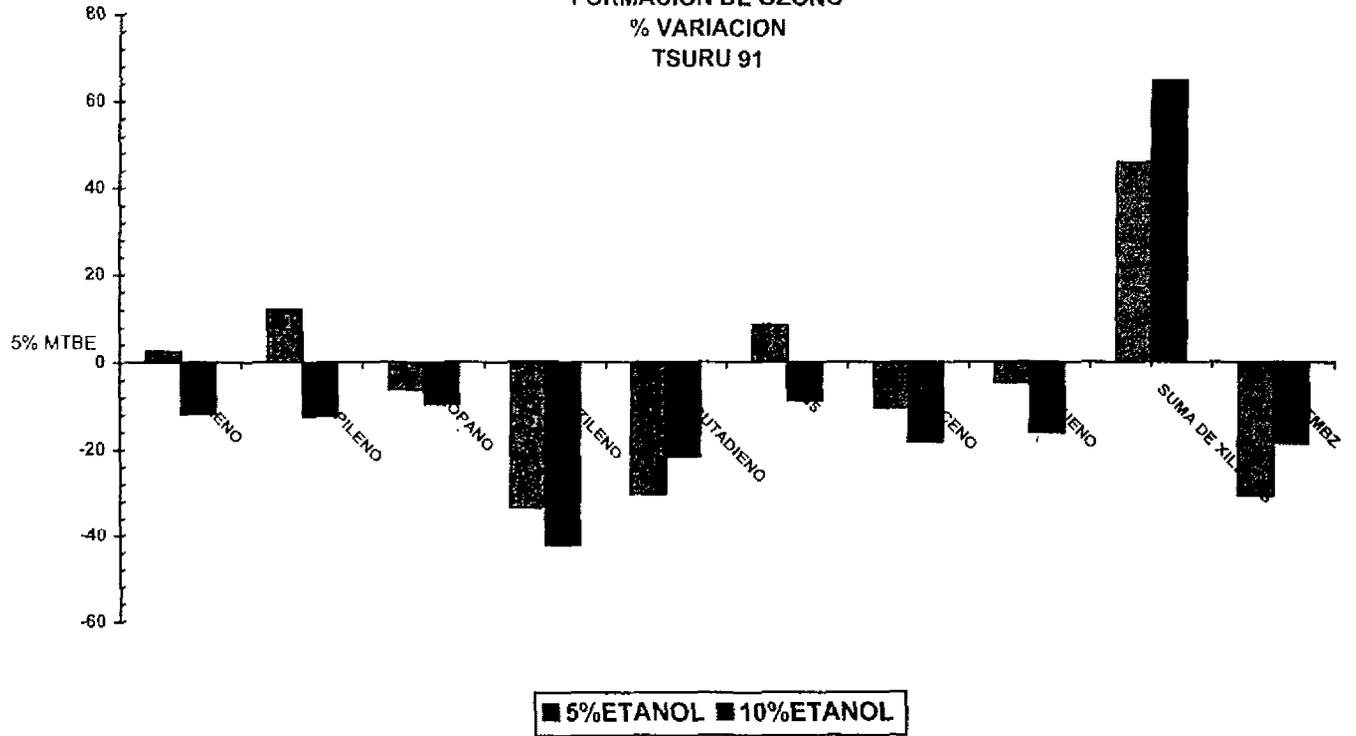
COMBUSTIBLE	ETILENO	PROPILENO	PROPANO	I-BUTILENO	1,3BUTADIENO	I-C5	BENCENO	TOLUENO	SUMA XILENOS	124TMBZ
5%MTBE	1053.04	794.12	2.58	290.29	226.15	104.00	22.05	350.31	1153.3	484.42
5%ETANOL	923.7	720.54	1.44	224.57	112.1	74.55	18.98	289.14	858.14	325.93
10%ETANOL	900.11	656.74	0.36	210.48	218.1	69.19	16.12	238.3	895.13	270.86
%VAR 5% ETANOL	-12.28	-9.28	43.75	-22.63	-8.21	-28.87	-14.01	-17.40	-24.13	-29.88
%VAR 10% ETANOL	14.52	-17.23	-85.15	27.49	-3.55	-34.07	-26.89	-31.67	40.59	-41.72

FORMACION DE OZONO
% VARIACION
TSURU 97



GRAFICA 8

PRINCIPALES COMPUESTOS TOXICOS Y POTENCIALES A LA
 FORMACION DE OZONO
 % VARIACION
 TSURU 91



GRAFICA 9

PRINCIPALES COMPUESTOS TOXICOS Y POTENCIALES A LA
 FORMACION DE OZONO
 % VARIACION
 TSURU 90



GRAFICA 10

V.9 REACTIVIDAD ESPECIFICA

La reactividad específica es la capacidad que tiene las emisiones de escape a reaccionar en la atmósfera para la formación de Ozono sus unidades son gO_3/gNMOG (gramos de Ozono por gramos de Gases Orgánicos no Metánicos).

Se compararon las dos diferentes formulaciones de gasolina con la referencia obteniéndose las siguientes variaciones.

Con una tecnología de inyección el 5% de etanol presentó un incremento de 2% y con el 10% de Etanol presentó un aumento del 3%.

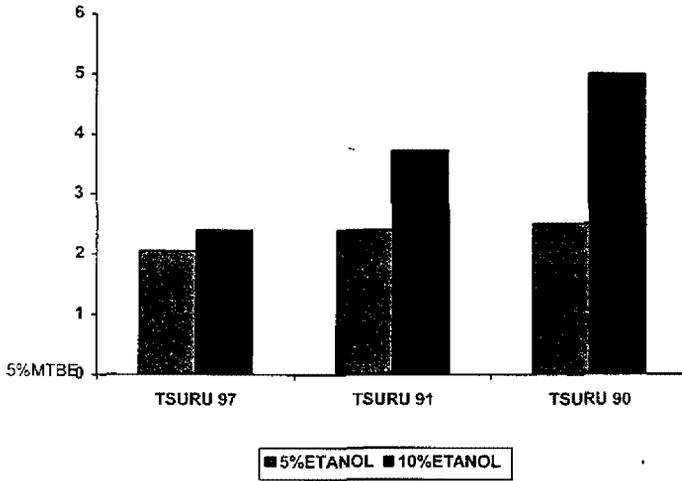
Con carburador y control de emisiones el 5% de etanol presentó un incremento de 2%, con el 10% de etanol presentó un aumento del 3.72%.

Con carburador y sin control de emisiones el 5% de Etanol presentó un aumento de 2.5%, con el 10% de Etanol presentó un aumento del 5%.(tabla 15 y gráfica 11)

TABLA 15

COMBUSTIBLE	INYECCIÓN ELECTRONICA TSURU 97	CON CARBURADO Y CONVERTIDOR TSURU 91	CON CARBURADOR SIN CONVERTIDOR TSURU 90
5%MTBE	2.92	3.76	4.0
5%ETANOL	2.98	3.85	4.1
10% ETANOL	2.99	3.90	4.2
%VARIACION (5% ETANOL)	+2.05	+2.39	+2.5
%VARIACION (10% ETANOL)	+2.39	+3.72	+5.0

REACTIVIDAD ESPECIFICA
%VARIACIÓN



GRAFICA II

CONCLUSIONES

En el presente estudio se realizaron pruebas secuenciales de efecto inmediato, es decir *sin recorrido de por medio al cambiar de un combustible a otro y no hubo una secuencia definida* en la evaluación de los combustibles aunque en todos los casos se inició con gasolina más MTBE la cual se utilizó como referencia.

Con base en los resultados obtenidos en los 3 vehículos evaluados se destaca lo siguiente:

EMISIONES DE ESCAPE

En las pruebas de efecto inmediato, se determina que al utilizar gasolina con etanol al 5% en el vehículo inyectado, se presentó una reducción del 5% en CO y un incremento de 2% en HC, comparativamente con la Mezcla con MTBE.

Por lo que respecta a los NOx se observó un incremento de 18% con la mezcla del 10%.

En el vehículo modelo 1991 se observó una reducción de CO del 9% y de 2% en HC, en tanto que los NOx se incrementan 17% al utilizar la mezcla al 10%.

En el vehículo modelo 1990 presentó una reducción de CO del 38% y de 16% en HC, en tanto que los NOx presentaron un incremento del 18% al utilizar la mezcla del 10%.

En tal sentido se observa que los vehículos provisto con sistema de carburación son los que presentan los mayores beneficios en la reducción de emisiones de Monóxido de Carbono e Hidrocarburos, comparativamente con el vehículo provisto de sistemas de inyección y control de mezcla aire-combustible mediante sensor de oxígeno, debido a que la combustión se favorece por la mayor presencia de oxígeno en el combustible.

POTENCIALIDAD A FORMAR OZONO

Se determinaron mediante el análisis por cromatografía de gases los hidrocarburos individuales y potenciales a formar ozono que se emiten por el escape se encontró que en el vehículo con inyección se observa un aumento de 41.83% para la mezcla de 5% de Etanol y 59.52% para la mezcla del 10% de Etanol en el compuesto 1,3 Butadieno que

Debido a su alta toxicidad en los seres humanos, es motivo de especial preocupación ya que es altamente cancerígeno.

En cuanto a los demás compuestos tóxicos se aprecia que la mezcla del 5% de Etanol, presenta un buen comportamiento ya que se observa una disminución considerable, en cada uno de ellos a excepción del Metano pero su incremento se puede considerar despreciable.

En cuanto al vehículo con carburador y convertidor catalítico se observa un aumento de 64.91% con la mezcla del 10% de Etanol en los Xilenos que son altamente cancerígenos y una disminución en todos los demás componentes. En cuanto a la mezcla del 5% de Etanol se observa un aumento de los Xilenos del 46.17%, 12.09 % de propileno y 2.5% de etileno, en cuanto a los demás compuestos se observa una pequeña disminución en cada uno de ellos.

Con el vehículo con carburador y sin convertidor nos muestra el siguiente comportamiento la mezcla del 10% de Etanol presenta una disminución en casi todos los compuestos, a excepción del 1.3 butadieno que resulto con una disminución mucho mayor con la mezcla del 5% de Etanol.

TOXICIDAD DE LAS EMISIONES DE ESCAPE

Respecto a la emisión de tóxicos como el Benceno y el 1,3 Butadieno, se tiene un comportamiento definido a disminuirse en el vehículo inyectado y carburado con convertidor, debido al favorecimiento de las reacciones oxidativas de los hidrocarburos en el convertidor. En la otra tecnología debido a que no cuenta con convertidor se observó un incremento de hidrocarburos de escape.

Por lo que respecta al Formaldehído su presencia es favorecida en todos los casos conforme se incrementa la concentración de etanol en la gasolina a excepción del vehículo con carburador y convertidor que presenta la misma disminución en las dos mezclas evaluadas.

En el caso del Acetaldehído, su presencia en el escape es favorecida en cualquiera de las tecnologías evaluadas, conforme se incrementa la concentración de etanol en la gasolina, como subproducto de la combustión parcial de este alcohol.

ACTIVIDAD ESPECIFICA

En base en el análisis realizado en cuanto a la reactividad específica de los hidrocarburos no metánicos emitidos por el escape al adicionar etanol en la gasolina en los vehículos de diferente tecnología se observó que en todos los vehículos evaluados a medida que se incrementa el contenido de etanol la mezcla se vuelve más reactiva, debido a que en nuestro análisis de resultados se observa un incremento en aldehídos, tales como el acetaldehído y formaldehído que favorecen a que dichas mezclas sean más reactivas.

MISIONES EVAPORATIVAS

Al analizar los resultados de las pruebas de emisiones evaporativas se observó una tendencia a incrementarse en los vehículos carburados entre 27 y 140%, conforme se tiene una mayor concentración de alcohol debido al incremento en la presión de vapor, entre 0.5 y 0.7 psi. Este fenómeno es disminuido en el caso del vehículo con tecnología de inyección de combustible, debido a la menor exposición de partes abiertas del sistema de combustible a la atmósfera como es el caso del carburador y la instalación de sistemas más eficientes de recuperación de vapores.

RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE

Con relación al rendimiento de combustible se tienen dos efectos encontrados: la disminución progresiva del poder calorífico que podría aumentar el consumo de combustible a medida que se incrementa el contenido de etanol, por otro lado el empobrecimiento de la mezcla y mayor presión de vapor que tiene un efecto opuesto. En virtud de lo anterior, la adición del etanol presentaría ligeras mejoras, no perceptibles para el usuario, en vehículos que carecen de control en la relación aire combustible, al no poder compensar el aporte de oxígeno en el combustible.

CONCLUSION FINAL

Finalmente los cambios observados en este estudio sobre las emisiones, consumo de combustible al usar etanol en las gasolinas, muestran la factibilidad de emplear este oxigenado en una proporción del 5%; sin embargo se tendría que ponderar el impacto de las reducciones de monóxido e hidrocarburos en el escape respecto al incremento encontrado tanto en emisiones evaporativas como en acetaldehído, con la finalidad de sustentar su aplicación y evitar efectos secundarios.

Por otro lado, se considera necesario continuar con un programa piloto, para evaluar el comportamiento en condiciones reales y obtener un soporte estadístico con otro tipo de variable, ya que en este estudio no se contemplaron los probables efectos en internos del motor y sistema de combustible, así como el mantenimiento.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



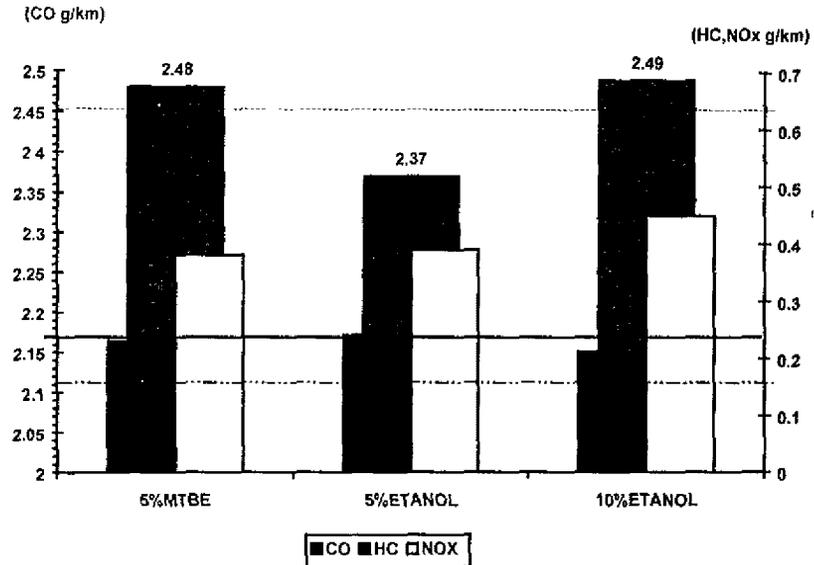
A N E X O S



EVALUACIÓN DE MEZCLAS GASOLINAS-ETANOL

EMISIONES DE ESCAPE FTP-75

VEHICULO: NISSAN TSURU 97



GRAFICA 12

NORMA NO_x (0.62)

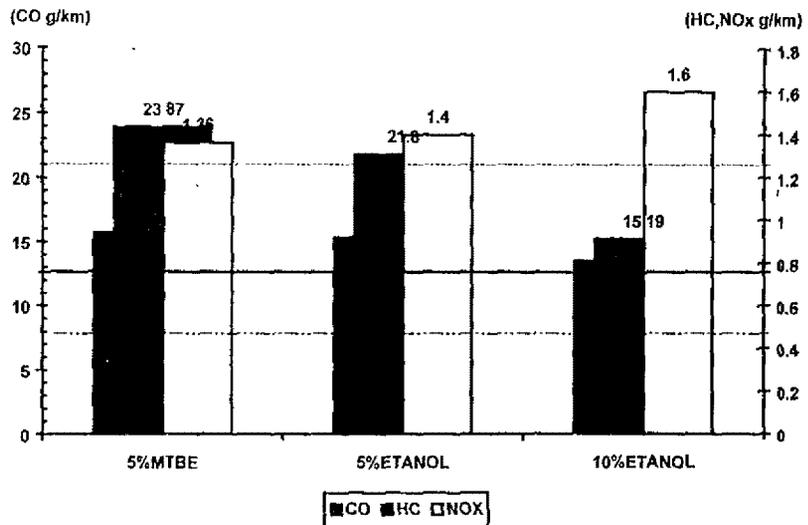
NORMA HC (0.25)

NORMA CO (2.11)

EVALUACIÓN DE MEZCLAS GASOLINA - ETANOL

EMISIONES DE ESCAPE FTP-75

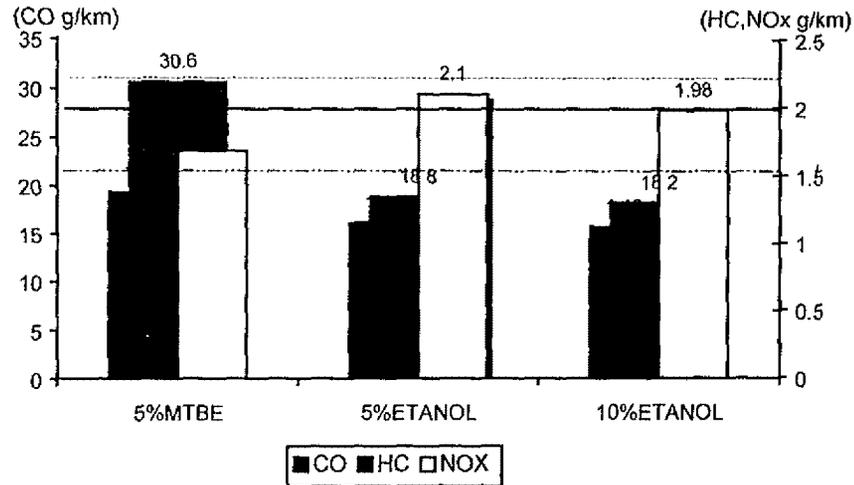
VEHICULO: NISSAN TSURU 91



GRAFICA 13

- NORMA NOx (1.40)
- NORMA HC (0.70)
- - - NORMA CO (7.0)

**EVALUACIÓN DE MEZCLAS GASOLINAS -ETANOL
EMISIONES DE ESCAPE FTP-75
VEHICULO: NISSAN TSURU 90**



GRAFICA 14

- NORMA NOx (2.3)
- NORMA HC (2.0)
- - - - - NORMA CO (22)

HIDROCARBUROS EMITIDOS POR EL ESCAPE EN MAYOR CONCENTRACIÓN

(mgHC/km)

VEHICULO: NISSAN TSURU 97*COMBUSTIBLES DE PRUEBA*

COMPUESTO	5% MTBE	5% ETANOL	10% ETANOL
METANO	26.95	18.05	16.0
ETILENO	12.03	8.72	10.74
PROPILENO	4.25	2.80	3.27
PROPANO	3.65	-----	-----
i-BUTILENO	3.39	1.95	2.2
1,3BUTADIENO	0.54	0.607	0.73
i-c5	26.60	15.36	20.80
BENCENO	10.15	5.50	7.69
TOLUENO	27.98	13.41	12.78
SUMA XILENOS	16.68	6.98	11.07
124TMBZ	2.122	2.52	2.96

Tabla 16

HIDROCARBUROS EMITIDOS POR EL ESCAPE EN MAYOR CONCENTRACIÓN

(mgHC/km)

VEHICULO: NISSAN TSURU 91

COMBUSTIBLES DE PRUEBA

COMPUESTO	5% MTBE	5% ETANOL	10% ETANOL
METANO	77.57	70.121	56.46
ETILENO	93.125	95.078	82.13
PROPILENO	23.64	51.288	21.24
PROPANO	2.62	2.489	18.22
i-BUTILENO	44.31	2 9.637	25.05
1,3BUTADIENO	13.77	9.716	10.76
i-c5	63.19	68.905	62.66
BENCENO	52.52	46.315	42.82
TOLUENO	88.54	84.247	74.02
SUMA XILENOS	60.53	82.58	93.46
124TMBZ	35.37	23.77	27.81

Tabla 17

HIDROCARBUROS EMITIDOS POR EL ESCAPE EN MAYOR CONCENTRACIÓN
(mgHC/km)

VEHICULO: NISSAN TSURU 90

C O M B U S T I B L E S D E P R U E B A

COMPUESTO	5% MIBE	5% ETANOL	10% ETANOL
METANO	114.34	83.28	69.17
ETILENO	144.45	126.71	123.48
PROPILENO	85.95	77.96	71.08
PROPANO	5.34	2.98	0.80
1-BUTILENO	54.67	42.30	39.64
1,3BUTADIENO	20.77	22.1	21.5
i-c5	76.06	54.03	50.14
BENCENO	52.50	54.1	56.3
TOLUENO	128.32	105.92	87.3
SUMA XILENOS	161.89	122.18	96.60
124TMBZ	52.60	36.88	30.66

Tabla 18

GLOSARIO DE TERMINOS

Desplazamiento.

Es la distancia dirigida en la que el punto se ha movido sobre una trayectoria geométrica, a partir de un origen conveniente. Se trata de un vector, que tiene tanto magnitud como dirección y que está sujeto a todas las leyes y características que se le atribuyen a los vectores.

Par.

Dos fuerzas de igual magnitud que actúan en sentidos opuestos sobre rectas paralelas forman un par. Un par no puede ser reducido a una sola fuerza. Se pueden desplazar las fuerzas que forman un par y se puede modificar su magnitud y su dirección siempre que se conserven paralelas entre sí, que se mantengan en el mismo plano original o en uno paralelo a él, que el producto de una de las fuerzas por la distancia entre las dos paralelas sea constante y que el sentido de rotación permanezca invariable.

Momento.

El momento es una importante característica de un motor y, aunque es independiente de la velocidad, determina lo que hay que construir en la transmisión entre el motor y las ruedas motoras, para poder ceder a estas ruedas el esfuerzo giratorio que interese. Por ejemplo, el par de arranque del motor de un automóvil es cero, y es preciso desconectar el motor de su carga, por medio de un embrague, para poderlo poner en marcha sirviéndose de un motor de arranque independiente.

Potencia.

Es la razón con la cual se realiza un trabajo; también es el número de unidades de trabajo efectuadas por unidad de tiempo. Es la velocidad con la cual se realiza un trabajo.

Trabajo.

Es una forma de energía y se define por el producto de una fuerza por la longitud de un desplazamiento en la dirección de dicha fuerza a lo largo del cual ésta actúa.

Punto Muerto Superior (PMS)

Es la posición del pistón próxima a la culata.

Punto Muerto Inferior (PMI)

Es la posición más alejada del pistón a la culata.

Carrera.

Comprende la distancia entre el PMS y el PMI, es igual, salvo raras excepciones, al doble del radio de la manivela del eje del cigüeñal, se expresa generalmente en mm.

Volumen Total del Cilindro (V_1)

Es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando éste se halla en el PMI, se expresa en (cm^3).

Volumen de la Cámara de Combustión (V_2).

Es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando este se halla en el PMS, se expresa generalmente en (cm^3).

Cilindrada (V_1-V_2).

Es la generada por los pistones en su movimiento alternativo desde el PMS hasta el PMI, tiene como unidades (cm^3).

Relación volumétrica de compresión (rc).

Es la relación que existe entre el volumen de la mezcla no comprimido y el comprimido dentro de los cilindros.

Se mantiene por tal la que hay entre el volumen total del cilindro V_1 y el volumen de la cámara de combustión V_2 . En general, es llamada relación de compresión ($rc=V_1 / V_2$).

Aceites.

Grupo de líquidos neutrales distribuidos en tres clases: a) aceites fijos, (grasos), de origen animal, vegetal o marino, formado principalmente por glicéridos y ésteres de ácidos grasos; b) aceites minerales, derivados del petróleo, del carbón etc., consistentes en hidrocarburos, y c) aceites esenciales, productos volátiles, principalmente hidrocarburos con olores característicos, derivados de ciertas plantas.

Aditivo.

Material que se incorpora a los derivados del petróleo, con el fin de mejorar su rendimiento y utilidad.

Aire atmosférico.

La mezcla de gases que rodean a la Tierra y forman su atmósfera. Está compuesta, en volumen, por un 21% de oxígeno y un 78% de nitrógeno; por peso, aproximadamente el 23% de oxígeno y el 77% de nitrógeno. Contiene también aproximadamente un 0.03% de dióxido de carbono, algo de vapor de agua y argón.

Cámara de combustión.

Recipiente en el que tiene lugar la combustión de los productos gaseosos de un combustible con oxígeno.

Catalizador.

Sustancia que altera la velocidad de una reacción sin experimentar por su parte ningún cambio neto.

Combustible.

Cualquier sustancia que puede ser quemada para producir calor.

Combustión.

Cualquier reacción química muy rápida en la que se produce calor y luz. Las más familiares entre las combustiones son las oxidaciones, es decir, las uniones con el oxígeno.

Combustión interna.

Es la correspondiente a cualquier motor en el que la presión o el calor requeridos para producir energía se crean en el cilindro del motor por la combustión de una mezcla de aire y combustible, y es convertida en trabajo mecánico por medio de un émbolo.

Contaminación atmosférica.

Es la presencia en el aire de toda materia (bióxido de azufre, los subproductos de los diversos tipos de combustión con combustibles fósiles, los polvos, tóxicos de humo de carbón y otras partículas) o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera modifican su composición.

Emisiones de gas de escape

Son los productos de la combustión que son descargados a la atmósfera, a través de la tubería de escape del automóvil.

Convertidor catalítico

Componente del sistema de escape que convierte ciertos contaminantes en sustancias menos tóxicas.

Convertidor catalítico de dos vías.

Convertidor que sólo oxida HC y CO.

Convertidor catalítico de tres vías.

Convertidor que además de oxidar HC y CO, reduce NOx, los tres contaminantes que son regulados en los vehículos automotores a gasolina.

Estándares de calidad del aire.

Niveles prescritos de la calidad del aire que protegen la salud y bienestar públicos.

Estándar de emisión.

Cantidad máxima de un contaminante que legalmente puede descargarse por una sola fuente.

Hidrocarburos.

Cualquiera de una amplia clase de compuestos orgánicos formados por el carbono y el hidrógeno (HC) y que se encuentra en todos los productos derivados del petróleo. Los compuestos que tienen un número reducido de átomos de carbono y de hidrógeno son habitualmente gaseosos; los que cuentan con un gran número de átomos son líquidos y los compuestos con el mayor número de átomos son sólidos. La mayor parte de los HC no quemados (producto de cualquier combustión real) solo son venenosos en concentraciones superiores a varios cientos de partes por millón; sin embargo, la luz del sol y la temperatura ocasiona que éstos reaccionen con óxidos de nitrógeno, formando ozono (O_3).

Con relación a los automóviles la normatividad mexicana mantiene los límites en 0.25 gr/km y los máximos permisibles 0.63 gr/km.

Monóxido de carbono.

Es un gas formado por oxígeno y gasolina quemada incompletamente y que es producto de la combustión cuando no existe suficiente aire que combinar con el combustible.

Las normas de monóxido de carbono para automóviles es de 2.11 gr/km.

Octanaje.

Índice de propiedades antidetonantes en la gasolina, mientras más alto sea el nivel de octano menor será la posibilidad de golpeteo.

Oxidos de nitrógeno.

Oxidos de nitrógeno, son realmente varios componentes diferentes del Nitrógeno y Oxígeno que se forman en la cámara de combustión bajo tremendas presiones y temperaturas, contribuyen a la formación de "smog", su fórmula química es el NOx.

La norma para regular NOx en automóviles se fija en 0.62 gm/km.

Ozono.

Molécula que contiene tres átomos de oxígeno (O₃). Está presente en pequeñas cantidades en el aire cerca de la superficie de la Tierra, y en grandes cantidades en la atmósfera, como resultado de la acción de los rayos ultravioleta de corta longitud de onda sobre el oxígeno (O₂). En la capa superior de la atmósfera actúa como protección que absorbe la radiación ultravioleta y por lo tanto puede considerarse como un elemento favorable para el ser humano y la naturaleza. Sin embargo, en la atmósfera que respiramos es nocivo para la salud en altas concentraciones (es irritante). Se produce en una reacción fotoquímica que involucra HC y NOx, con la temperatura y la luz solar.

Recirculación de gases de escape (EGR)

Sistema anticontaminante que a través de recircular una cierta cantidad del gas de escape nuevamente al motor en ciertos modos de operación (principalmente cuando la demanda de potencia no es alta), reduce los NOx, precursores del O₃. Su funcionamiento se afecta severamente al usar gasolina con plomo, pues las válvulas del EGR se van tapando con dicho elemento.

Relación aire/combustible.

Relación de peso entre el aire y el combustible de entrada al motor. Por ejemplo, un valor de 14.3/1 indica que la mezcla contiene 14.3 partes de aire por cada parte de combustible.

Sistema anticontaminante con retroalimentación (closed loop) y convertidor catalítico.

Sistema computarizado por medio del cual se procura mantener la óptima dosificación de aire/combustible al motor (cercana a la relación estequiométrica), para obtener la máxima eficiencia anticontaminante del convertidor.

Sistema de control de emisiones evaporativas.

Es el sistema existente en vehículos automotores a gasolina que captura y almacena los vapores de combustible que se generan en el depósito y sistema de combustible (carburación o inyección), para recircularlos hacia el motor a través del filtro de aire o múltiple de admisión, evitando así su emisión a la atmósfera.

Ventilación positiva del cárter.

Es un sistema por medio del cual aquellos gases productos de la combustión que pasan al cárter, son recirculados hacia la cámara de combustión, evitando así su emisión a la atmósfera.

BIBLIOGRAFIA

1.- Termodinámica

Irving Granet

Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. de C.V.

3ª edición

México 1993

2.- Dinámica de máquinas

Juan León

Limusa

1ª edición

México 1983

3.- Energéticos y desarrollo tecnológico

Manuel Polo Encinas

Limusa

1ª edición

México 1979

4.- Introducción al proyecto

Morris Asimow

Herrero Hnos. S:A:

4ª edición

México 1975

Motores de combustión interna (análisis y aplicaciones)

ward F. Obert

a. editorial Continental, S.A. de C.V.

edición

éxico 1987

- Energía y máquinas térmicas

o. Roselló Coria

nusa

).- Marks Manual del Ingeniero Mecánico

baumeister / Avallone / Baumeister III

.cGrawn Hill

³ edición

léxico 1984

1.- Contaminación del aire .

Origen y control.

Kenneth Wark.

Cecil f. Warner.

Primera edición.

México 1990.

2.-Normatividad ambiental y emisiones vehiculares en México

Centro de estudios del sector privado para el desarrollo sustentable.

México 1998.

- CONAE

1. [://www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)

- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

2. [:// www.imp.mx](http://www.imp.mx)

-CONSULTA DE IMECAS

3. [://www.coese.gob.mx/dbimeca.html](http://www.coese.gob.mx/dbimeca.html)