

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETROLEO**



**“ GASOLINA PLOMADA EN EL PERU Y LA VALORACION
DEL MERCADO PARA COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN
EL SECTOR TRANSPORTE COMO MEDIO PARA REDUCIR
LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ”**

**TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
PETROQUIMICO**

NANCY OLIVETH ENCARNACION BERMUDEZ

**PROMOCION 95-0
LIMA- PERU
2000**

A la memoria de mi padre: **Cipriano Encarnación Gabriel**
Por su gran espíritu de lucha y superación constante.

A la memoria de mi hermano: **Jeisen**
Por el recuerdo de su alegría y buen humor.

A mi madre: **Consuelo Bermúdez Solano**
Por su amor y comprensión, por haber hecho de mí lo que soy.

A mi pequeño: **Dylan**
Por alumbrar todas mis mañanas.

Agradecimiento a la empresa PETROUNI S.A.
por la colaboración en la culminación de la
presente tesis.

**GASOLINA PLOMADA EN EL PERU Y LA VALORACIÓN DEL MERCADO PARA
COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN EL SECTOR TRANSPORTE COMO MEDIO
PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

i.	ANTECEDENTES	1
ii.	OBJETIVOS	3
CAP I	GASOLINA	5
1.1	Composición Química	5
1.2	Clases y Características	6
1.3	Análisis de Gasolinas	7
1.3.1	Obtención de las muestras	7
1.3.2	Métodos normalizados para la detección de plomo en gasolinas	8
1.3.3	Normas vigentes actuales	9
1.3.4	Estadísticas	11
1.4	Calidad Típica	11
CAP II	PLOMO	
2.1	Origen del plomo	13
2.2	Plomo tetraetílico	14
2.3	La toxicidad del plomo	15
2.3.1	Síntomas de intoxicación por plomo	17
2.4	Efecto del plomo en los hidrocarburos	18
2.5	Comparación de las series químicas	20
2.6	Relación entre la estructura molecular y la detonancia	22
2.7	Octanaje	25
2.7.1	Motores de combustión interna	26
2.7.2	Funcionamiento de los motores de combustión interna	28
2.7.3	Mezcla de aire y combustible	30
2.7.4	Economía del combustible	30

CAPITULO VI ANÁLISIS DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS 84

6.1	Desarrollo de mercado de combustibles alternativos en el Perú	87
-----	---	----

Gas Natural como combustible alternativo

6.2	Gas Natural	89
6.3	Usos del Gas Natural	89
6.4	Características del Gas Natural para vehículos	90
6.5	Desarrollo del mercado del gas natural para vehículos (GNC)	91
6.6	Requerimientos para convertir un vehículo a GNV	93
6.7	Uso dual de GNV y gasolina	94
6.8	Ventajas	95
6.9	Emisión de contaminantes del Gas Natural	96
6.10	Seguridad del GNV como combustible	97
6.11	Rentabilidad	98
6.12	Costo para instalar un equipo de GNV	98
6.13	Precio del GNV	98

GLP como combustible alternativo

6.14	Requerimientos para convertir un vehículo a GLP	99
6.15	Emisión de contaminantes	99
6.16	Efectos posibles	99
6.17	GLP como combustible	101
6.18	Desarrollo de mercado de GLP	102
6.19	Funcionamiento del vehículo con GLP	102
6.20	Estaciones de servicios	104
6.21	Ventajas	105

Alcohol como combustible alternativo

6.22	Experiencia en el uso de alcoholes en otros países	106
6.23	Características especiales de los alcoholes	111
6.24	Síntesis General	113

2.8	Historia de los mejoradores de octanaje (historial)	31
2.8.1	Utilización de oxigenados	36
2.9	Alternativas al uso del plomo	37
CAPITULO III	ESPECIFICACIONES DE LAS GASOLINAS	42
3.1	Especificaciones de las gasolinas	42
3.2	Regulaciones existentes	43
3.3	Marco tributario de gasolinas	44
CAPITULO IV	PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL	48
4.1	Antecedentes	48
4.2	Antigüedad del parque automotor a nivel del Perú	48
4.3	Antigüedad del parque automotor en el ámbito de Lima	49
4.4	Tipos de combustibles usados	49
CAPITULO V	CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA	53
5.1	Fuentes de emisión	53
5.2	Emisiones contaminantes	55
5.3	Efecto del plomo en los motores	55
5.4	Toxicidad de los gases de escape	56
5.5	Estadísticas de emisiones vehiculares	57
5.6	Factores determinantes de la calidad de aire	62
5.6.1	Estrategias	62
5.7	Normas de calidad de aire y salud ambiental	64
5.7.1	Normas legales	65
5.8	Monitoreo de Calidad de Aire	70

6.25	Emisiones Contaminantes	114
6.26	Análisis Ecológico	115
6.27	Análisis Económico	115
6.28	Análisis de los costos de etanol	116
6.29	Producción de etanol a partir de la caña de azúcar	120
6.30	Observaciones	121
CAPITULO VII	EVALUACIÓN ECONOMICA DE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS	123
	OBSERVACIONES	128
	CONCLUSIONES	129
	EI PARQUE AUTOMOTOR Y LAS EMISIONES VEHICULARES	131
	RECOMENDACIONES	132
	ABREVIATURAS	138
	BIBLIOGRAFÍA	139
	INDICE DE TABLAS	141
	INDICE DE CUADROS	142
	INDICE DE FIGURAS	143
	INDICE DE GRAFICOS	144
	ANEXO 1 (NORMAS ASTM)	
	ANEXO 2(NORMAS LEGALES)	
	ANEXO3 (DIGESA)	

i. ANTECEDENTES

En mediciones efectuadas en los últimos meses de 1998 y principios del 99, a numerosos alumnos de 06 colegios ubicados en Lima y Callao, se comprobó que estaban contaminados con plomo en la sangre y un gran porcentaje de los alumnos evidenciaba registros por encima de los límites permisibles (considerando el aire y el suelo contaminados por el humo de los automóviles e industrias).⁽¹⁾

Esta información es probatoria de que la nuestra, es la capital latinoamericana más contaminada, según las autoridades municipales y el Centro de Información y Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (ACOTOX) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Mayor de San Marcos (UNMSM), quienes emitieron este informe, luego de analizar las muestras de sangre de 446 alumnos.

Según la preferencia de los consumidores en lo que a gasolina se refiere, el 77% de los conductores compran gasolinas con plomo, ya que la oferta de la gasolina con plomo es la más barata, el 72% de los usuarios la prefiere por su costo, éste lleva a las gasolinas plomadas a tenerlas como un agente más de contaminación, en la calidad de aire.

Para tal efecto, se requiere tomar un número de acciones concretas que posibiliten mejorar la calidad de aire de nuestro país, así como tomar medidas para el retiro del plomo de las gasolinas como una medida conducente a eliminar uno de los problemas desde su raíz.

Dentro de los compuestos de plomo, están los inorgánicos que incluyen a sus sales y óxidos y los orgánicos principalmente el tetraetilo de plomo (TEL) que se adiciona a las gasolinas comerciales para mejorar su poder antidetonante.

⁽¹⁾ El Comercio, 15 de Enero de 1999

La mezcla luego de su combustión, es expelida a la atmósfera en forma de gases, sin ninguna restricción que aminore, en nuestro medio ambiente, su elevada toxicidad.

Una manera de atenuar este problema, es mediante la sustitución del plomo tetraetílico por compuestos oxigenados u otros componentes que eleven el octanaje de los combustibles, pero que, además de ello, no emitan tóxicos en la atmósfera; asimismo, es necesario planificar la eliminación del plomo en las gasolinas en su totalidad.

ii. OBJETIVOS

El tema de los combustibles, representa además de un problema ecológico, la necesidad de eliminar el plomo del mercado de gasolinas, considerando que el plomo es uno de los contaminantes producidos por los vehículos y que generan contaminación del aire.

Las gasolinas producidas en las refinerías suelen tener un índice de octano inferior al comercial por lo que se añaden aditivos que lo aumentan. El más habitual ha sido un compuesto orgánico plomado, llamado plomo tetraetilico (TEL) cuyo inconveniente es que ocasiona emisiones de plomo en la atmósfera.

Considerando que hay un fuerte descenso en su uso, ya que el parque de vehículos se va renovando continuamente, y como consecuencia está prohibida ya la utilización de este tipo de gasolina, en países como Brasil, Argentina, EE.UU., etc., el objetivo de la presente Tesis: ***"GASOLINA PLOMADA EN EL PERU Y LA VALORACIÓN DEL MERCADO PARA COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN EL SECTOR TRANSPORTE COMO MEDIO PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL"***, es plantear soluciones, con la finalidad de utilizar otras fuentes como combustible.

El tema de los combustibles es bastante amplio, pero el objetivo de esta tesis propone alternativas para la eliminación de la gasolina plomada en nuestro país, tales como el uso de combustibles alternativos, evaluando la posibilidad de reorientar la oferta hacia el empleo de Gas Licuado de Petróleo inicialmente y Gas Natural, en un futuro no muy lejano.

Dado que es necesario actualizar las especificaciones de las gasolinas, considerando la antigüedad de las mismas, se debe definir un programa progresivo de revisión de las especificaciones de modo que se adecúen a la industria.

Finalmente, se deben iniciar las acciones necesarias para concretar el retiro del plomo en las gasolinas como medida preventiva, considerando el daño que provoca sobre la salud e integridad mental.

CAPITULO I

GASOLINA

Las gasolinas son mezclas complejas de hidrocarburos relativamente volátiles cuyas propiedades físicas y químicas están adecuadamente balanceadas para proporcionar una performance satisfactoria del motor aun bajo condiciones de operación ampliamente variables.

Como cualquier derivado del petróleo, la gasolina es una mezcla exclusiva de hidrocarburos. En un crudo representativo, es la fracción de volumen destilada en el rango de 40°C a 180°C. Si clasificáramos individualmente sus componentes sumarían varios cientos de compuestos de diferentes propiedades cuyas proporciones dependerán del crudo de origen y de los procesos empleados.

1.1 Composición Química

Si clasificamos los hidrocarburos presentes en la gasolina por su estructura molecular básica tendremos cuatro series químicas: parafinas (cadenas simples), olefinas (cadenas con dobles enlaces), cicloparafinas o naftenos (anillos simples con parafinas sustituyentes) y aromáticos (estructuras con anillos bencénicos).

Basándonos en esta clasificación, podemos establecer abundancias relativas entre los compuestos para un número dado de átomos de carbono:

- a) Las n-parafinas son los compuestos individualmente más abundantes.
- b) Las iso-parafinas se presentan en cantidades decrecientes a medida que se incrementen las ramificaciones.
- c) Dentro de las metil-parafinas simples ramificadas tenemos: 2-metil > 3-metil > 4-metil
- d) La abundancia de las cicloparafinas aumenta con el incremento del número de sustituyentes en el anillo.
- e) Dentro de las cicloparafinas polisustituídas, la abundancia relativa está correlacionada con la estabilidad calculada a 0°K; las estructuras más inestables son menos probables.

1.2 Clases y Características

Existen diversos métodos de obtención de la gasolina, los métodos difieren de acuerdo a las propiedades físicas y químicas de éstas. Dentro de las diferentes clases de gasolinas podemos mencionar las siguientes:

1.2.1 Gasolina Natural.- Es aquella que se obtiene del tratamiento del gas natural, principalmente se le utiliza para dar presión de vapor a la gasolina, conjuntamente con el gas butano, pero su importancia es que tiene una excelente susceptibilidad frente al TEL, comparada con la gasolina proveniente del crudo.

1.2.2 Gasolina del proceso skimming o topping.- Es una simple destilación atmosférica del petróleo crudo, separándose en gasolina, kerosene, fuel oil reducido. EL proceso topping, se utiliza como proceso básico para otros procesos más avanzados.

1.2.3 Gasolina del proceso térmico.- La carga está constituida principalmente por el petróleo reducido, la cual es sometida a altas presiones y temperatura. De este proceso, se obtienen gasolinas constituidas por hidrocarburos olefínicos y diolefínicos.

1.2.4 Gasolina polimerizada.- Esta gasolina se obtiene catalíticamente o térmicamente por un proceso selectivo, en el proceso térmico selectivo, se emplea una mezcla de butano normal o isobutano, obteniéndose como producto isoctano. En el proceso no selectivo se emplea una mezcla de hidrocarburos olefínicos, que contiene dos o cuatro átomos de carbono. Los productos que se obtienen en este proceso, son mezclas de hidrocarburos olefínicos de cuatro a ocho átomos de carbono.

1.2.5 Gasolina alquilada.- Es aquélla que combina los hidrógenos gaseosos, dentro de las moléculas más grandes, pero difiere en que las cargas son una mezcla de olefinas e isoparafinas, el iso-octano puede ser preparado alquilando el etileno y el iso-butano.

El iso-octano es preparado catalíticamente usando ácido sulfúrico o ácido hidrofúorhídrico. El proceso con ácido sulfúrico se lleva a cabo a 30° ó 50 °F exigiendo refrigeración en el proceso. El proceso con ácido hidrofúorhídrico (HF) opera a temperatura ambiente.

1.2.6 Gasolina aromatizada.- El proceso de aromatización, convierte los hidrocarburos de cadena lineal en hidrocarburos aromáticos. EL proceso comercial es similar a la reformación catalítica que toman los nombres de hidroforming y platforming. Los hidrocarburos aromáticos pueden ser separados de los productos por extracción con solvente, como el proceso Udex.

1.2.7 Gasolina por proceso de isomerización.- El proceso de isomerización convierte a los hidrocarburos parafínicos de cadena recta a cadena ramificada. El proceso de alquilación requiere un iso-butano y un butano normal, convirtiéndose a isobutano. El proceso de isomerización se utiliza para mejorar las características antidetonantes de los hidrocarburos de la gasolina, más pesado que el butano. El catalizador empleado para este proceso es el tricloruro de aluminio y el proceso puede estar acompañado en la fase líquido vapor. Las temperaturas y presiones, generalmente son moderadas, cerca de 150 a 300°F, puede también emplearse altas temperaturas y presiones.

1.3 Análisis de Gasolinas

1.3.1 Obtención de las muestras

La toma de muestra se debe realizar por el Método ASTM-D4057-95, que se encuentra en el volumen 05.02 del ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS. Actualmente no se le da mucha importancia al procedimiento de muestreo pero, en realidad presenta un parámetro importante para poder realizar los ensayos de control de calidad respectivas.

En la práctica, la Norma **ASTM D4057-95** cubre procedimientos para obtener manualmente muestras representativas de productos de petróleo líquidos, semi-líquidos o en estado sólido en los cuales su presión de vapor está por debajo de 101 kPa (14,7psia).

1.3.2 Métodos normalizados para la detección de plomo en gasolinas

El propósito de esta tesis es analizar la eliminación del TEL en la gasolina, considerando que en nuestro país la única gasolina aditivada con TEL es la gasolina de 84 octanos, citaremos a esta gasolina como base del estudio.

Desde hace mucho tiempo se realiza la detección del contenido de plomo por el método de absorción atómica, a continuación mencionaremos tres métodos para la detección de plomo en gasolinas.

1.- Método ASTM-D3341- Método Estándar para plomo en gasolinas –Método del yodo monoclorado

Alcance: Este método cubre la determinación total de plomo en gasolinas conteniendo plomo como plomo alquílico a concentraciones entre 0,026 y 1,3 g Pb/l que para el propósito de la presente tesis es el más específico, pues cubre la determinación del plomo en gasolinas de 84.

2.- Método ASTM-D3237-Método Estándar para plomo en gasolinas –Por espectroscopia de Absorción Atómica

Alcance: Este método cubre la determinación total de plomo en gasolinas entre el rango de concentraciones de 0,010 a 0,10 g. de plomo /U.S.gal (2,5 a 25 mg/L).

3.- Método ASTM-D3348-Método Estándar para trazas de plomo en gasolinas no plomadas – Método colorimétrico

Alcance: Este método cubre la determinación total de plomo en gasolinas no plomadas en el rango de 0,01 a 0,10 g Pb/USgal (2,64 a 26,4 mg Pb /L).

*Las Normas ASTM anteriormente mencionadas se encuentran en el anexo 1.

1.3.3 Normas Vigentes Actuales

Para nuestro caso; gasolina de 84 RON, actualmente esta vigente la Norma: **ASTM-D3341-91 - Método de Prueba estándar para Plomo en Gasolina - Método del Yodo Monoclorado**

Alcance

Este método determina el plomo total en gasolina conteniendo álcalis de plomo a concentraciones entre 0,026 y 1,3 g Pb/L⁽²⁾; 0,12 y 6,0 g Pb/UKgal⁽³⁾ y 0,1y 5,0 g Pb/USgal⁽⁴⁾.

Resumen del Método

Un volumen conocido de la muestra es diluido con un destilado pesado y agitada con monocloruro de yodo acuoso. Cualquier compuesto de TEL presente reacciona con el monocloruro de yodo y es extraído hacia la fase acuosa como un compuesto de plomo dialquílico. La fase acuosa es separada de la gasolina y evaporada al mínimo para descomponer el monocloruro de yodo libre.

Cualquier materia orgánica presente es removida por oxidación con ácido nítrico el cual también sirve para convertir los compuestos dialquílicos de plomo en compuestos de plomo inorgánico

El residuo es disuelto en agua destilada y tamponado a PH=5 con un tampón de acetato de sodio-ácido acético.

El plomo contenido en la solución tamponada es determinado por titulación con EDTA, empleando anaranjado de xilenol como indicador.

Significancia y Uso

Este método determina la concentración de plomo alquil, aditivo en gasolina. Estos aditivos mejoran las propiedades antidetonantes.

⁽²⁾ gPb/L-gramos de plomo por litro

⁽³⁾ g Pb/UKgal-gramos de plomo por galón ingles

⁽⁴⁾ gPb/U gal-gramos de plomo por galón americano

Cálculos

El cálculo de la concentración de plomo será medido de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Plomo g/US gal a } 60^{\circ}\text{F (15,5}^{\circ}\text{C)} = 31,37 \text{ TM (1+0,00065(t-60))}$$

$$\text{Plomo g/UK gal a } 60^{\circ}\text{F (15,5}^{\circ}\text{C)} = 37,68 \text{ TM (1+0,00065(t-60))}$$

$$\text{Plomo g/L a } 15^{\circ}\text{C} = 8,288 \text{ TM (1+0,0012(tx - 15))}$$

Donde:

T = Volumen de solución de EDTA usando la titulación en la muestra, ml.

M = Molaridad de solución de EDTA

t = La temperatura de gasolina cuando la muestra sea pipeteada a °F y

tx = Temperatura de gasolina cuando la muestra sea pipeteada a °C

Para plomo tetraetil (TEL) = 0,946

Para plomo Tetrametil (THL) = 0,648

Reporte

Reportar los resultados lo más cercanos a 0,01 g Pb/US gal a 60°F, 0,01g Pb/UK gal a 60°F, ó 0,002g Pb/L at 15°C aproximadamente.

1.3.4 Estadísticas

Tabla 1.1

Valores del Contenido de Plomo en gasolinas de 84 octanos (g/l)
en Refinerías

	Refinerías			
	Talara	Conchán	Iquitos	El Milagro
Dic-98	0,01	0,32	0,82	0,45
Enero-99	0,02	0,62	0,75	0,56
Febrero-99	0,01	0,67	0,74	0,20
Marzo-99	0,10	0,64	0,79	0,20
Abril-99	0,11	0,51	0,79	0,32
Mayo-99	0,29	0,60	0,80	0,54
Junio-99	0,22	0,46	0,81	0,47
Julio-99	0,18	0,56	0,84	0,24

Fuente: Petróleos del Perú -Petroperú

1.4 Calidad típica

La **tabla 1.2** muestra la calidad típica de una gasolina de 84 octanos, usada en motores de combustión interna de uso automotor, de relaciones de compresión de nivel bajo a moderado y que según el catálogo del vehículo requieren este nivel de octano, es importante indicar que los vehículos fabricados antes de 1970, requieren usar gasolinas con plomo, debido a la metalurgia del asiento de las válvulas; esta gasolina no puede ser usada en vehículos equipados con convertidores catalíticos de gases, debido a que el plomo es un contaminante de los catalizadores.

Tabla 1.2
Calidad Típica-Gasolina de 84 octanos

INSPECCIONES	CALIDAD TIPICA	NORMA ASTM
APARIENCIA	Transparente	Visual
COLOR COMERCIAL	Amarillo	Visual
GRAVEDAD API a 15,6°C	60	ASTM-D287
DESTILACIÓN °C (a 760 mmmHg)		ASTM-D86
10 % vol	61	
50 % vol	103	
90 % vol	172	
Punto final	211	
PRESION DE VAPOR REID , psig	9,0	ASTM-D323
CORROSION LAMINA DE COBRE, 3 HR, a 50°C, N°	1 A	ASTM-D130
AZUFRE TOTAL, % masa	0,007	ASTM-D4294
PERIODO DE INDUCCIÓN, min	540	ASTM-D525
GOMA EXISTENTE, mg / 100 ml	0,9	ASTM-D381
NUMERO DE OCTANO RESEARCH	84,2	ASTM-D1296
CONTENIDO DE PLOMO, g/litro	0,10	ASTM-D3341

Fuente: Petróleos del Perú- Petroperú 1999

CAPITULO II

PLOMO

2.1 Origen del plomo

Antes de entrar a lo que corresponde específicamente a las características del plomo, es necesario conocer, para nuestro caso, (como adición de antidetonancia), el origen de éste.

Pertencen a los componentes minerales del petróleo, las sales que éste contiene, formadas por metales y ácidos, complejos de metales y sustancias minerales en estado de dispersión coloidal. Los elementos que forman parte de la composición de estas sustancias se denominan frecuentemente microelementos. Su contenido total raras veces excede de 0,02 a 0,03 % (en masa).

Actualmente, en los petróleos se han encontrado más de 40 elementos distintos que pueden subdividirse en tres grupos:

- 1) Metales de valencia variable: V, Ni, Fe, Mo, Co, W, Cr, Cu, Mn, Pb, Ga, Ag, Ti
- 2) Metales alcalinos y alcalino terreos (Na, K, Ba, Ca, Sr, Mg)
- 3) Halógenos y otros elementos (Cl, Br, Si, Zn y otros)

La determinación de la composición y la concentración de los micro elementos se efectúa principalmente sometiendo al análisis espectral las cenizas obtenidas en la combustión del petróleo o de sus residuos pesados. En los últimos tiempos los métodos de determinación de los micro elementos se han ampliado, en cierta medida, debido a diferentes variantes de análisis espectral, la polarografía y los métodos fotométricos de análisis.

Probablemente otros elementos no metálicos se determinan más frecuentemente que el plomo en los laboratorios de petróleo. Los análisis de plomo nafténico son de gran importancia en la industria del petróleo.

En nuestro caso, se analizará el uso de **plomo tetraetilico** como un antidetonante en las gasolinas y su efecto nocivo sobre el medio ambiente. Cuando se usan como gasolina, hidrocarburos puros, cada uno tiene su propio índice de octano, que está relacionado con su tamaño y estructura molecular. Sin embargo, la gasolina actual contiene hidrocarburos hechos a medida, que no se encuentran en el petróleo natural en absoluto, o sólo están presentes en cantidades muy pequeñas. Los métodos de síntesis implican un gran número de procesos diferentes, tales como desbutanización, estabilización, alquilación, polimerización, isomerización, tratamientos finales, reforming y procedimientos relacionados, platforming y otros.

Así, las características antidetonantes de las gasolinas pueden variar dependiendo de los hidrocarburos constituyentes, de manera que el incremento de la antidetonancia en las gasolinas se realiza mediante la adición de plomo tetraetilico (TEL). Es por lo expresado anteriormente que se definen los siguientes puntos:

- * En las gasolinas no plomadas, la detección de plomo responde a la presencia de constituyentes inorgánicos en el crudo de origen. La producción de gasolinas no plomadas es el resultado del logro del objetivo de mezclado; es decir, distribuir los componentes disponibles procedentes de procesos diferentes, de modo que se satisfaga las especificaciones del producto y al menor costo posible.
- * En las gasolinas plomadas, la presencia de plomo se debe al plomo tetraetilico (TEL) adicionado a fin de mejorar las propiedades antidetonantes del combustible. En nuestro país, la única gasolina con plomo es la de 84 octanos.

2.2 Plomo Tetraetilico (TEL)

El plomo tetraetilo es uno de los que se usan con mayor frecuencia además del MTBE (Metil Ter Butil Eter), obtenido de la reacción entre el metanol y el buteno, el cual apareció como otra alternativa de elevador de antidetonancia.

Cuando el TEL es quemado en el cilindro, el plomo pasa a formar óxido de plomo. Este compuesto tiene un alto punto de fusión y es casi no volátil a la temperatura del motor. Si estuviera solo formaría depósitos, por esto se le incorpora en una mezcla con otros compuestos, los cuales sirven para remover este óxido y sacarlo fuera. La fórmula contiene dicloruro de etileno y dibromuro de etileno en proporciones tales que por cada átomo de plomo hay dos átomos de cloruro y un átomo de bromuro, a esta mezcla se le conoce como mezcla motor.

El método principal para la manufactura del TEL es a partir de una aleación de plomo y sodio más cloruro de etilo.



El TEL es un compuesto órgano metálico, en donde el carbono está unido directamente al metal, lo que lo hace altamente reactivo. Los compuestos de plomo son muy venenosos, ya que muchos metales pesados cuyos átomos son grandes, son inhibidores potentes de las reacciones enzimáticas y esta puede ser la razón por la que el plomo es venenoso. Tiene tendencia a acumularse en el cuerpo y afecta el sistema nervioso central.

El TEL es un compuesto relativamente volátil y en él, están unidos por enlace iónico los cuatro radicales etilos. Pueden producir copulación de grupos alquilo y promueve la formación de cadenas ramificadas.

2.3 La toxicidad del Plomo

El plomo no tiene función benéfica identificada en el metabolismo humano. Al contrario, su toxicidad ha sido conocida por más de 2000 años.

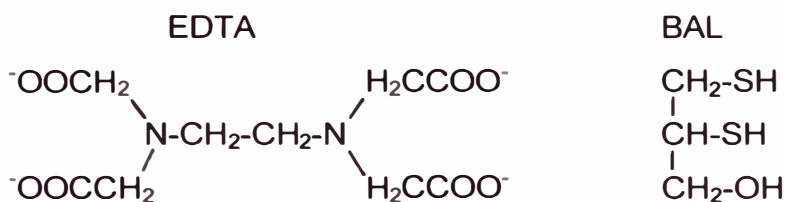
El plomo es extremadamente tóxico, sus efectos en los humanos son acumulativos. Se introduce en el cuerpo ya sea como ion Pb^{2+} inorgánico o como tetraetilplomo. Inhalado o ingerido, el plomo se concentra en la sangre, en los tejidos y en los huesos. Se sabe que los iones de plomo inhiben las enzimas que catalizan las reacciones de la biosíntesis de la hemoglobina. Así, un síntoma del envenenamiento por plomo es la anemia.

Una vez que el plomo de los carros entra al medio ambiente, ahí se queda indefinidamente. Este plomo está en forma de gas y polvo de plomo que se acumula en la tierra a lo largo de los caminos. En la actualidad, el envenenamiento por plomo constituye una de las más serias preocupaciones ambientales. La contaminación ambiental por plomo, se debe principalmente a la presencia de los halogenuros de plomo en la atmósfera, productos extremadamente tóxicos, los cuales se generan fundamentalmente a partir del plomo tetraetílico (TEL) que se adiciona a las gasolinas comerciales para mejorar su poder antidetonante. La mezcla luego de su composición, es expelida a la atmósfera en forma de gases, sin ninguna restricción que aminore, en nuestro medio ambiente, su elevada toxicidad.

EL tetraetilplomo $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ se ha usado por mucho tiempo como agente antidetonante para mejorar el rendimiento de la gasolina. En ciudades con mucho tráfico la concentración de plomo en la atmósfera puede llegar a los 10 microgramos por metro cúbico de aire, lo que pone en peligro la salud de incontables personas.

El tetraetilo de plomo es aún más venenoso que el Pb^{+2} . En el hígado, se convierte en el ión $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Pb}^+$. Como el grupo alquilo es no polar, este ión puede atravesar con más facilidad las capas de membranas que los iones plomo no complejados, y por lo tanto, puede atacar enzimas en diversas zonas, tales como el cerebro. De hecho, el daño cerebral es el síntoma que más suele presentarse en aquellos que han sido afectados por envenenamiento agudo por plomo, en particular los niños. El plomo también afecta el sistema nervioso central y daña las funciones renales.

El envenenamiento por plomo, generalmente se trata con agentes quelantes, sustancias que pueden formar iones complejos estables con el Pb^{+2} . Dos sustancias particularmente eficaces para eliminar el plomo de la sangre o de los tejidos son el ión etilendiaminotetracetato (EDTA) y el 2,3-dimercaptopropanol, más conocido como BAL (British Anti-Lewisite (antilewisita británica)).



El BAL fue desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial como antídoto para la lewisita, un gas venenoso que contiene arsénico. En forma ionizada, ambos compuestos producen complejos muy estables con el plomo, que finalmente pueden ser expulsados a través del riñón o del hígado.

En el Perú, se está dando énfasis en controlar las emisiones gaseosas para evitar la contaminación del medio ambiente y así se pueda reducir la concentración de plomo, proveniente de la combustión de las gasolinas en los motores de los vehículos, en el aire, principalmente en los centros urbanos de mayor parque automotor como es el caso de Lima.

2.3.1 Síntomas de intoxicación por plomo

Algunos de los signos y síntomas de la intoxicación por plomo se muestran a continuación:

- Crisis convulsivas
- Comportamiento extraño
- Incapacidad para coordinar los movimientos musculares voluntarios
- Disminución en la actividad de juego
- Falta de sensaciones o emociones
- Pérdida sutil de aptitudes recientemente adquiridas
- Anorexia
- Vómitos esporádicos
- Dolor abdominal intermitente
- Estreñimiento

2.4 Efecto del plomo en los hidrocarburos

Los compuestos de plomo más usados como inhibidores de detonación de los combustibles son el tetrametilplomo (TML) y el plomo tetraetílico (TEL), en nuestro país, el más usado es el TEL como elevador de octanaje en la gasolina de 84.

A continuación se detalla el efecto de la adición de TEL en cada una de las clases de hidrocarburos componentes de las gasolinas. En la **figura 2.1** se muestra los datos correspondientes.

Parafinas

En las parafinas el TEL incrementa el nivel de antidetonancia, o sea, eleva el octanaje. Esta ganancia en octanaje significa a la vez ganancia de eficiencia térmica ya que el combustible puede elevar su relación de compresión crítica. Sólo en los hidrocarburos parafínicos con varios radicales, la adición del TEL no parece efectiva, por ejemplo, el 2,2,3,3- tetrametilpentano.

Una gasolina de base parafínica se espera que tenga alta susceptibilidad al plomo.

Naftenos

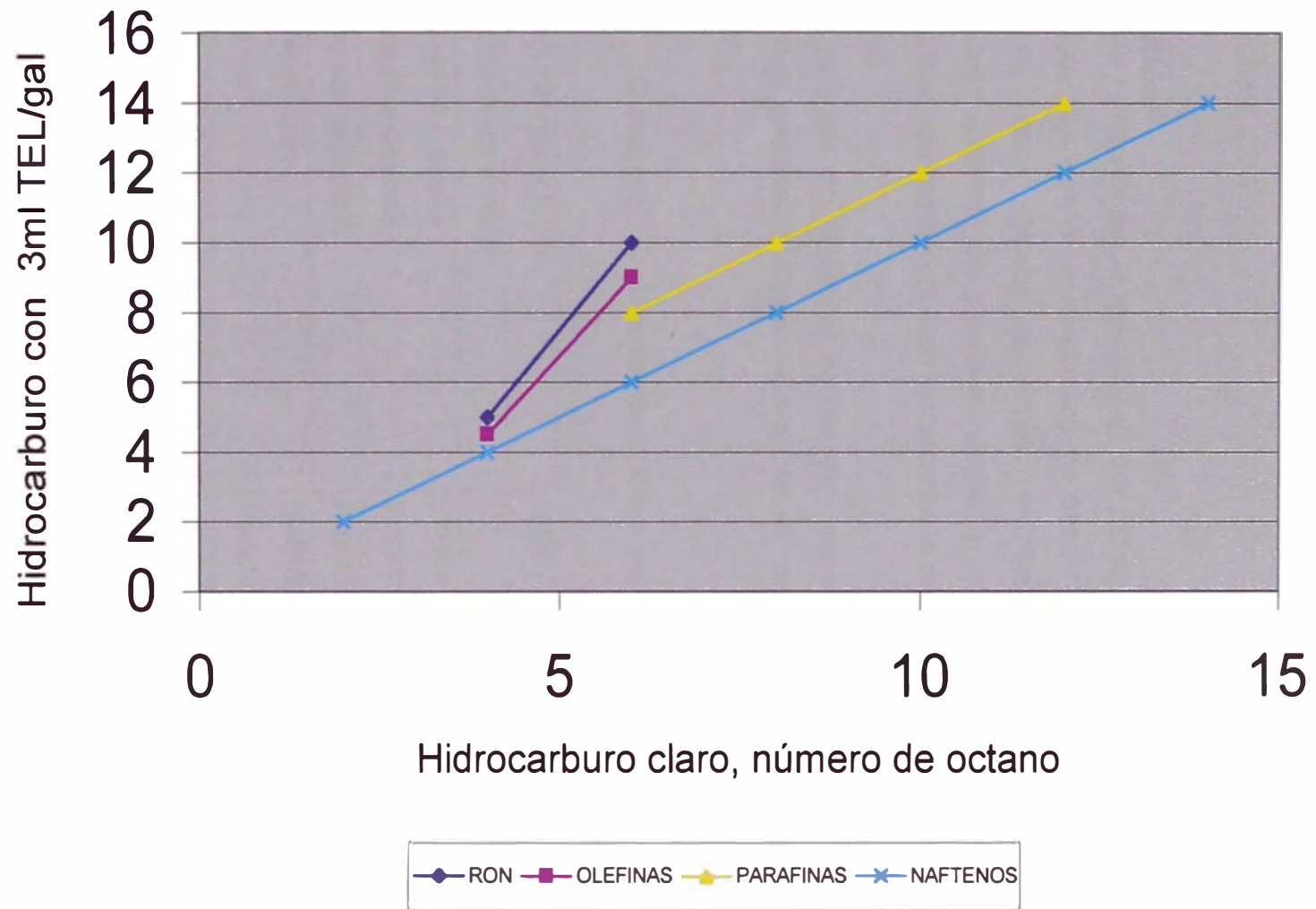
La efectividad del plomo en los hidrocarburos nafténicos sigue casi el mismo patrón general que en las parafinas y la mejora obtenida es apreciable y es independiente también de las condiciones de la máquina y del nivel de detonancia como valor potencial.

Sin embargo, este aumento es ligeramente inferior al de las parafinas y algunos compuestos presentan desviaciones con respecto al promedio, por ejemplo el ter-butil ciclopentano.

Olefinas

Los datos de efectividad del plomo en las olefinas no son muchos, pero comparando su patrón de comportamiento con las parafinas como estándar, el efecto del plomo no es una cantidad constante. El incremento debido al plomo parece ser relativamente mayor en las olefinas de bajo octanaje. Este efecto en algunas olefinas inferiores se aproxima al de las parafinas.

FIG 2. 1 Efecto del Plomo Tetraetílico en los Hidrocarburos



En las gasolinas de alto octanaje, sin embargo, el incremento es un tercio o un cuarto de la efectividad presentada por las parafinas y naftenos.

Asimismo, por la alta sensibilidad de las olefinas, su susceptibilidad al plomo se ve afectada al cambiar las condiciones de la prueba (velocidad, temperatura, etc.)

Aromáticos

Hay una variación en la efectividad del plomo en los aromáticos, aun entre isómeros, abarcando un rango que va desde las mejoras obtenidas por las parafinas hasta efectos negativos; es decir, en algunos compuestos aromáticos el efecto del plomo es similar al obtenido con las parafinas y en otros casos, el plomo más bien incrementa la detonancia o sea tiene un efecto negativo.

En la práctica se obtienen cartas de susceptibilidad al plomo para las diferentes gasolinas. Como referencia es necesario conocer el siguiente cuadro:

Cuadro 2.1 Hidrocarburo Base por tipo de gasolina

TIPO DE GASOLINA	HIDROCARBURO BASE
Destilación Primaria	
-Gasolina Liviana	Parafínica
-Gasolina pesada	Parafínica/Nafténica
Craqueo catalítico	Aromática/Olefinica
Reformación	Nafténica/Aromática
Natural	Parafínica

2.5 Comparación de las series químicas

Los hidrocarburos tienen diferentes calidades detonantes, los efectos que puedan generar cada grupo químico sobre el número de octano total pueden ser aditivos o no, lo cual complica la predicción y hace necesaria la determinación empírica del número de octano.

Como regla, se puede decir que las n-parafinas son las menos resistentes a la detonación, propiedad que además disminuye progresivamente a medida que se incrementa el peso molecular. Por definición, el n-heptano tiene una sensibilidad de cero, siendo las parafinas, normal e iso, en su mayor parte insensibles.

Las isoparafinas tienen un número mayor que las n-parafinas, el número aumenta a medida que aumenta el grado de ramificación.

Las olefinas tienen un marcado número mayor de octano que su correspondiente parafina. El efecto sobre el octanaje de un doble enlace en la molécula es aproximadamente comparable al efecto de una ramificación. La susceptibilidad de este grupo es la más alta.

Los naftenos, cicloparafinas, son mejores que las n-parafinas, pero rara vez muestran un número realmente alto de octano. Son ligeramente más sensibles que las parafinas.

Los Aromáticos, como una clase, tienen un alto número de octano o una alta sensibilidad.

Sensibilidad y Susceptibilidad de los grupos de Hidrocarburos

	Sensibilidad	Susceptibilidad
Parafínicos	0	17
Nafténicos	0	7
Olefínicos	14	3
Aromáticos	11	6

Fuente: Advances in Petroleum Chemistry and Refining 1980

Antes de abandonar este punto es necesario aclarar que si bien, debido a la cada vez mayor eficacia y relación de compresión de los motores, el número de octano se ha convertido en un indicador muy importante de la calidad de la gasolina; no es el único, están además la PVR, la curva de destilación, porcentaje de azufre y otros.

Sensibilidad

Los valores de número de octano o de detonancia de los hidrocarburos son relativos, ya que cambian con las condiciones del motor o máquina de prueba. Algunos hidrocarburos son más sensibles a estas condiciones, lo que quiere decir que su valor relativo aumenta o baja según la temperatura de la máquina sea alta o baja.

Se define a un combustible sensitivo como aquél que es relativamente inferior a otros, con respecto a su detonancia al variar las condiciones de prueba.

Afortunadamente, desde los comienzos de estas pruebas se usó el n-heptano y el iso-octano como patrones de referencia y estos productos tienen comportamiento parafínico y dan una línea base conveniente.

En un principio se pensó que podría evaluarse por separado el efecto de la velocidad y de la temperatura, pero la velocidad no es lo único que afecta la prueba ya que influye en el flujo de calor y condiciones de temperatura.

A manera de ilustración en la **Fig.2.2**, se muestran los datos de sensibilidad de los hidrocarburos en valores de relaciones de compresión críticas a dos condiciones diferentes de prueba.

2.6 Relación entre la estructura molecular y la detonancia

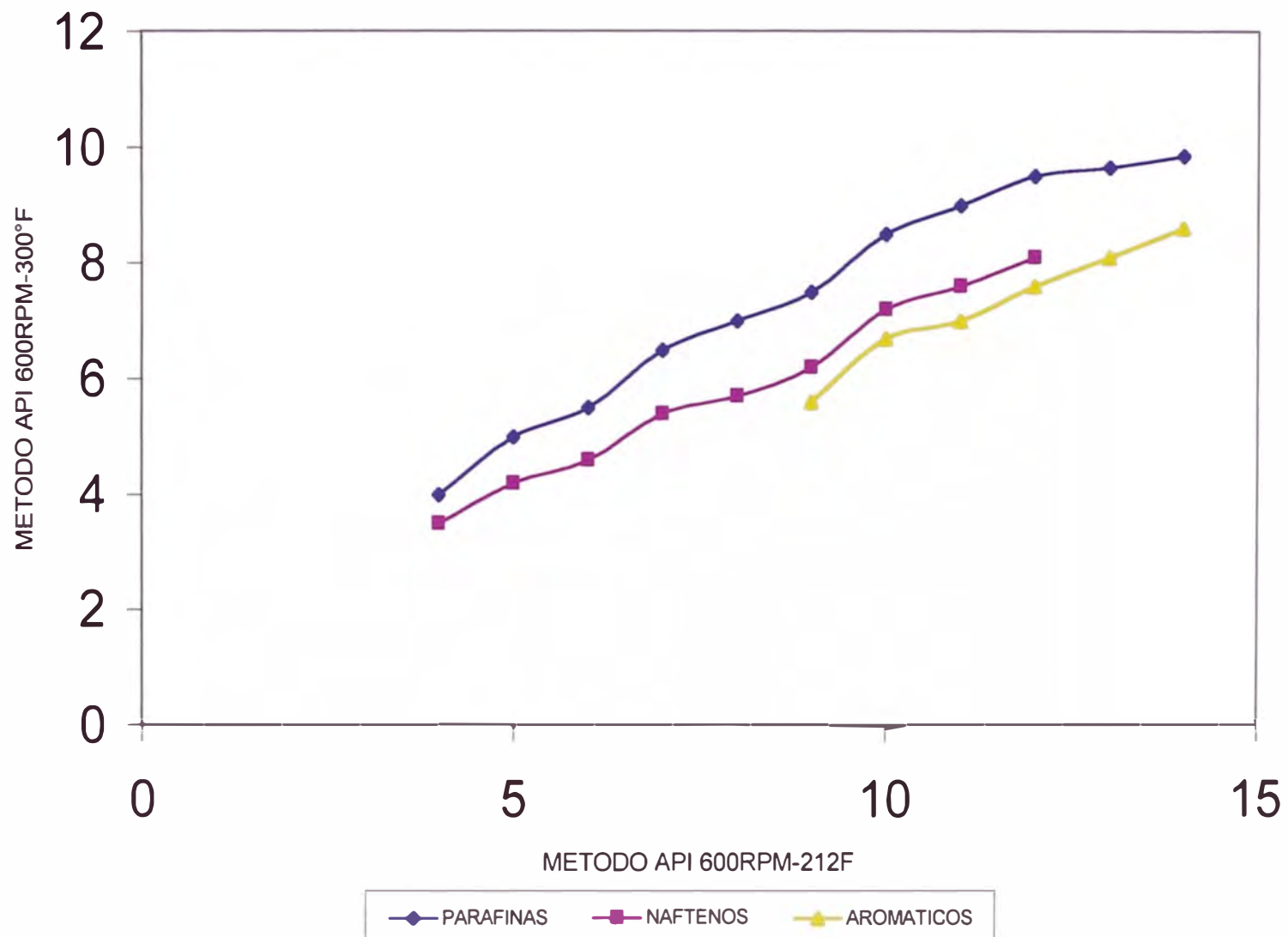
Uno de los puntos resaltantes observados en la relación que tiene la estructura molecular y la detonancia es el gran efecto del isomerismo. La diferencia en la tendencia a golpetear puede ser tan grande que abarque toda su escala de medición.

Las relaciones empíricas entre las fórmulas estructurales y la tendencia a golpetear demuestran que los compuestos más propensos a detonar son los de cadenas largas y de carbonos no ramificados. Cuando se ramifica a una cadena, se logra obtener un mejor combustible.

Asimismo, los insaturados en las cadenas largas son favorables, especialmente si el doble enlace está cerca del centro de la molécula.

Los fundamentos de estas relaciones por supuesto, están basados en los mecanismos y velocidades de oxidación de los hidrocarburos a las condiciones de prueba de la máquina o motor.

Fig 2.2 Sensibilidad de los Hidrocarburos- Relación de Compresión Crítica



Para los compuestos puros existe una relación consistente entre su estructura molecular y su detonancia. Estas relaciones sirven como guías fácilmente recordables para encontrar compuestos de mejores características detonantes y también como método para estimar el valor de los compuestos no probados.

Para examinar estas relaciones en cuestión, es más conveniente dividir a los hidrocarburos según sus clases químicas.

Así mismo se tomarán como datos las relaciones de compresión críticas, entendiéndose que un compuesto que tiene mayor relación de compresión crítica o RCC observará mejores características antidetonantes.

Parafinas

Las parafinas como clase química, han sido las más estudiadas. Se tienen datos hasta los octanos, incluidos los isómeros. La observación más importante en las parafinas, es la gran diferencia entre los isómeros; por ejemplo, el n-heptano, su valor de número de octano es cero, mientras que su isómero 2,2,3 trimetilbutano (llamado triptano) puede llegar a 11 de RCC, esta diferencia es mucho más grande que toda la escala de medición del octanaje, como referencia el iso-octano tiene 100 de octanaje y 7,3 de RCC a 600 RPM y -212°F

Estas enormes diferencias, es lo que hace importante las características de golpeteo de un hidrocarburo y su relación con su estructura molecular.

Otras características importantes de las parafinas son:

1. El valor antidetonante del compuesto, decrece a medida que aumenta la longitud de la cadena.
2. Por ramificación de, esta cadena larga se logra mejorar su valor antidetonante y a más ramificaciones mejor, es el octanaje.

Aromáticos

Los hidrocarburos aromáticos forman una clase especialmente interesante, porque en adición a que son componentes sensitivos, casi todos están incluidos en el rango de ebullición de las gasolinas y tiene un octanaje alto; además, el efecto del isomerismo es grande.

El efecto de adición de una cadena al anillo bencénico es similar al efecto observado en los nafténicos, en los que decrece progresivamente el RCC a medida que aumenta la longitud de la cadena lateral. Al agregar una cadena lateral, como en el caso del n-butil, sec-butil, isobutil y terbutilbenceno, éstos muestran un progresivo incremento de su relación de compresión crítica.

Olefinas

Las olefinas abarcan un gran número de compuestos que están incluidos en el rango de ebullición de las gasolinas; así por ejemplo, se estima que en la gasolina hay por lo menos 27 heptenos y 66 octenos en sus diferentes isómeros.

2.7 Octanaje

El octanaje en la gasolina es la medida de su calidad antidetonante, es decir, su habilidad para quemarse sin causar detonación en los motores de los automóviles.

Existen tres métodos para medir esta propiedad: Número de Octano Motor (MON), Número de Octano Research (RON) y Número de Octano en Marcha. El MON es tomado normalmente como una indicación de la habilidad del combustible para prevenir la detonación en motores de altas velocidades. Sin embargo, el Número de Octano en Marcha es el que muestra realmente cómo se comporta el combustible en el motor de un automóvil, en cuanto a sus características de detonación.

Para la determinación del RON, se ha estandarizado el uso de dos hidrocarburos puros conocidos por su comportamiento extremo desde el punto de vista de la detonación:

- a) El n.-heptano, hidrocarburo parafínico con siete átomos de carbono en cadena lineal, muy detonante. Se le dio, convencionalmente, un valor nulo para el número de octano.
- b) El Isooctano (2,2,4-trimetilpentano), hidrocarburo isoparafínico, refractario a la detonación, a la que se le ha dado un RON igual a 100.

En nuestro país, se determina el RON mediante ensayos de comparación de la muestra y una mezcla de carburantes de referencia, en un motor cuyo diseño permite el cambio de la tasa de compresión durante su operación.

Se dice que un carburante tiene un RON igual a x , si en el motor de prueba, provoca un martilleo equivalente al observado para una mezcla de x partes en volumen de Iso-octano (expresado en %) y $(100-x)$ partes de n-Heptano. Se usa el n-heptano y el iso-octano como patrones de referencia debido a su comportamiento parafínico ya que da una línea base conveniente.

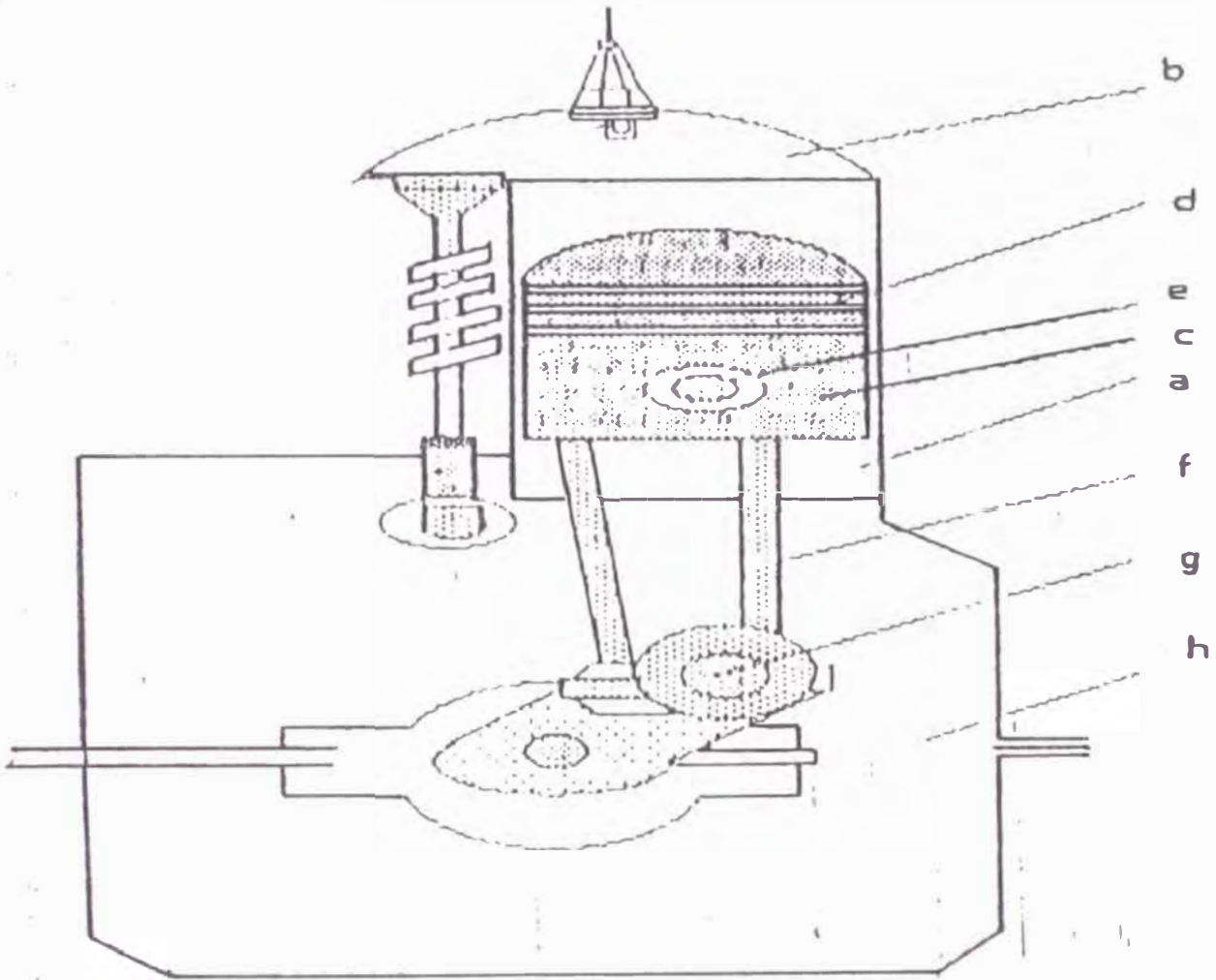
2.7.1 Motores de Combustión interna

En los motores de combustión interna, la energía proviene de la combustión de un combustible dentro de un cilindro. Los combustibles comunes son las gasolinas, el gas natural y actualmente en algunos países el alcohol.

Elementos fundamentales del motor (**Figura 2.3**):

- a) Cilindro
- b) Cámara de combustión
- c) Pistón o embolo
- d) Anillos del pistón
- e) Pin del pistón
- f) Biela
- g) Cigüeñal
- h) Cárter

Fig. 2.3
Elementos del Motor



2.7.2 Funcionamiento de los Motores de Combustión Interna

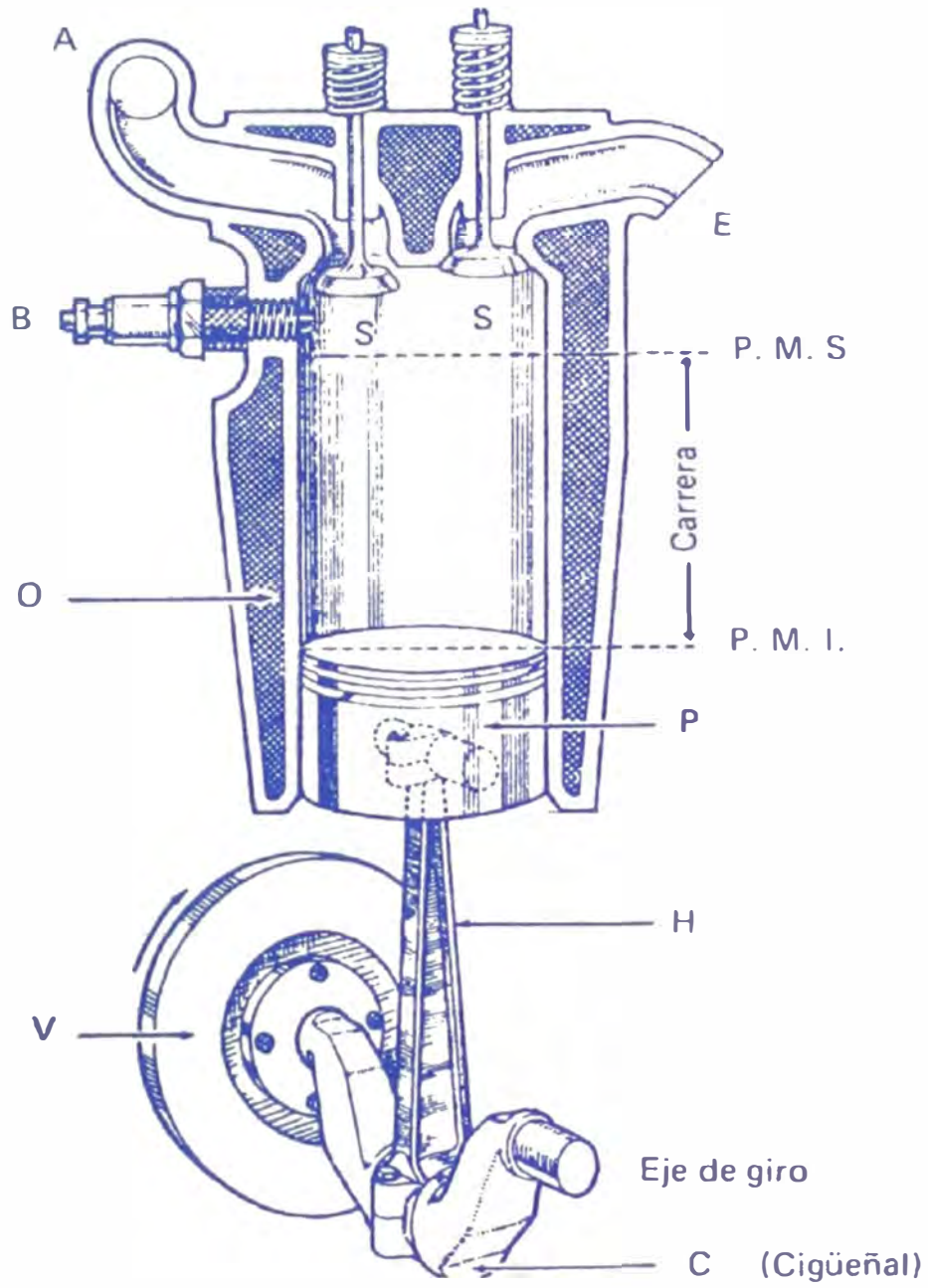
Se ha tomado el motor a gasolina como base para la explicación del principio de funcionamiento de los motores de combustión interna; esto es aplicable al resto de motores.

Un motor está constituido por uno o varios cilindros (los motores de un cilindro se usan solamente en las motocicletas), dentro de los cuales se realiza la explosión de la mezcla de aire y gasolina que proporciona el carburador, y cuya enorme fuerza expansiva se convierte en energía mecánica. Dentro de este cilindro **O** (**Fig.2.4**), se desliza hacia arriba y abajo un pistón o émbolo **P**, que por una biela **H**, se enlaza a la manivela o codo **C** del cigüeñal, eje de giro cuya rotación es la que se transmite a las ruedas.

Cuando el pistón recibe, por su parte alta, la explosión de la mezcla aire-gasolina, se desplaza con fuerza hacia abajo y su movimiento rectilíneo se convierte, por medio de la biela **H**, en un giro del cigüeñal. Recíprocamente, si este gira, el pistón al estar enlazado por la biela tendrá que moverse hacia arriba y abajo del cilindro. La posición más baja del codo **C** corresponde al punto más bajo del recorrido del émbolo y se llama punto muerto inferior (P.M.I). Cuando el pistón está en la parte más elevada de su carrera, se encuentra en el punto muerto superior(P.M.S)

El volante **V** es una rueda pesada que va montada en el cigüeñal. En la tapa o costados superiores del cilindro existen dos conductos: uno de admisión **A**, para que se introduzca la mezcla, y otro de escape **E** para evacuarla al exterior cuando se ha quemado; estos dos orificios se cierran con válvulas **S**. Lleva también el cilindro una bujía **B** en la que salta, en el momento conveniente, la chispa eléctrica que quema la mezcla de gasolina y aire. El recorrido del pistón del punto muerto superior al inferior se llama carrera.

Fig. 2.4
Constitución del Motor de un cilindro



2.7.3 Mezcla de aire y combustible

La mezcla de combustión ideal es 0,0665 Kg de gasolina/Kg de aire. El carburador moderno está diseñado para proporcionar estas relaciones y de ajustes según la necesidad de la potencia

Relación de compresión y detonación

Hay dos fenómenos que externamente suenan como golpeteo en los motores de encendido a chispa. Uno es la pre-ignición que es el encendido anticipado, o sea, que se inicia la combustión antes del encendido de la chispa. La pre-ignición se produce en los puntos calientes de la cámara de combustión.

La detonación es una inflamación espontánea del combustible que se produce más allá del frente de la llama, después del encendido. A medida que se aumenta la relación de compresión, es más probable que ocurra este fenómeno dependiendo de la calidad del combustible.

Si la relación de compresión (RC) es muy alta para un combustible en particular, los gases no quemados se comprimen y se calientan tanto que principia la combustión espontánea en algún punto distante de la chispa. Hay un aumento rápido de detonación local, cuya evidencia exterior es un tic-tac metálico o golpeteo, cuando estas ondas chocan en la pared del espacio de combustión. Esta detonación es acompañada de presiones altas que dañarán el motor si se repite en forma frecuente. Los motores de automóviles tienen relaciones de compresión que van desde 7,5 a 10. Los camiones tienen valores menores, entre 7,0 a 7,3 tal que puedan consumir gasolina de menor octanaje.

No se consigue ninguna ventaja usando una gasolina de mayor octanaje que el necesario para evitar la detonación.

2.7.4 Economía del combustible

El adecuado uso de los combustibles, en este caso las gasolinas, optimiza el consumo de hidrocarburos.

En los motores de combustión interna, el objetivo sería aumentar su relación de compresión usando gasolinas de adecuado octanaje, para así obtener la máxima eficiencia calórica.

La relación entre la economía del combustible y la relación de compresión y entre esta relación y el octanaje requerido, ha sido objeto de muchas investigaciones. En la **Fig. 2.5** se muestra el efecto del octanaje con el consumo del combustible, para esta curva se ha considerado una sensibilidad promedio para las gasolinas plomadas. Esta curva también asume que cualquier cambio en la relación de compresión está acompañada de cambios en la transmisión del motor a fin de obtener una capacidad de aceleración constante. La razón de esto es que el aumento de la relación de compresión usando gasolinas de adecuado octanaje, origina un incremento directo en la economía del combustible y en la potencia del motor. Como se muestra en la **Fig. 2.5**, la disminución del consumo de combustible al aumentar el octanaje es considerable. Así por ejemplo, aumentando de 85 a 90 RON se espera disminuir el consumo de combustible en 6,5 %.

Cuando el aumento de octanaje se logra, basándose en aditivos antidetonantes, el ahorro del combustible se consigue sin pérdida de petróleo crudo debido a procesos de refinación.

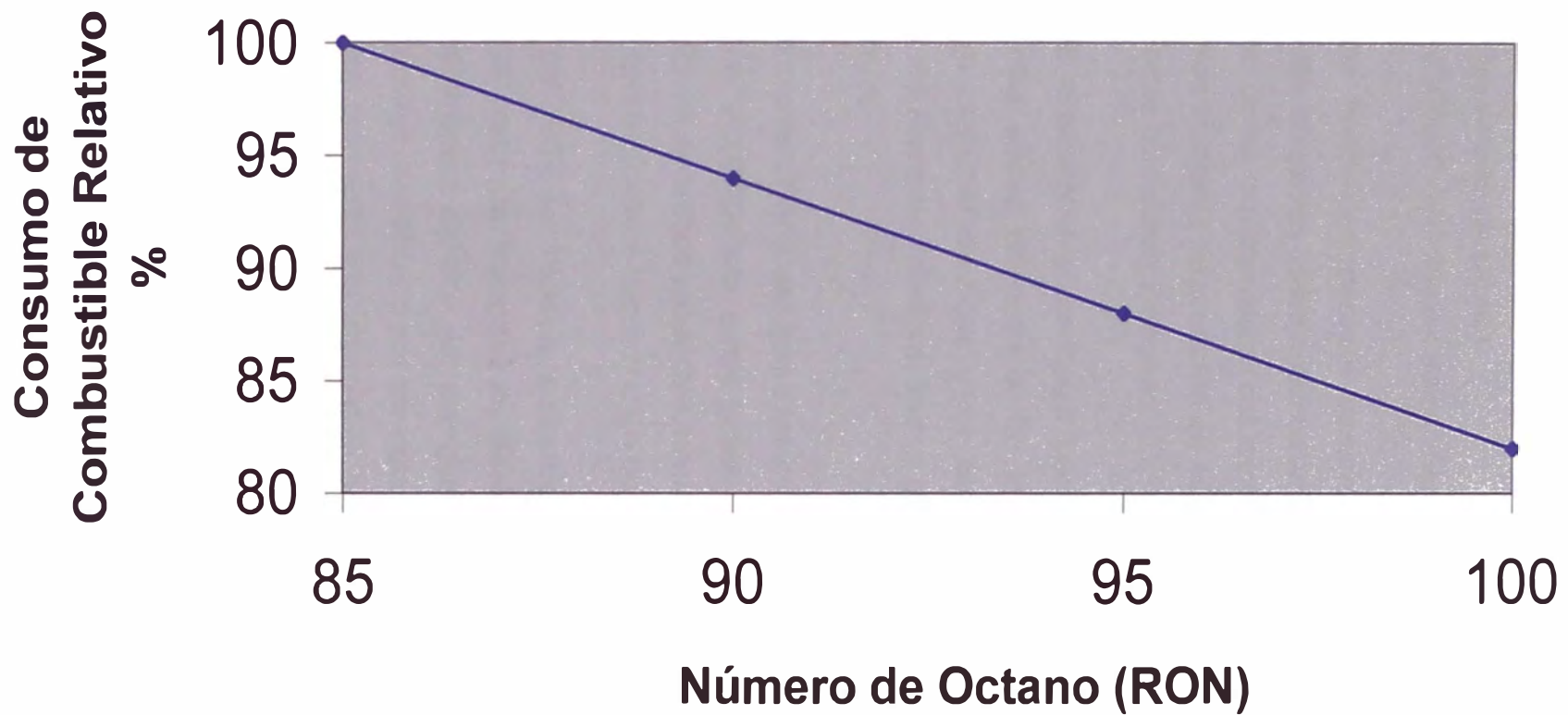
Es de esperar que la tendencia en el mundo sea usar gasolinas de mayor octanaje, sin embargo, esto está limitado por las restricciones de contenidos máximos de plomo en las gasolinas en presión al efecto ambiental. Así, tenemos que en Estado Unidos, de 1971 a 1980, la relación de compresión en los motores de los automóviles bajó de 9,5 a 8,4 a fin de poder usar gasolina sin plomo. Esto significa un mayor consumo de combustible en este rubro de casi 6 % en volumen.

2.8 Historia de los Mejoradores de Octanaje (historial)

La adición a la gasolina de pequeñas dosis de ciertos compuestos orgánicos y órgano-metálicos (hierro, plomo, estaño, yodo, anilina, selenio) tiene la virtud de inhibir la formación de peróxidos y retardar así la detonación del combustible.

Entre los compuestos conocidos como elevadores de la antidetonancia o mejoradores de octanaje se encuentran los siguientes:

Fig.2.5 Efecto del Octanaje- En el consumo del combustible



- 1) TEL (tetraetilo de plomo)
- 2) MTBE(metil terbutil eter)
- 3) TAME(ter amil metil eter)
- 4) MMT(metil-ciclopentadienil manganeso tricarbonilo)
- 5) TMP(tetrametilo de plomo)
- 6) FERROCENO (dicro-pentadienil fierro)

Los estudios de factibilidad para el desarrollo de compuestos órgano-metálicos, basados en plomo, como antidetonantes, han sido continuos desde el descubrimiento de las características del tetraetilo de plomo (TEL), en 1921. Miles de productos químicos se probaron en esta búsqueda y en términos de pruebas de motor se contabilizan millones.

El desarrollo de alternativas comerciales para el empleo del tetraetilo de plomo, fueron muy pocas en número. En los años veinte se intentó el mercadeo de un carbonilo de fierro y en los años treinta el proyecto se concluyó como resultado de fallas causadas por los depósitos de óxido de fierro en los motores.

El tetrametilo de plomo (TMP), así como las mezclas físicas del tetraetilo de plomo (TEL), con el compuesto antes citado (TMP), y las obtenidas por reacciones catalíticas de ambos productos, hizo posible la comercialización de mejoradores de octano (octane improovers o boosters en inglés), en 1960.

Por otro lado, en 1957 se inicia la comercialización de otro compuesto organometálico a partir de manganeso. Este producto cuyo nombre es tricarbonilo metilciclopentadienilo de manganeso (methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl, identificado por las siglas en inglés MMT o en español TMM), fue en ese momento una alternativa complementaria al uso de los mejoradores de octano a partir de plomo.

En términos generales, desde el desarrollo de este tipo de productos, el tetraetilo de plomo (TEL), es el mejorador de octano de mayor uso en la industria de refinación, debido, principalmente, a la ventaja económica que presenta en el incremento de octano.

La combinación del tetraetilo de plomo con compuestos organobromados y organoclorados como agentes limpiadores de los depósitos de plomo en los cilindros, como medio para prevenir el golpeteo en los motores, hizo posible el desarrollo de motores de alta relación de compresión más eficientes y jugó un papel importante en el desarrollo de la tecnología automotriz.

Como complemento a su función mejoradora de octano, los productos de combustión de compuestos basado en tetraetilo de plomo tienen otros efectos dañinos y benéficos en los motores a gasolina.

Las sales de plomo que se forman como resultado de la combustión de los aditivos a base de este metal y que se depositan en las paredes de la cámara de combustión, sirven como lubricante a los asientos de las válvulas de escape, previniéndolos de un desgaste excesivo, como resultado de la diferencia de materiales usados en las válvulas y en los asientos (resistencia mecánica expresada como dureza).

El efecto negativo de estos depósitos es que pueden corroer las válvulas de admisión, provocan ensuciamiento en las bujías, incrementan las emisiones de hidrocarburos no quemados y ocasionan un posible aumento en el desgaste de los anillos de los pistones.

Para prevenir la excesiva formación de depósitos, los agentes limpiadores (usualmente dicloruro y dibromuro de etileno), son adicionados junto con el plomo. Los átomos de cloro y bromo se combinan con el plomo y ayudan a eliminarlos de los motores, reduciendo los problemas causados por los depósitos de plomo.

Estos agentes limpiadores introducen algunos problemas en los motores, al generar emisiones en el tubo de escape de ácido clorhídrico y bromhídrico. Estos ácidos (especialmente el clorhídrico), incrementan la corrosión del motor, ocasionan desgaste corrosivo de los cilindros, anillos del pistón, y baleros; así como, corrosión en los sistemas de escape.

Debido a alta toxicidad a la salud, así como la aplicación de estándares de emisión más estrictos para los vehículos a gasolina, en la época de los setenta, se inicia, principalmente en los Estados Unidos, la reducción de la adición de plomo a la gasolina.

Sumado a lo anterior, en algunos países, se incorporan en los vehículos de esa época, dispositivos anticontaminantes (convertidores catalíticos de dos vías o también denominados oxidativos), los cuales se veían afectados con las concentraciones de plomo usadas en la gasolina, del orden de aproximadamente 1.1 gramos por galón. En vista de que la única manera real y efectiva de reducir las emisiones era la incorporación de los convertidores catalíticos, se estableció en los EE.UU, una tolerancia del contenido de este metal a niveles máximos de 0.1 gramos por galón.

En cuanto al uso del segundo compuesto mejorador de octano, el tricarbonilo metil ciclopentadienilo de manganeso, ha tenido diferentes procesos en los Estados Unidos y Canadá, países que prácticamente a escala mundial hicieron y hacen uso del compuesto.

El MMT se puede usar en combinación con el TEL, en concentraciones de 0,1 gramos por galón de cada producto, como parte del proceso de reducción y eliminación del plomo en las gasolinas.

El otro uso del MMT es en la formulación de la gasolina sin plomo, lo cual se hizo por primera vez en los Estados Unidos en 1974, período durante el cual el producto se aplicó al 50 por ciento de las gasolinas consumidas.

En el caso de Canadá, se usa desde 1977 en la gasolina con y sin plomo, por ser la forma más económica y efectiva de incrementar el octano.

En los Estados Unidos, la USEPA prohibió el uso del MMT en la gasolina sin plomo a partir de 1977. Con el devenir del proceso de reducción del plomo, la flexibilidad de las refinerías se vio reducida, haciendo que el aditivo sea una alternativa para retornar una parte de esta flexibilidad.

Sumando a lo antes expuesto, el MMT permite la reducción de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono en los gases de escape. Asimismo, contribuye a mejorar la rentabilidad de las refinerías al demandar un menor octanaje del reformado, situación que se traduce en un menor consumo de combustible en la unidad reformadora de naftas y en un incremento en la producción de reformado.

Otro efecto que ofrece el uso del MMT, es la reducción del consumo de crudo, resultado del requerimiento de menor octanaje del reformado.

En 1995, la empresa fabricante del MMT ganó, después de casi 28 años, un juicio a la USEPA, logrando que la autoridad ambiental permitiese su uso en las gasolinas convencionales pero prohibiéndolo en las reformuladas⁽⁵⁾.

2.8.1 Utilización de oxigenados

Unidades de MTBE u otros como el ETBE (etil terbutil eter) son las más viables, aunque requieren inversiones y no es posible que se pueda dar en todas las refinerías, ya que depende de la disponibilidad de materias primas adecuadas (metanol u otras)

Como ejemplo, se puede citar a las refinerías españolas que se han adaptado a las especificaciones de gasolinas no plomadas mediante la construcción de plantas de MTBE, como aditivo sustituto de los plomados en las gasolinas, pues se considera que el MTBE es menos nocivo que el TEL. No obstante, en algunos países como USA se está planteando la limitación del contenido de compuestos oxigenados como éste. Por otra parte, conseguir alto octano por la vía clásica del reformado catalítico está condicionado por la disponibilidad de hidrógeno en la refinería y por la limitación del contenido de aromáticos como el benceno en gasolinas.

Todo ello conduce a la utilización de tecnologías avanzadas que permiten, en prácticamente todos los casos, obtener las especificaciones deseadas, pero con el costo asociado.

⁽⁵⁾ <http://www.franquiciapemex.com/octanaje/18gas.htm>

2.9 Alternativas al uso del plomo

El transporte por carretera es una de las actividades humanas que más han contribuido a configurar la sociedad actual y a mejorar su grado de bienestar. Sin embargo, es también una de las fuentes importantes de contaminación atmosférica, especialmente en áreas urbanas. Desde hace años se están estudiando y aplicando en todo el mundo, medidas que permitan reducir las emisiones contaminantes de los vehículos, con la finalidad de preservar el medio ambiente. En otros países, (**Fig. 2.6**) el uso del plomo se ha eliminado en su totalidad, se ha encontrado nuevos combustibles alternativos, ya que el uso de elevadores de octanaje, como el TEL ú otro, siempre provocará efectos dañinos a la salud y al medio ambiente. A continuación se presentan algunas alternativas.

1. Gas Natural como combustible alternativo

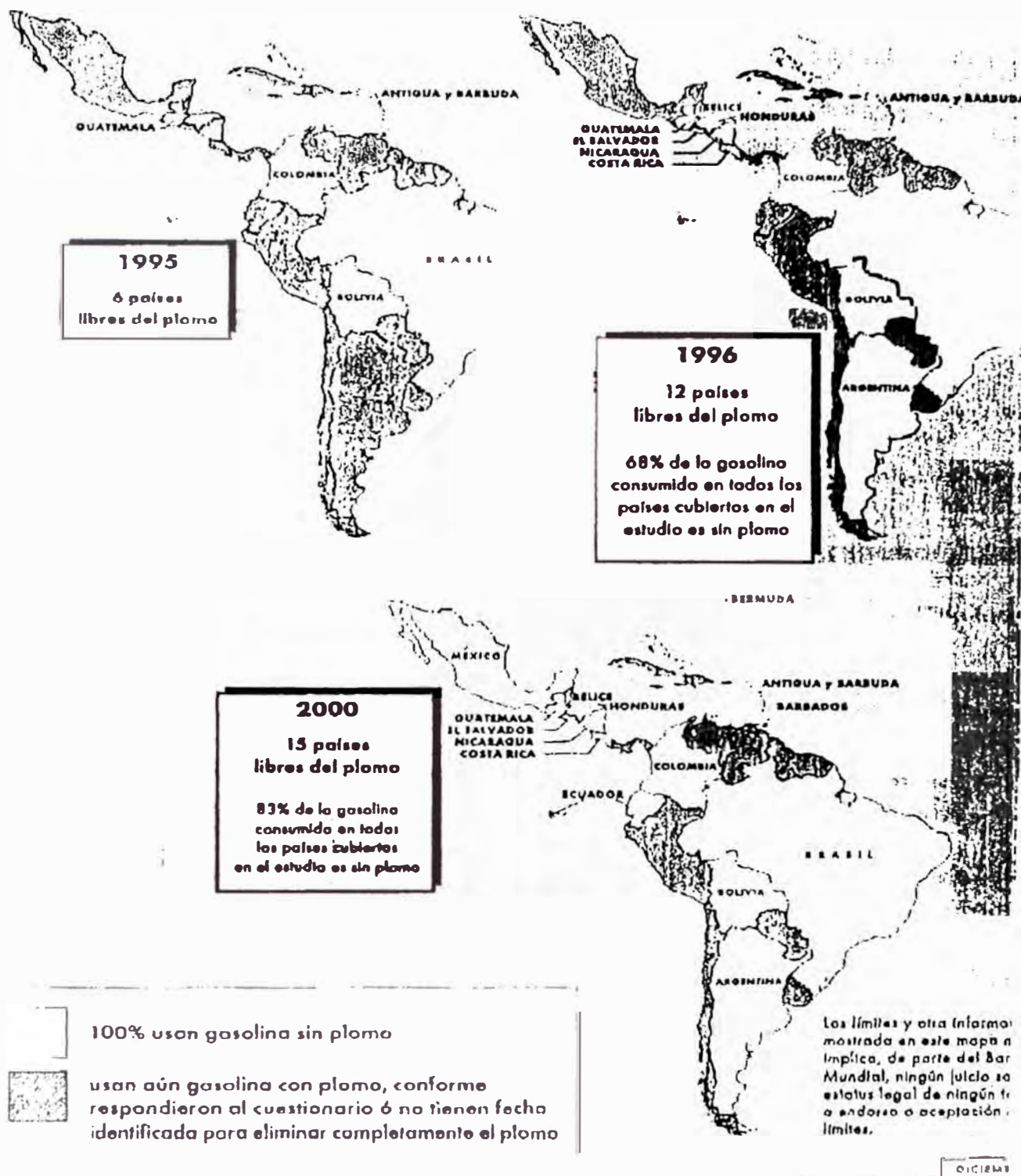
En muchos países, el uso del gas, como se sabe es elevado no sólo por la economía sino por sus cualidades de limpieza en la combustión, en los últimos años su uso se ha hecho más frecuente en países donde la producción de gas natural es grande.

2. GLP como combustible alternativo

El GLP está principalmente compuesto de propano, con algo de butano, propileno, butileno, y otros hidrocarburos. Los componentes del GLP son gases a temperaturas y presiones ambientales y se licúan bajo presiones moderadas (100 a 200 psi). Por estas razones, el GLP es un combustible automotor conveniente. Las propiedades gaseosas de GLP son una ventaja durante el proceso de la combustión. Las normas americanas exigen que el GLP automotor que sea principalmente, propano y por consiguiente, el GLP frecuentemente es llamado propano.

Fig.2.6

Países que utilizan 100% gasolina sin plomo



Fuente: Eliminación del Plomo en la gasolina en América Latina y el Caribe- Informe situacional, Diciembre 1996

Los costos para convertir un vehículo para operar con GLP varían, dependiendo del tipo de sistema de la conversión seleccionada, el tipo de vehículo a ser convertido, etc. Es importante destacar el uso de GLP en nuestro país, actualmente existen 8 gasocentros en Lima; 3 en el Callao y 7 en provincias⁽⁶⁾. En provincias como Trujillo el uso de vehículos a gas aumentó en un 40% durante el año pasado, en Lima existen más de 800 autos que utilizan este combustible. El gas licuado de petróleo (GLP) facilita una combustión limpia y completa del motor gracias a una mezcla homogénea, controlada y bien distribuida de este combustible; permite un manejo sin vibraciones, suave y silencioso.

3. Instalación del proceso de isomerización en nuestras refinéncias

El objetivo del Proceso de Isomerización tiene como objetivo incrementar el octanaje de las fracciones C5-C6 de las naftas livianas convirtiendo las normal parafinas a sus isómeros; tiene gran importancia comercial la transformación de hidrocarburos con estructura de cadenas rectas en hidrocarburos con estructura de cadena ramificada o en anillo, pues estos últimos tienen números de octano más elevados que los compuestos de cadena recta. Las principales aplicaciones comerciales son la isomerización del butano a isobuteno, del pentano a isopentano y de la nafta o fracción de hexano normal a isohexanos o a una nafta de mayor número de octano. En la isomerización de la nafta, el número de octano aumenta de 65 a 80 en una operación continua sin recirculación.

4. Adaptación de sistemas de recuperación de vapores en las estaciones de despacho y grifos

En la etapa de abastecimiento de los grifos, mediante camiones cisterna se pierde, 0,67 gramos de gasolina por galón; durante la venta al público se producen las mayores "fugas" de vapores. Al momento de colocar la manguera del surtidor en el tanque de gasolina del vehículo se evaporan

⁽⁶⁾ Revista Técnica Ruedas&tuercas Abril 2000 pag 43

4,54g de combustible por galón y gotean 0,32g. En síntesis se pierde 5,53 g de gasolina por galón vendido⁽⁷⁾.

Dada esta pérdida, es necesaria la adaptación de sistemas de recuperación de vapores en los grifos como una forma de prevención de la contaminación y con la finalidad de mejorar la calidad de aire, actualmente ya se aplica en países como México, Estados Unidos y Europa.

5. Uso del metil ciclopentadienil tricarbonil manganeso (MMT)

El MMT (Metil Ciclopentadienil Tricarbonil Manganeso) es un compuesto órgano metálico creado por Ethyl Corporation en los años 50 y contiene 24,4 % de manganeso. La planta productora se encuentra en Orangeburg, Carolina del Sur. En los EE UU está dando muy buenos resultados, ya que a diferencia del MTBE sus emisiones son menores, actualmente en nuestro país su uso se encuentra en estudio.

6. Uso de etanol como combustible

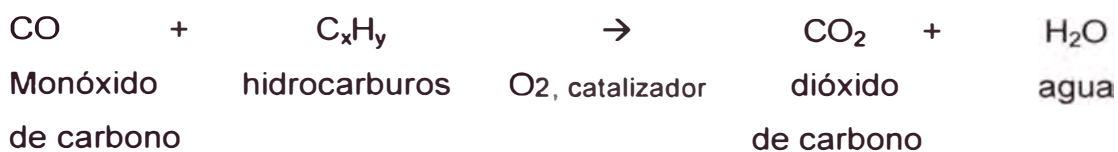
Existen otros combustibles alternativos como el etanol, obtenido de la caña de azúcar. Una experiencia exitosa fue la de Brasil, pues con el etanol las emisiones de contaminantes se redujeron a la mitad, en comparación a la gasolina. Actualmente en Brasil el alcohol es un combustible más en las estaciones de servicio. Este combustible genera otro tipo de emisiones contaminantes, pero relativamente menores a las de los hidrocarburos.

7.- Uso de convertidores Catalíticos

En los motores de combustión de los automóviles, se queman hidrocarburos para obtener la energía propulsora. Como consecuencia de esto, a través de los tubos de escape de los vehículos, se expulsan a la atmósfera sustancias que contribuyen a la contaminación, entre otras se pueden mencionar, hidrocarburos sin quemar, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y aditivos de combustible.

⁽⁷⁾ Fuente: California Air Resource Board/Municipalidad de Lima. Comercio 12-01-99

Para reducir las cantidades emitidas, desde hace unos años a los vehículos se le incorporó un dispositivo llamado convertidor catalítico; los gases procedentes del motor atraviesan el convertidor catalítico antes de ser expulsados a la atmósfera, en el interior del mismo hay una sustancia denominada catalizador (con frecuencia platino, rodio u óxidos de metales de transición) que facilita la transformación de las sustancias contaminantes en otras que no los son tanto.



Los convertidores catalíticos son muy efectivos lográndose unas reducciones del orden del 85% en la emisión de gases contaminantes. En nuestro país, los vehículos importados usados a través de Ceticos (Centros de Exportación, Transformación, Industria, Comercialización y Servicios) tienen por finalidad proporcionar a la población un medio asequible de transporte, pero convierten al país necesariamente en un depósito de chatarra, y como consecuencia el aumento de la contaminación ambiental. Por ejemplo, algunas marcas de autos, actualmente tienen incorporado el convertidor catalítico, pero los autos de segunda condición al ingresar al país se les retira el convertidor porque no hay un reglamento que regule tal condición.

En la presente tesis, se analizarán las alternativas 1, 2 y 6, debido al buen resultado que se ha obtenido en otros países, donde el uso de aditivos en las gasolinas ha quedado en el pasado, y combustibles alternativos han solucionado en gran parte la demanda de combustibles.

CAPITULO III

ESPECIFICACIONES DE LAS GASOLINAS

3.1 Especificaciones de las gasolinas

Se pueden observar algunos cambios en la formulación y especificaciones de las gasolinas que empezaron desde el 14 de Julio de 1998 con la promulgación del Decreto Supremo N° 019-98-MTC 9 (anexo 2) en el que se decreta la eliminación en el mercado de la gasolina 95RON con plomo, y se reduce el límite máximo de contenido de plomo en la Gasolina 84 RON, del valor actual de 1,16 a 0,84 gramos de plomo por litro.

Se proyecta para el 1 de julio del año 2003, la reducción del contenido de plomo a 0,14 gramos por litro de gasolina de 84 RON, siendo retirada la totalidad del plomo en dicho combustible el 31 de Diciembre del año 2004.

A partir de esto, la gasolina de 84 RON ha disminuido su contenido de plomo de una manera considerable.

Actualmente, según estadísticas, se ofertan al mercado cuatro tipos de gasolina 84, 90, 95 y 97 RON; el mayor consumo está dado por la gasolina de 84 RON plomada, que es requerida por automóviles de baja relación de compresión y alta antigüedad relativa. Con el empleo de plomo en las gasolinas se vierten a la atmósfera 1200 TM/año de TEL, en promedio.

La gasolina con plomo en nuestro país representa el 74,6 % de la demanda total de gasolinas. Las gasolinas son producidas principalmente por las Refinerías (RELAPASA) y Refinería TALARA; en menor grado, participan otras refinerías pequeñas como la de Conchán (Lima), Iquitos, El Milagro – Bagua y Pucallpa operada por Maple Gas Corporation

Actualmente, está vigente la Norma Técnica peruana ITINTEC 321.004

Tabla 3.1**Norma Técnica Peruana INDECOPI 321.004 Requisito Para Gasolinas Uso Motor**

CARACTERÍSTICAS	ESPEC.	TIPO CON PLOMO	METODO ITINTEC	METODO ASTM
Número de Octano Research	mín	84		D-2699
Aspecto		transparente		
Presión de Vapor Reid Kg/cm ² (lb/pulg ²)	máx	0,84(12)	321.088	D-323-94
Destilación				D-86-93
10% Evaporado °C (°F)	máx	70(158)	321.023	
50% Evaporado °C (°F)	máx	140(284)		
90% Evaporado °C (°F)	máx	200(392)		
Punto Final, °C (°F)	máx	221(430)		
Residuo (%vol)	máx	2		
Azufre (%masa)	máx	0,2		D-1266-91
Plomo (elemento) g/l	máx	0,84		D-3237-90
Corrosión al Cobre 3 hr.a 50°C (122°F)	máx	Lámina N° 1	321.021	D-130-94
Estabilidad a la oxidación min	mín	240		D-525-94
Contenido de Goma mg/100ml	máx	5		D-381-94

3.2 Regulaciones Existentes

En la actualidad no existe una norma de calidad de aire que sea de cumplimiento obligatorio a escala nacional. La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) ha establecido ciertos niveles de calidad de aire, con los que se viene trabajando como referencia.

El Ministerio de Energía y Minas ha definido niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero metalúrgicas, así como niveles de calidad de aire, que son acordes con los recomendados por el Ministerio de Salud.

Las únicas especificaciones son las que por el momento fueron propuestas por Petróleos del Perú (PETROPERU) y aprobadas por Instituto Tecnológico de Investigación y de Normas Técnicas (ITINTEC), hoy Instituto de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual (INDECOPI): Las especificaciones actuales no incluyen límites en la Presión de Vapor, Aromáticos ni olefinas.

Tampoco existen regulaciones sobre el empleo de convertidores catalíticos en vehículos.

Entonces, se requiere completar reglamentos a la legislación vigente para poder crear el marco legal necesario a fin de retirar el plomo en la gasolinas y modificar progresivamente las especificaciones de las gasolinas que contemplen en el mediano plazo restricciones sobre aromáticos Olefinas Azufre y el empleo de oxigenados en la formulación.

En Diciembre de 1996 se realizó un informe de la situación del plomo en la gasolina en América latina y el Caribe, en un programa conjunto del Banco Mundial y el Programa de Asistencia para la gestión del Sector Energía (ESMAP) donde cada país participante informó sobre el uso del plomo en las gasolinas.

3.3 Marco tributario de gasolinas

A continuación analizaremos las siguientes tablas:

Tabla 3.2

Precio Neto de los Combustibles (en US\$/GI)

Producto	Precios	Diciembre 1999	Enero 2000	Febrero 2000
Gasolina 97	Neto Petroperú	0,6693	0,7164	0,7145
Gasolina 95	Neto Petroperú	0,9371	0,9914	0,9943
Gasolina 90	Neto Petroperú	0,9200	0,9740	0,9769
Gasolina 84	Neto Petroperú	0,8886	0,9167	0,9193
Tasa de cambio	Soles/dólar	3,5110	3,4800	3,4700

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos(DGH)

Tabla 3.3

Precios de los combustibles con impuestos (precios vigentes al 29 de febrero del 2000 en soles)

COMBUSTIBLES	Precio Petroperú Ex_Refinería	Impuestos			Precio Ex_planta Con impuestos	Margen Comercial (1)	Precio Al Público(*)
		Al Rodaje	Selectivo Consumo(2)	General Ventas (18%)			
Gas licuado (**)	1,18	-	0,22	0,25	1,65	0,81	2,46
Gasolina 97SP	3,45	0,28	3,25	1,26	8,23	1,2	9,43
Gasolina 95	3,39	0,27	2,95	1,19	7,8	1,2	9
Gasolina 90	3,19	0,26	2,68	1,1	7,23	0,85	8,08
Gasolina 84	3,01	0,24	2,05	0,95	6,25	0,81	7,06
Kerosene	3,15	-	0,47	0,65	4,27	0,81	5,08
Diesel 2	3,38	-	1,31	0,84	5,53	0,49	6,02
Pet. Industrial 6	2,15	-	-	0,39	2,54	-	2,54
Pet. Industrial 500	2,07	-	-	0,37	2,44	-	2,44
Promedio	2,77	0,12	1,44	0,78	5,11	0,68	5,79

1.- Los Margenes son libres, los valores son estimados (DHG). Incluye el I.G.V. sobre el Margen

2.- EL Impuesto Selectivo al Consumo, por medio del D.S. N° 025-97-EF, publicado el 12 de Marzo de 1997, establece montos fijos para cada tipo de combustible.

Por Decreto Supremo N°158-99-EF del 27 de Septiembre de 1999, se modifican los valores del ISC.

(*) Fuente: INEI

(**) Precio expresado en soles por kilogramo

Tabla 3.4
Ventas de Combustibles en el País

Producto	MB/DC Febrero 1999	MB/DC Febrero 2000	Tasa % De Crecimiento
GLP	10,38	12,66	21,97
Gasolina 97	2,47	2,31	-6,48
Gasolina 95	2,14	1,76	-17,76
Gasolina 90	7,61	8,14	6,96
Gasolina 84	15,98	14,65	-8,32
Turbo	8,35	7,20	-13,77
Kerosene	12,97	13,37	3,08
Diesel 2	54,93	57,17	4,08
Diesel2 Bunker	0,07	0,14	100,00
Residual 6	11,45	10,01	-12,58
Residual 500	13,87	14,59	5,19
Otros	4,06	5,75	41,63
Total	144,28	147,75	2,41

Fuente: DGH (MB/DC miles de barriles por día calendario)

Observaciones:

La estructura impositiva actual (tabla 7.4), orienta al consumidor final al empleo de gasolina de 84, según cifras estadísticas el consumo de la gasolina plomada es notable.

Un factor importante es el costo, nuestro sistema vehicular en Lima Metropolitana, por ser un parque automotor antiguo, tiene como gran demanda el consumo de Gasolina 84.

Dentro de las ventas anuales consideradas se observa que la mayor demanda es la Gasolina de 84, con respecto al total de gasolinas.

Tomando los datos de la **tabla 3.3**, analizando el caso de la gasolina de 84 octanos los impuestos señalados por el Estado, agregan un valor alto al precio de la gasolina, el tratar de imponer combustibles alternativos, debería generar menos impuestos por el Estado, o variar, la tasa de las mismas, para que el consumidor adopte el cambio. En países donde se utilizan combustibles alternativos, el Estado proporciona un subsidio para la conversión, por lo que el consumidor acepta el cambio, la diferencia de precios entre la gasolina y el combustible alternativo es un factor importante, para la decisión de sustitución, pero además el gobierno tiene que incentivar el uso del combustible alternativo.

CAPITULO IV PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL

4.1 Antecedentes

La tecnología actual sobre emisiones vehiculares ha reducido en gran parte las mismas, comparadas a las de los años 70; pero también, el aumento de la población y la necesidad de poder desplazarse de un lugar a otro aumenta el tráfico vehicular y asimismo, las emisiones vehiculares, sobre todo en lugares de gran población. Es por eso que debe considerarse los siguientes aspectos:

1. Los vehículos y combustibles deberán ser considerados como un sistema único.
2. Los objetivos de aire puro requieren una tecnología catalítica del vehículo.
3. La calidad del combustible debe ser mejorada para lograr los objetivos del aire puro.
4. Las especificaciones del combustible deberán ser establecidas y estar dentro de los parámetros de seguridad.

4.2 Antigüedad del parque automotor a nivel del Perú

Cuadro 4.1

Antigüedad del parque automotor Perú, año 1996⁽⁸⁾

N° total de unidades	936 411	100,0%
N° Unidades con más de 03 años	707 437	75,5 %
N° Unidades con más de 08 años	616 578	65,8 %
N° Unidades con más de 10 años	603 741	64,5 %
N° Unidades con más de 16 años	521 970	55,7 %

Fuente: MTC El parque automotor y la contaminación ambiental 1997

Observación : el 64,5% del parque automotor lo integran unidades con una antigüedad mayor a 10 años

⁽⁸⁾ Los porcentajes son calculados del número total de unidades

4.3 Antigüedad del parque automotor en el ámbito de Lima

Cuadro 4.2

Antigüedad del parque automotor- Lima⁽⁹⁾

N° Total de Unidades	694 230	(100%)
N° Unidades con más de 03 años	618 890	(89%)
N° Unidades con más de 06 años	537 861	(77%)
N° Unidades con más de 08 años	361 088	(52%)
N° Unidades con más de 10 años	311 143	(45%)
N° Unidades con más de 16 años	276 760	(40%)

Fuente: MTC El parque automotor y la contaminación ambiental 1997

Observación:

El 45% del parque lo integran unidades con una antigüedad mayor a 10 años

El parque automotor de Lima representa el 74,1 % del parque automotor nacional.

4.4 Tipos de combustible Utilizados

Cuadro 4.3

Tipos de combustibles usados⁽¹⁰⁾

N° Total de Unidades	100.00%
N° Unidades que utilizan gasolina	80.32%
N° Unidades que utilizan Petróleo D2	9.10%
N° Unidades que utilizan G.L.P.	0.53%
Otros (GSL, GASP, Bencina)	0.05%

Fuente: MTC El parque automotor y la contaminación ambiental 1997

Observación:

Los combustibles más consumidos son la gasolina y el petróleo diesel 2 (89,4%)

⁽⁹⁾ Los porcentajes son calculados del número total de unidades

⁽¹⁰⁾ El porcentaje de los tipos de combustibles usados se calculan del número total de unidades

De los cuadros mostrados, se puede observar que es necesario diseñar una política de transporte que permita revertir la antigüedad del parque automotor, ya que el incremento del mismo, ocasiona entre otras cosas el ingreso sin restricción de vehículos usados. La importación de vehículos automotores usados fue restablecido a partir del 1 de noviembre de 1996 donde se dio una serie de artículos para reglamentar la importación de vehículos automotores usados, con énfasis en el desarrollo de los Centros de Exportación, Transformación, Industria, Comercialización y Servicios-CETICOS de Ilo, Matarani y Tacna; pero que en realidad no se llevan a cabo. Actualmente, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción ha publicado en el Peruano con fecha 15 de Junio del 2000, el Anteproyecto del Reglamento de Revisiones Técnicas de Vehículos Automotores, donde indica la frecuencia de las revisiones técnicas de acuerdo al año de antigüedad, ya que el estado del parque automotor incide en las emisiones de gases lo cual afecta la preservación del ambiente.

Los automóviles, así como las unidades de transporte público en mal estado contribuyen al deterioro de la calidad ambiental.

A continuación se muestran el cuadro 4.4, donde se puede observar que en el periodo 1994-1998, el Parque Automotor total refleja un crecimiento del 38,79%; camionetas station wagon 85,47%, pickup 19,91%, camioneta rural 42,86%, camioneta panel 48,30%, ómnibus 23,46 %, camión 28,14%, remolcador 55,22% remolque y semirremolque 46,17%.

Cuadro 4.4

Parque Automotor Nacional: Estimado por Clase de Vehículo

CLASE VEHICULAR	AÑOS					
	1993	1994	1995	1996	1997	1998
TOTAL	707437	760810	862589	936501	985746	1055745
AUTOMOVILES	367461	389439	441005	483413	512869	544421
STATION WAGON	51187	54732	64761	73629	82956	101513
CMTA PICK UP	111001	117515	126102	133704	137165	140917
CMTA RURAL	55595	67060	81844	88283	89940	95804
CMTA PANEL	9516	10178	10876	11179	12147	15094
ÓMNIBUS	30625	35124	41003	43154	43506	43366
CAMION	68357	71312	79046	83084	85869	91380
REMOLCADOR	6414	7359	8950	9936	10452	11423
REMOLQ. Y SEMI-REMOLQ.	7281	8091	9002	10119	10842	11827

Fuente : Dirección General de Circulación Terrestre.

Superintendencia Nacional de Registros Públicos

En la tabla siguiente se muestra, el crecimiento del parque automotor, por lo que es necesario, tratar de incorporar nuevas alternativas de combustibles. El anuncio del acuerdo alcanzado entre el consorcio Pluspetrol-Hunt Oil-SK y el Estado Peruano para la explotación del gas de Camisea refresca un tema con grandes perspectivas de expansión: el uso de GLP, como inicio en el uso de combustibles alternativos.

Cuadro 4.5

Proyección del Parque Automotor Nacional por clase de vehículo, según departamento: 2005

Departamento	Total	Auto-movil	Station Wagon	Camionetas			Omni-bus	Camion	Remol-cador	Remolq. Semi-Remolq.
				Pick Up	Rural	Panel				
TOTAL	1472719	747099	134535	184244	169026	17438	73154	112885	17601	16737
<i>Amazonas</i>	1249	150	161	502	219	14	32	156	8	7
<i>Ancash</i>	19554	9821	1332	3047	2018	187	962	1770	178	239
<i>Apurimac</i>	2514	585	171	425	574	21	183	540	8	7
<i>Arequipa</i>	84033	38971	4221	14238	7178	546	3815	9637	2965	2462
<i>Ayacucho</i>	3235	692	180	747	409	29	234	802	67	75
<i>Cajamarca</i>	6450	1844	654	1813	1029	13	282	723	55	37
<i>Cuzco</i>	31691	11222	1599	7722	4069	189	1554	5215	90	31
<i>Huancavelica</i>	1036	134	117	282	193	24	135	147	2	2
<i>Huanuco</i>	10130	4069	537	2514	716	27	386	1714	61	106
<i>Ica</i>	22241	10627	1655	3421	2013	166	1211	2434	359	355
<i>Junín</i>	45040	13786	4186	6898	6412	234	2937	8702	996	889
<i>La Libertad</i>	50000	21804	3728	7481	4454	317	2415	6070	1560	2171
<i>Lambayeque</i>	45160	18788	2678	9097	5938	381	1492	5868	411	507
<i>Lima</i>	1018202	572511	101336	96671	112040	13659	50284	54110	9408	8183
<i>Loreto</i>	6055	2302	415	1295	812	92	377	739	10	13
<i>Mad. de Dios</i>	763	70	43	344	92	22	41	151	0	0
<i>Moquegua</i>	10808	3753	1079	2310	1642	188	870	779	116	71
<i>Pasco</i>	3140	672	221	339	488	143	280	908	29	60
<i>Piura</i>	35832	14670	2316	8612	3507	232	1541	3950	436	568
<i>Puno</i>	27781	4565	965	5613	9679	455	2275	4051	128	50
<i>San Martín</i>	5184	637	297	2424	396	25	106	1065	109	125
<i>Tacna</i>	32047	12518	5529	5585	3366	349	1443	2144	529	584
<i>Tumbes</i>	3986	1103	200	938	871	109	171	475	33	86
<i>Ucayali</i>	6588	1805	915	1926	911	16	128	735	43	109

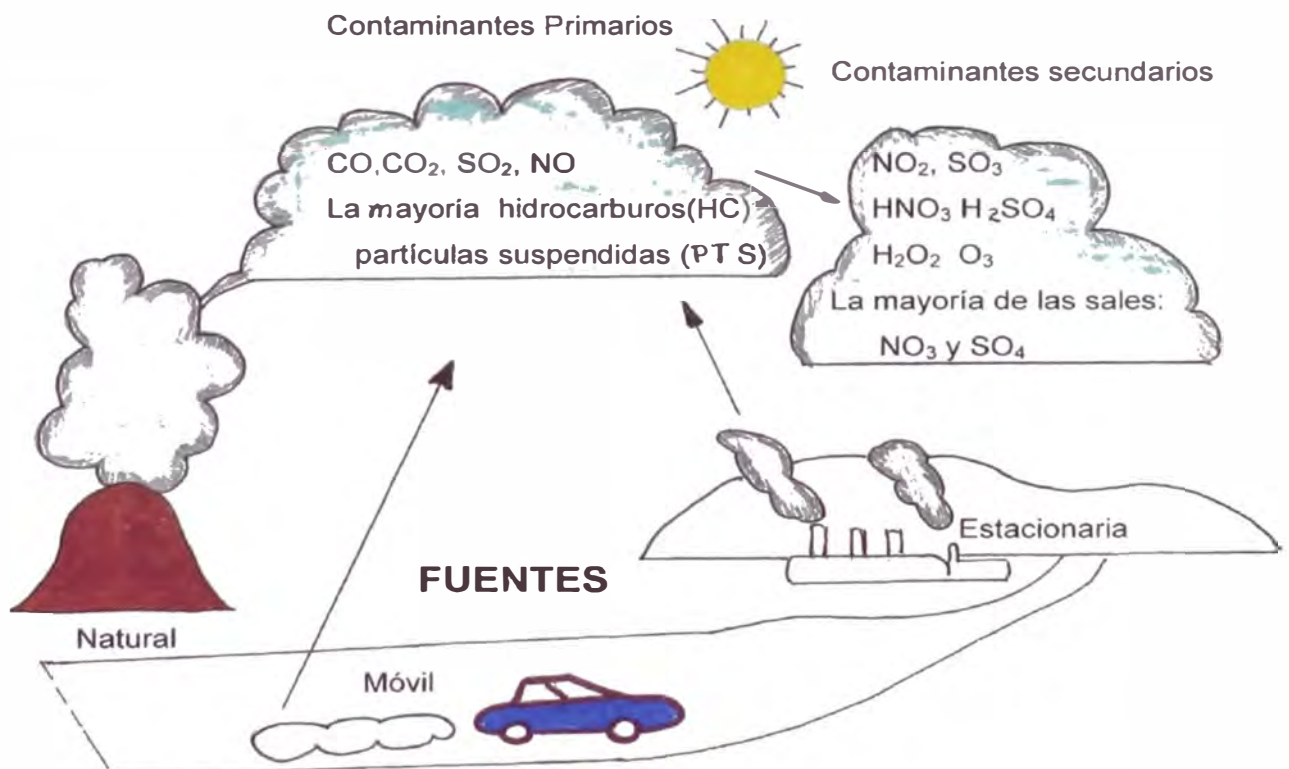
Fuente : Dirección de Estadística-Ministerio de Transportes y Comunicaciones

CAPITULO V CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

5.1 Fuentes de emisión

El aire de las ciudades contiene más de un centenar de sustancias que se clasifican como contaminantes, pero sólo una parte de éstas destacan por sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. Estas sustancias proceden de las combustiones principalmente en los motores de encendido por chispa y diesel. En la **Fig. 5.1** se muestran las principales fuentes de contaminación, el **cuadro 5.1** muestra los principales contaminantes del aire, su origen y efectos.

Fig 5.1
Contaminación del aire



Cuadro 5.1

Principales contaminantes del aire, su origen y efectos

Contaminante	Fuente	Principales efectos
Plomo	Automóviles Fundiciones Industria química Plaguicidas	Trastornos del metabolismo celular Alteraciones en el sistema nervioso central
Cloro y bromo	Industria Química	Alergias específicas
Bióxido de azufre	Automóviles Plantas eléctricas Refinerías Fundiciones	Daños en los pulmones Irritación de ojos y piel Destrucción del esmalte de los dientes Asma, fatiga, ahogo, cansancio y catarro crónico
Cadmio	Fundiciones	Enfermedades cardíacas
Monóxido de carbono	Automóviles	Disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Nauseas, debilidad, dolor de cabeza y mareo.
Bióxido de Carbono o Carbónico e Hidrocarburos	Combustión de Compuestos orgánicos Automóviles	Calentamiento de la superficie terrestre. Cancerígenos
Óxidos de Nitrógeno	Automóviles	Daños en pulmones Irritación de ojos Disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.
Ozono	Reacciones electroquímicas En la atmósfera	Irritación de ojos Tos y dolor de pecho

Fuente: Adame A y Salin D. 1995

5.2 Emisiones Contaminantes

Los principales contaminantes producidos por los vehículos son:

Compuestos orgánicos volátiles (COV), resultado de evaporación o combustión incompleta del carburante.

Oxidos de Nitrógeno (NOx), procedentes del oxígeno y el nitrógeno del aire en las condiciones de combustión (alta temperatura).

Ozono(O₃), contaminante secundario que se forma donde existen ciertos COV y NOx en determinadas condiciones atmosféricas.

Partículas, constituidas por hollín, compuestos orgánicos pesados y sulfatos, que son típicas de la combustión del diesel.

Monóxido de Carbono (CO), producido también por combustión incompleta del carburante.

Hidrocarburos Tóxicos, como benceno, aldehídos, etc.

Plomo, metal pesado que se utiliza para mejorar el octanaje de la gasolina. Además de ser tóxico produce la pérdida de actividad de los catalizadores de triple efecto que se instalan en el escape de humos de los vehículos para eliminar COV, CO, NOx

Dióxido de azufre, procedente del azufre contenido en el carburante

Dióxido de carbono (CO₂), resultado de la combustión de cualquier hidrocarburo o del carbón, y que produce el "efecto invernadero".

5.3 Efectos del plomo en los motores

El plomo, ampliamente usado en gasolinas, como mejorador de octanaje y como lubricante del asiento de las válvulas de escape. Documentado como un severo veneno catalítico con efectos irreversibles.

La exposición continua a niveles de plomo tan bajos como 5 mg/litro pueden dañar permanentemente a los catalizadores.

La disponibilidad de combustible con plomo en el sistema de distribución es la causa principal de la contaminación con plomo de los sistemas de combustible de los vehículos.

Las concentraciones de plomo requeridas para la recesión de asientos de válvulas son relativamente bajas. Los combustibles con plomo se encuentran, en el ámbito mundial con niveles de 0,05 g/lit, actualmente para la única gasolina plomada (84RON), existente en el mercado peruano, el nivel máximo según Norma Indecopi es de 0,84 g/lit.

Otros aditivos basados en Sodio, Potasio y Fósforo proveen cierta protección contra la recesión de los asientos de válvulas.

Los vestigios de halógenos de los combustibles con plomo causan desgaste del motor y corrosión del silenciador.

El plomo en los combustibles con plomo, debería ser reducido a 0,05 g/l. A este nivel aún provee protección a la recesión del asiento de válvulas.

El nivel de plomo en una especificación nacional; para los combustibles sin plomo debería ser 0,003 g/l como máximo, actualmente tales gasolinas en nuestro país, están por debajo de 0,001 g/l

5.4 Toxicidad de los Gases de Escape

- **Hidrocarburos (C_xH_y):**

Sustancias aromáticas: Son consideradas cancerígenas y atacan al sistema nervioso.

Los hidrocarburos parafínicos tienen efecto narcótico e irritan las mucosas.

Los olefínicos y acetilenos en conjunto con los óxidos de nitrógeno son responsables del "smog fotoquímico".

- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x).**

Ocasiona irritación en los ojos, nariz, garganta y pulmones. Agrava enfermedades respiratorias. Es causante del "Smog fotoquímico".

- **Monóxido de Carbono(CO).**

Es responsable de dolores de cabeza, incomodidad, cansancio, palpitaciones cardíacas, vértigo y disminución de reflejos. En ambientes cerrados puede ocasionar la muerte.

5.5 Estadísticas de emisiones vehiculares

Es evidente que el parque automotor y el tráfico de vehículos no cesan de crecer, ya que el automóvil ha pasado de una situación de privilegio a ser un fenómeno social, es por eso que en los últimos años la contaminación ambiental ha crecido en cifras considerables. A continuación se describe algunas cifras estadísticas.

Cuadro 5.2

Contaminantes emitidos por el parque automotor en el año 1996

Tipo de contaminante	Promedio de emisiones anuales (TM/año)
Monóxido de carbono	1 765 800
Dióxido de Nitrógeno	72 189
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	198 625
Dióxido de azufre	11 430
Material en forma de partículas en suspensión	95 345

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Observaciones

Los problemas que han alcanzado proporciones altamente peligrosas en los últimos años son:

- Contaminación Ambiental
- Estado deficiente de los vehículos
- Congestionamiento vehicular, que ocasiona, mayormente en Lima Metropolitana, emisiones altamente peligrosas.

Conclusiones

- El parque vehicular nacional es mayormente antiguo y es frecuente observar vehículos con emisiones contaminantes (el 64,5 % de vehículos tiene más de 10 años)
- Tales emisiones contaminantes pueden ser reducidas a límites internacionalmente aceptados, aunque no en su totalidad, mediante revisiones técnicas periódicas.
- Sin embargo, como se ha visto, los gases de escape contienen componentes químicos altamente nocivos para la salud y cuya presencia en el ambiente no podrá ser eliminada sin el concurso de una acción multisectorial concertada.
- Tal es el caso del plomo que continuará dañando a nuestra población especialmente infantil, en tanto se siga comercializando gasolina con contenido de plomo.

El **cuadro 5.3** muestra mediciones realizadas en la ciudad de Lima, estas se refieren al plomo contenido en los filtros de PTS y PM10, los cuales debido al método de recolección empleados no pueden captar al plomo orgánico presente en la atmósfera, proveniente de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), y como consecuencia no se pueden cuantificar. Según los datos recolectados por MINSA-DIGESA en su "Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad del Aire-Informe evaluativo de la ciudad de Lima Metropolitana (Abril-Agosto 1999)" se ha hallado plomo en los filtros de PM10 según:

Plomo en PM10

Periodo Abril-Julio 1999

Norte: 0,165 a 0,483 ug/m³

Sur: 0,04 a 0,370 ug/m³

Centro: 0,031 a 0,513ug/m³

Este: 0,064 a 0,643 ug/m³

Callao: 0,041 a 0,865 ug/m³

Se observa que la norma de la OMS de 0,5 ug/m³, esta siendo sobrepasada.

Cuadro 5.3
Plomo en PM10

(Zona Lima Centro)-05 de Abril al 19 de Julio 1999

No de Muestras	Concentración Máxima			Concentración Mínima		
	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación
18	0,513	19-Junio	Breña	0,031	08-Mayo	Magdalena

(Zona Lima Este)-29 de abril al 09 de Agosto 1999

No de Muestras	Concentración Máxima			Concentración Mínima		
	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación
22	0,643	10-Julio	Vitarte	0,064	09-Agosto	Agustino

(Zona Lima Norte)-26 de Abril al 5 de Julio 1999

No de Muestras	Concentración Máxima			Concentración Mínima		
	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación
7	0,483	26-Abril	Comas	0,165	03-Julio	Comas

(Zona Lima Sur)-15 de Abril al 2 de Agosto 1999

No de Muestras	Concentración Máxima			Concentración Mínima		
	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación
26	0,37	21-May	S.J.Miraflores	0,04	28-Agosto	V.el Salvador

(Zona Lima Callao)-06 de Abril al 26 de Julio 1999

No de Muestras	Concentración Máxima			Concentración Mínima		
	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación	Conc.(ug/m ³)	Fecha	Estación
27	0,865	14-Mayo	Ventanilla	0,041	22-Agosto	Bellavista

Cuadro 5.3 continuación (PLOMO en PTS)

Plomo en PTS. S.J. Miraflores (Zona Lima Sur)

Mes	Nº de muestras	V.máx (ug/m ³)		V.Min(ug/m ³)		Prom. Mensual (ug/m ³)
		valor	fecha	valor	fecha	
Marzo	2	0,261	mier17	0,166	mier10	0,214
Abril	10	0,363	sab10	0,110	mier7	0,216
mayo	3	0,260	lun10	0,158	mier19	0,214
Junio	3	0,216	vier11	0,159	mier2	0,179
Julio	2	0,156	vier2	0,109	mier7	0,133
TOTAL	20					

Plomo en PTS. El Agustino(Zona Lima Este)

Mes	Nº de muestras	V.máx (ug/m ³)		V.Min(ug/m ³)		Prom. Mensual (ug/m ³)
		valor	fecha	valor	fecha	
Marzo	2	0,363	Mier17	0,351	Mier10	0,238
Abril	9	0,918	Sab10	0,149	Vier16	0,434
mayo	3	1,138	Mart11	0,488	Mier5	0,732
Junio	3	0,621	Mier9	0,299	Mier16	0,345
Julio	2	0,260	Mier7	0,244	Juev1	0,252
TOTAL	20					

Plomo en PTS. S.J. Miraflores (Zona Lima Sur)

Mes	Nº de muestras	V.máx (ug/m ³)		V.Min(ug/m ³)		Prom. Mensual (ug/m ³)
		valor	fecha	valor	fecha	
Abril	11	0,518	Mier14	0,013	Vier16	0,127
mayo	3	0,854	Lun10	0,089	Mier15	0,370
Junio	3	0,373	Mier9	0,073	Mier16	0,204
Julio	3	0,171	Mier14	0,063	Juev1	0,069
TOTAL	20					

Cuadro 5.3 continuación (PLOMO en PTS)

Plomo en PTS. Comas (Zona Lima Norte)

Mes	N° de muestras	V.máx (ug/m ³)		V.Min(ug/m ³)		Prom. Mensual (ug/m ³)
		valor	Fecha	valor	fecha	
Marzo	2	0,343	Mier17	0,311	Mier10	0,327
Abril	9	0,776	Vier9	0,239	Sab17	0,531
mayo	3	0,759	Lun10	0,356	Mier5	0,554
Junio	3	0,511	Mier9	0,442	Mier2	0,472
Julio	2	0,295	Mier7	0,228	Juev1	0,251
TOTAL	19					

Plomo en PTS. Conaco (Zona Lima Centro)

Mes	N° de muestras	V.máx (ug/m ³)		V.Min(ug/m ³)		Prom. Mensual (ug/m ³)
		valor	fecha	valor	fecha	
Enero	13	0,725	Mier27	0,263	Juev28	0,454
Febrero	15	0,860	Juev18	0,328	Mart9	0,501
Marzo	15	0,776	Mart25	0,254	Juev11	0,525
Abril	17	0,948	Juev15	0,342	Mier21	0,623
Mayo	16	1,102	Mier26	0,393	Lun31	0,620
Junio	15	0,906	Lun7	0,282	Mier30	0,526
Julio	8	0,590	Juev1	0,393	Lun19	0,464
Agosto	13	0,495	Mart17	0,223	Mier11	0,327
Septiembre	13	0,437	Juev9	0,214	Juev16	0,326
TOTAL	20					

5.6 Factores determinantes de la Calidad de Aire

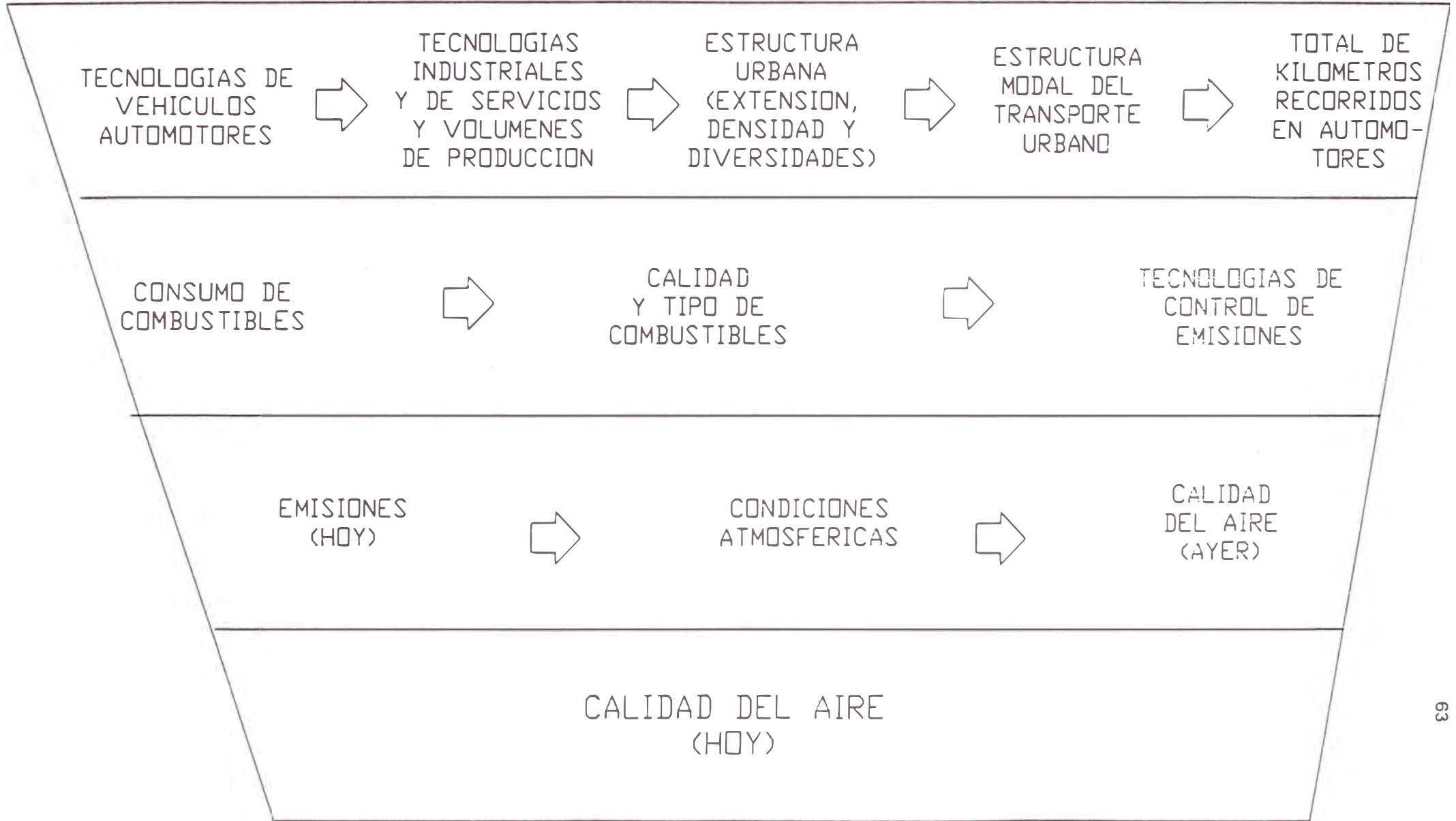
En el **cuadro 5.4**, se presentan factores determinantes la calidad de aire, se observa que la tecnología de los vehículos; la estructura urbana; el total de kilómetros recorridos por los automóviles; el consumo, calidad y tipo de los combustibles sumado a las condiciones atmosféricas de la región determinan la calidad del aire del medio ambiente, por lo que es necesario adoptar medidas conjuntas, destinadas a reducir las emisiones de los vehículos lo que ayudará a mejorar la calidad de aire.

5.6.1 Estrategias

- Mejoramiento e incorporación de nuevas tecnologías en vehículos automotores, la industria y servicios
- Mejoramiento y sustitución de energéticos
- Integración de Políticas metropolitanas (desarrollo urbano, transporte y ecología)
- Oferta amplia de transporte público seguro y eficiente
- Incentivos económicos
- Inspección y vigilancia
- Información y educación ambientales y participación social
- Revisiones técnicas continuas
- Cumplimiento de normas y reglamentos
- Combustibles alternativos menos contaminantes

CUADRO 5.4

FACTORES DETERMINANTES DE LA CALIDAD DEL AIRE



5.7 Normas de calidad de aire y salud ambiental

Las normas de calidad del aire fijan valores máximos permisibles de concentración de contaminantes, con el propósito de proteger la salud de la población en general y de los grupos de mayor susceptibilidad en particular, para lo cual se incluye un margen adecuado de seguridad. En nuestro país, no existen los recursos ni la infraestructura para realizar estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición, ni en animales ni en seres humanos, por lo que las normas se establecieron fundamentalmente tomando en cuenta los criterios y estándares adoptados en otros países del mundo.

Hace más de una década no hay revisiones técnicas en nuestro país, el parque automotor ha crecido y se ha incrementado el deterioro del ambiente por el mal estado de los vehículos.

De acuerdo a la Oficina de Recuperación Ambiental de la Municipalidad de Lima la falta de mantenimiento y control de los vehículos se convierte en un factor que contribuye con la contaminación ambiental de la ciudad cuyas consecuencias más lamentables, entre otros, es el aumento en el Centro Histórico, de los índices de partículas provenientes de la combustión de las unidades vehiculares y que ingresan a los pulmones.

Asimismo, estudios preliminares de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) indican que los grados de contaminación han provocado un incremento en el uso de inhaladores así como la presencia de plomo en la sangre de escolares.⁽¹¹⁾

Actualmente Asuntos Ambientales tiene por objetivo normar, promover y asesorar a la alta dirección del Ministerio de Energía y Minas, sobre asuntos ambientales.

⁽¹¹⁾ Fuente: El comercio, 15 de Enero de 1999

5.7.1 Normas Legales

Actualmente está vigente en nuestro país el reglamento para la protección ambiental en las actividades de Hidrocarburos D.S. N° 046-93-EM Título XVII N°2, mostrado en el **cuadro 5.5**, el cual muestra concentraciones máximas de contaminantes en el aire, pero no existe no existen límites para emisiones de plomo, si se aplicase normatividad para control de emisiones, los vehículos antiguos estarían fuera de servicio.

En el **cuadro 5.6** se presenta se presenta una propuesta de estándares de calidad del aire para la gestión local del área Metropolitana Lima-Callao.

Cuadro 5.5

Concentración Máxima Aceptable de Contaminantes en el Aire

Parámetro	Límite Recomendado
Contaminantes Convencionales	
Partículas, promedio 24 h.	120 ug/m ³
Monóxido de Carbono, promedio 1 h./8 h.	35 mg/m ³ /15 mg/m ³
Gases Acidos	
Acido Sulfúrico (H ₂ S) promedio 1h.	30 ug/m ³
Dióxido de Azufre (SO ₂) , promedio 24 h.	300 ug/m ³
Oxidos de Nitrógeno (NO _x) , promedio 24 h.	200ug/m ³
Compuestos orgánicos	
Hidrocarburos, promedio 24 h	15000ug/m ³

Fuente: DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales)

Cuadro 5.6

Propuesta de Estándares de calidad de aire para la Lima Metropolitana

Lima 2010 Lima 2002

Componente	Lineamiento OMS 1997/87 ug/m ³	ESTÁNDAR ug/m ³	INTERVALO PROMEDIO ug/m ³	ESTANDARES DIGESA ug/m ³	Registros máximos Observados en el centro de Lima por DIGESA
SO ₂	500 125 50	750 150 75	10 Min 24 hr 1 a	860 (x) 172	198 (21 feb 96)
NO ₂	200/400 40	400 80	24 hr 1 h 1 a	200 (x) 100	228 (06 May 96)
O ₃	-/150-200 120/100-120	200 150	1h 8 h	235	No evaluado
CO	30 000 10 000	30 000 10 000	1h 8 h	50 000 (x) 23 000	38 000- 133 000
PST	-/120 -	140 70	24 h 1 a	350 (x) 150 (x)	898 (06 Mar 96) 394 (29 Feb 96)
PM ₁₀	-/70 -	70 35	24 h 1 a	- -	No evaluado
Plomo	0.5	0.5	1 a	0.5	0.5 – 1.5 (21 Jul 98)

Fuente: Propuesta de estándares de calidad del aire para la gestión local del área metropolitana Lima-Callao. Municipalidad de Lima Metropolitana Mayo 1997

(x) No debe ser excedido más de una vez al año

Cuadro 5.7

Propuesta de estándares de plomo para Lima Metropolitana

Componente	Lima 2010	Lima 2002	Intervalo Promedio ug/m ³	Estándares DIGESA ug/m ³	Registros Máximos observados en el centro de Lima por DIGESA
	Lineamiento OMS 1997/87 ug/m ³	ESTANDAR ug/m ³			
PLOMO	0.5	0.5	1 a	0.5	0.5 –1.5 (21 Jul 96)

Fuente: Propuesta de estándares de calidad del aire para la gestión local del área metropolitana Lima-Callao. Municipalidad de Lima Metropolitana Mayo 1997

La propuesta del estándar 0.5 ug /m³ corresponde a los lineamientos de la OMS y DIGESA.

El **cuadro 5.8** con valores normados para los contaminantes del aire, propuestos por la Secretaría de la Salud y el **cuadro 5.9** presenta estándares de calidad de aire para plomo (Pb), propuesto por la OMS.

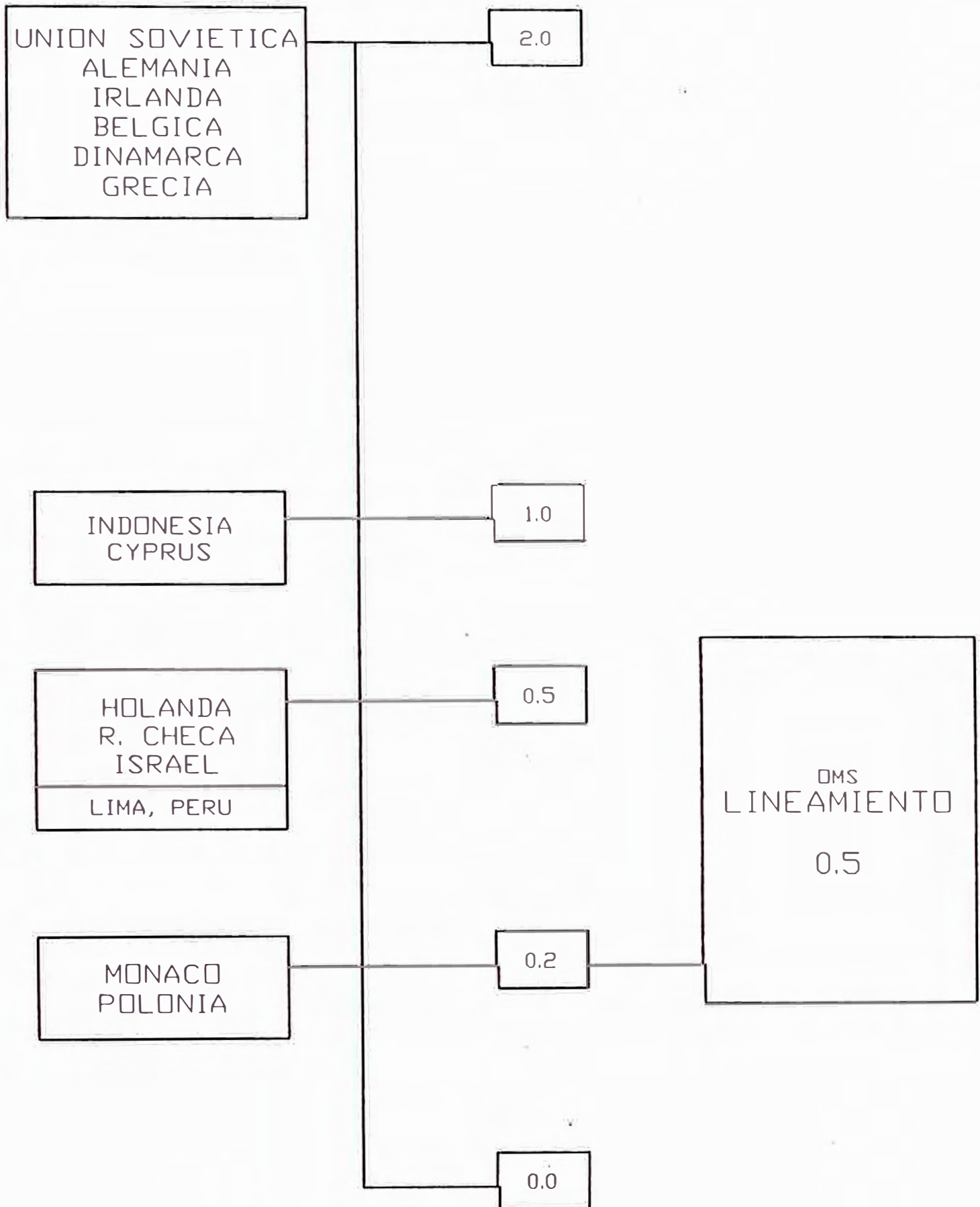
Cuadro 5.8 Valores normados para los contaminantes

Contaminante	Valores límite		
	Exposición aguda		Exposición crónica
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 Hora)	1 vez cada 3 años	–
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13 ppm (24 Horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (1 Hora)	1 vez al año	–
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 Horas)	1 vez al año	–
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m ³ (media aritmética anual)
Partículas fracción respirable (PM10)	150 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m ³ (media aritmética anual)
Plomo (Pb)	–	–	1.5 µg/m ³ (promedio aritmético en 3 meses)

Fuente: Diario Oficial de la Comunidad Europea, del 23 de Diciembre de 1994 (Secretaría de la Salud)

ESTANDARES DE CALIDAD DE AIRE PARA PLOMO Pb

PERIODO LARGO
1 AÑO



5.8 Monitoreo de la Calidad de Aire

El monitoreo de la calidad de aire es una fase fundamental de cualquier programa de control de la contaminación, porque permite determinar en donde están presentes los contaminantes, cuales son ellos y cuales son sus concentraciones.

Los datos de monitoreo atmosférico son útiles para:

Determinar a lo largo del tiempo niveles de calidad del aire.

Evaluar el avance en el cumplimiento de las normas de calidad de aire.

Establecer correlaciones entre la contaminación atmosférica y los efectos en la salud humana.

Los actuales sistemas de monitoreo se basan en diversas consideraciones, siendo las más relevantes las características químicas, el estado físico y la concentración esperada de los contaminantes.

Los contaminantes atmosféricos evaluados son:

1. Partículas Totales en suspensión (PTS)
2. Metales pesados (Plomo, Cadmio, Manganeso, Cobre, Hierro y Cromo)
3. Dióxido de Azufre(SO₂)
4. Dióxido de Nitrógeno(NO₂)
5. Monóxido de Carbono (CO)

Los métodos de muestro y el tiempo de muestreo de los contaminantes atmosféricos, se muestran en el **cuadro 5.10**

Para el caso del plomo se recomienda el Método ASTM-D3112 “Plomo en la Atmósfera por el procedimiento colorimétrico con ditizona”. Este método cubre la determinación de niveles bajos de plomo en la atmósfera. Este método involucra medidas de plomo particulado y vapores de plomo. Según el método, el plomo particulado es recolectado en un filtro eficiente.

Los vapores de plomo pasaran a través de un filtro de membrana 0,4um o un equivalente y se recogen varios compuestos de plomo tetralquil u otros productos parcialmente descompuestos o ambos.

Cuadro 5.10

Perú : patrón estándar de calidad de aire y métodos de muestreo, 1997

CONTAMINANTE	TIEMPO DE MUESTREO	PATRON (ESTANDAR)		METODO DE MUESTREO
		P.P.M.	(ug/m ³)	
DIOXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	24 Hrs. Media Aritmética Anual	0,30 + 0,06	- -	CONDUCTIMETRICO ó NEFALOMETRICO
MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSION	24 Hrs. Media Aritmética Anual	- -	350 + 150	MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN
MONOXIDO DE CARBONO	01 Hr. 08 Hrs	44+ 20	50000 23000	ABSORCION DE RAYOS INFRARROJOS NO DISPERSIVOS
OZONO (O ₃)	01 Hr.	0,12 +	235	METODO DE YODURO DE POTASIO
PLOMO	Media Aritmética Anual	-	0,5	ABSORCION ATOMICA
	Media Aritmética Mensual	-	1,5	
DIOXIDO DE NITROGENO	Media Aritmética Anual 24 Hrs.	- -	100 200 +	MODIFICACION DE SALTZMAN
(+) : No debe ser excedido más de una vez al año				
PPM : Partes por Millón				
FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) – DEEMA				

En el anexo 3 se muestra la metodología de muestreo y análisis de plomo total que realiza Digesa.

En los cuadros que se exponen a continuación se muestran valores del monitoreo atmosférico realizado por Digesa, se observa en el **cuadro 5.11** que en los meses de Abril, Junio, Julio, Agosto de 1998, las concentraciones de plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sobrepasan los límites permisibles propuestos por la OMS.

En el **cuadro 5.14** del monitoreo de Lima Metropolitana, realizado en la estación de muestreo CONACO, los valores de plomo se encuentran en un promedio de $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

En el **cuadro 5.20** se muestran los valores de plomo tomados en las principales ciudades, se observa valores altos en la ciudad de Iquitos y la Oroya, esto se debe a que en la Selva y Sierra el combustible mas usado es la gasolina de 84, por lo que una de las fuentes de contaminación por plomo proviene de ella.

Cuadro 5.11

LIMA METROPOLITANA: MONITOREO ATMOSFERICO, CONCENTRACION DE
 METALES PESADOS, SEGUN ESTACION DE MUESTREO CONACO, 1998
 Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MES	PLOMO (Pb)	CADMIO (Cd)	MANGANESO (Mn)	FIERRO (Fe)	COBRE (Cu)	ZINC (Zn)	CROMO (Cr)
ENERO	0,687	0,0022	0,0407	1,7442	0,0303	2,0123	0,0073
FEBRERO	0,815	0,0090	0,0999	5,3986	0,0510	0,4738	0,0091
MARZO	0,573	0,0023	0,0819	3,8625	0,0599	0,1783	0,0064
ABRIL	1,069	0,0075	0,0878	3,8677	0,0675	0,7322	0,0093
MAYO	0,629	0,0023	0,1371	3,7616	0,0550	1,5284	0,0055
JUNIO	0,852	0,0100	0,0704	2,7728	0,0659	1,4217	0,0091
JULIO	0,832	0,0011	0,0614	3,2254	0,0496	0,8266	0,0084
AGOSTO	0,815	0,0032	0,0857	4,6244	0,0763	0,6149	0,0249
SETIEMBRE	0,563	0,0019	0,0646	3,4403	0,0747	0,8339	0,0101
OCTUBRE	0,652	0,0037	0,1572	3,7040	0,0815	0,4225	0,0085
NOVIEMBRE	0,538	0,0110	0,0690	3,1840	0,0540	0,4790	0,0140
DICIEMBRE	0,608	0,0090	0,0740	3,5450	0,0670	0,3640	0,0110

Estación de muestreo CONACO : Intersección de Av. Abancay y Jr. Ancash.

Estos datos son concentraciones de promedio aritmético mensual de valores obtenidos en 24 horas

FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) – DEEMA

Cuadro 5.12

LIMA METROPOLITANA: MONITOREO ATMOSFERICO, CONCENTRACION DE PARTICULAS EN SUSPENSION, SEGÚN ESTACION DE MUESTREO CONACO, 1998

Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MES	PARAMETRO	CONCENTRACION ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ENERO	PTS	153,82
FEBRERO	PTS	274,19
MARZO	PTS	257,99
ABRIL	PTS	286,14
MAYO	PTS	251,37
JUNIO	PTS	270,77
JULIO	PTS	278,29
AGOSTO	PTS	304,86
SETIEMBRE	PTS	271,63
OCTUBRE	PTS	251,08
NOVIEMBRE	PTS	205,84
DICIEMBRE	PTS	254,93
Estación de muestreo CONACO : Intersección de Av. Abancay y Jr. Ancash.		
Estos datos son concentraciones de promedio aritmético mensual de valores obtenidos en 24 horas		
PTS : Partículas totales en suspensión		
FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) - DEEMA		

Cuadro 5.13

LIMA METROPOLITANA Y EL CALLAO: CONCENTRACION DE PARTICULAS
 TOTALES ENSUSPENSION PTS, PLOMO EN PTS (Pb) Y PARTICULAS MENORES
 A 10 MICRAS - PM10, SEGÚN DISTRITO, 1999
 Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

DISTRITO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION - PTS												
BELLAVISTA	94.4	138.9	114.4	116.9			77.2	125.7	90.8
COMAS	296.2	314.2	290.6	249.4			296.3	263.5	274.4
EL AGUSTINO	210.2	262.4	272.8					204.0	198.9
S.J. MIRAFLORES	217.9	198.3	177.3	146.5			181.4	169.2	145.1
PLOMO EN PTS - Pb												
BELLAVISTA	0.126	0.370	0.370	0.103	...	...	0.037	0.059	0.06
COMAS	0.54	0.57	0.47	0.26	...	...	0.39	0.37	0.32
EL AGUSTINO	0.441	0.732	0.422	0.260	...	...	0.291	0.197	0.205
S.J. MIRAFLORES
PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS - PM10												
ATE	317.9	370.3		255.8	...	295.6	...	...	...
BELLAVISTA	73.2	...	81.3	...	57.8	...	77.2	...	...
BREÑA	89.7	...	80.9	...	63.7	...	...	...	...
COMAS	250.9	...		180.1	...	...	...	...	...
EL AGUSTINO	175.4	...	104.7	...	...	...	...
S.J. MIRAFLORES	208.8	...	108.6	118.9	...	...	...	...
MAGDALENA	59.9	...	67.3	...	...	...	44.3	...
VENTANILLA	135.0	...	102.6	...	172.9	...	...	...
V. EL SALVADOR	127.1	...	105.5	...	87.4	...	106.1	...	...
FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)												

Cuadro 5.14

LIMA METROPOLITANA: MONITOREO ATMOSFERICO, CONCENTRACION DE PLOMO (Pb), SEGÚN ESTACION DE MUESTREO CONACO, 1998
Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MES	PARAMETRO	CONCENTRACION ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ENERO	Pb	0,687
FEBRERO	Pb	0,815
MARZO	Pb	0,573
ABRIL	Pb	1,069
MAYO	Pb	0,629
JUNIO	Pb	0,852
JULIO	Pb	0,832
AGOSTO	Pb	0,815
SETIEMBRE	Pb	0,563
OCTUBRE	Pb	0,652
NOVIEMBRE	Pb	0,538
DICIEMBRE	Pb	0,608
Estación de muestreo CONACO : Intersección de Av. Abancay y Jr. Ancash.		
Estos datos son concentraciones de promedio aritmético mensual de valores obtenidos en 24 horas		
FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) - DEEMA		

Cuadro 5.15

**AREQUIPA: MONITOREO ATMOSFERICO, CONCENTRACION DE PARTICULAS
 TOTALES EN SUSPENSION Y METALES PESADOS, SEGÚN ESTACION DE
 MUESTREO GOYONECHE , 1998**

Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MES	PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION (PTS)	COBRE (Cu)	PLOMO (Pb)	CADMIO (Cd)	CROMO (Cr)	MANGANESO (Mn)	FIERRO (Fe)	ZINC (Zn)
ENERO	...	...	...	...	...	...	...	...
FEBRERO	224,74	0,080	0,3675	0,001	0,0065	0,0400	2,8440	0,3085
MARZO	236,75	0,101	0,4790	0,001	0,0037	0,0383	2,3000	1,9670
ABRIL	247,94	0,059	0,5685	0,003	0,0050	0,0395	2,2225	1,9020
MAYO	210,90	0,068	0,4640	0,001	0,0010	0,0380	1,9100	0,3497
JUNIO	262,49	0,088	0,7653	0,001	0,0013	0,0460	2,6673	0,2720
JULIO	292,85	0,090	0,4910	0,005	0,0050	0,0410	2,4090	0,2940
AGOSTO	268,66	0,134	0,3360	0,003	0,0050	0,0550	3,6100	0,2940
SETIEMBRE	258,73	0,080	0,7500	0,002	0,0030	0,0540	3,4790	0,2860
OCTUBRE	228,58	0,073	0,6080	0,004	0,0080	0,0630	2,6390	0,1890
NOVIEMBRE	258,13	0,066	0,5390	0,004	0,0040	0,0590	2,9870	0,1780
DICIEMBRE	227,13	0,045	0,1720	0,009	0,0090	0,0540	2,6310	0,2860

Estos datos son concentraciones de promedio aritmético mensual de valores obtenidos en 24 horas

FUENTE : DIRECCION GENERAL DE SALUD - Dirección Ejecutiva de Ecología y Medio Ambiente-DEEMA

Cuadro 5.16

ILO: MONITOREO ATMOSFERICO, CONCENTRACION DE PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION Y METALES PESADOS, SEGÚN ESTACION DE MUESTREO CENTRO DE SALUD MIRAMAR, 1998
Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MES	PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION (PTS)	PLOMO (Pb)	COBRE (Cu)	CADMIO (Cd)	CROMO (Cr)	MANGANESO (Mn)	FIERRO (Fe)	ZINC (Zn)
ENERO	62,49	0,0422	0,1282	0,0025	0,0058	0,0018	0,0418	1,0683
FEBRERO	132,56	0,1542	0,2527	0,0107	0,0075	0,0303	2,0262	1,8967
MARZO	104,70	0,1633	0,5899	0,0115	0,0075	0,0141	0,8860	1,4378
ABRIL	115,24	0,0434	0,5401	0,0093	0,0088	0,0541	0,8337	2,3621
MAYO	120,68	0,2494	0,4633	0,0117	0,0610	0,0179	1,0380	2,0417
JUNIO	227,40	0,2791	0,7041	0,0144	0,0103	0,0409	2,5466	1,5751
JULIO	158,66	0,0433	0,1630	0,0024	0,0110	0,0270	1,7026	2,1243
AGOSTO	117,90	0,0977	0,1831	0,0041	0,0213	0,0144	0,9433	0,0411
FUENTE : DIRECCION GENERAL DE SALUD - Dirección Ejecutiva de Ecología y Medio Ambiente-DEEMA								

Cuadro 5.17

TACNA: MONITOREO ATMOSFERICO, PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION Y PLOMO, SEGÚN ESTACION DE MUESTREO, 1999 1/
Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

CODIGO	ESTACION DE MUESTREO	FECHA DE MUESTREO	Nº MUESTRA	CONCENTRACION ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	
				PTS (**)	PLOMO (Pb)
T-1	C.S. Bolognesi	12 al 13.01.99	M-1	207,92	0,039
		13 al 14.01.99	M-2	211,27	0,048
		14 al 15.01.99	M-3	335,75	0,078
		15 al 16.01.99	M-4	250,36	0,059
		16 al 17.01.99	M-5	176,13	0,042
		PROMEDIO		236,29	0,053
T-2	Estación de Bomberos	12 al 13.01.99	M-1	119,03	0,051
		13 al 14.01.99	M-2	64,24	0,029
		14 al 15.01.99	M-3	95,84	0,037
		15 al 16.01.99	M-4	79,57	0,028
		16 al 17.01.99	M-5	48,08	0,018
		PROMEDIO		81,50	0,032
T-3	C.S. San Francisco	12 al 13.01.99	M-1	129,63	0,039
		13 al 14.01.99	M-2	88,11	0,023
		14 al 15.01.99	M-3	-	-
		15 al 16.01.99	M-4	96,86	0,017
		16 al 17.01.99	M-5	86,29	0,022
		PROMEDIO		100,22	0,025
T-4	C.S. Ciudad Nueva	12 al 13.01.99	M-1	156,12	0,068
		13 al 14.01.99	M-2	101,16	0,045
		14 al 15.01.99	M-3	100,39	0,042
		15 al 16.01.99	M-4	121,57	0,029
		16 al 17.01.99	M-5	102,14	0,035
		PROMEDIO		116,28	0,044

* Microgramos por metro cúbico de aire

1/. Enero 1999.

(**) Partículas Totales en Suspensión

FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) – DEEMA

Cuadro 5.18

SAN JUAN DE LURIGANCHO: CALIDAD DEL AIRE, CONCENTRACION DE METALES PESADOS, SEGUN ESTACION DE MUESTREO, 1998 1/.

Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ESTACION	ZONIFICACION	COBRE (Cu)	CADMIO (Cd)	CROMO (Cr)	MANGANESO (Mn)	FIERRO (Fe)	ZINC (Zn)
E-1	RESIDENCIAL	0,091	0,0048	0,0248	0,250	9,09	0,842
E-2	COMERCIAL	0,049	0,0009	0,0175	0,056	3,79	0,629
E-3	RESIDENCIAL	0,041	0,0013	0,0013	0,069	3,93	0,490
E-4	COMERCIAL	0,046	0,0021	0,0009	0,063	4,18	0,372
E-5	COMERCIAL	0,052	0,0078	0,0165	0,076	8,73	0,594
E-6	COMERCIAL	0,120	0,0009	0,0039	0,045	2,64	3,608
E-7	COMERCIAL	0,055	0,0008	0,0068	0,037	2,61	0,408
E-8	RESIDENCIAL	0,020	0,001	0,0018	0,118	2,34	0,270
1/. Enero - Febrero 1998.							
FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) – DEEMA							

Cuadro 5.19

SAN JUAN DE LURIGANCHO: CALIDAD DEL AIRE, CONCENTRACION DE PLOMO (Pb), SEGUN ESTACION DE MUESTREO, 1998 1/.
 Concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ESTACION		PARAMETRO	CONCENTRACION ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
E-1	RESIDENCIAL	Pb	0,75
E-2	COMERCIAL	Pb	1,02
E-3	RESIDENCIAL	Pb	0,27
E-4	COMERCIAL	Pb	0,78
E-5	COMERCIAL	Pb	0,17
E-6	COMERCIAL	Pb	0,46
E-7	COMERCIAL	Pb	0,13
E-8	RESIDENCIAL	Pb	0,11
1/. Enero - Febrero 1998.			
FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) – DEEMA			

Cuadro 5.20

CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO (CO), DIOXIDO DE AZUFRE (SO₂), DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂), PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION (PTS), PLOMO (Pb), Y PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS (PM₁₀), SEGÚN PRINCIPALES CIUDADES, 1999

PARAMETRO	VALORES OBTENIDOS (ug/m ³)		FECHA	LINEAMIENTOS OMS 24 HORAS
CIUDAD DE CUSCO				
DIOXIDO DE AZUFRE	MAX	42.04	01/10/99	125
	MIN	3.52	02/10/99	
DIOXIDO DE NITROGENO	MAX	136.57	01/10/99	150
	MIN	36.78	02/10/99	
PTS	MAX	240.03	28/09/99	120
	MIN	44.53	02/10/99	
PLOMO	MAX	0.20	30/09/99	*
	MIN	0.03	02/10/99	
PM ₁₀	MAX	95.92	28/09/99	70
	MIN	79.68	29/09/99	
CIUDAD DE IQUITOS				
DIOXIDO DE AZUFRE	MAX	47.36	26/10/99	125
	MIN	2.88	29/10/99	
DIOXIDO DE NITROGENO	MAX	9.68	26/10/99	150
	MIN	4.37	29/10/99	
PTS	MAX	305.05	27/10/99	120
	MIN	17.05	29/10/99	
PLOMO	MAX	1.213	27/10/99	*
	MIN	0.03	29/10/99	
PM ₁₀	MAX	83.34	25/10/99	70
	MIN	29.95	29/10/99	
CIUDAD DE LA OROYA				
DIOXIDO DE AZUFRE	MAX	1415.80	01/09/99	125
	MIN	126.90	04/09/99	
DIOXIDO DE NITROGENO	MAX	87.69	04/09/99	150
	MIN	29.25	03/09/99	
PTS	MAX	283.42	04/09/99	120
	MIN	78.42	02/09/99	
PLOMO	MAX	27.23	02/09/99	*
	MIN	0.904	04/09/99	

CIUDAD DE TACNA				
DIOXIDO DE	MAX	11.85	12/01/99	125
AZUFRE	MIN	1,058	13/01/99	
PTS	MAX	335.75	14/01/99	150
	MIN	48.08	16/01/99	
PLOMO	MAX	0.078	14/01/99	*
	MIN	0.017	15/01/99	
PARTICULAS	MAX	2.50	11 al 26 de enero	0,5 mg/cm2/mes
SEDIMENTALES	MIN	0.45	11 al 26 de enero	
* OMS no tiene valores para plomo en 24 Hrs. FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)				

CAPITULO VI

ANÁLISIS DEL USO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de esta tesis es analizar las alternativas al uso del plomo en las gasolinas. El retiro del compuesto antidetonante TEL (plomo tetraetílico) en la formulación de las gasolinas es una tendencia mundial cuyo objetivo, es la reducción de sus efectos nocivos en las emisiones vehiculares. Los costos para la sociedad de los programas de retiro de plomo son altos y toman tiempo en ejecutarlos.

Las refinerías requieren efectuar inversiones significativas en un periodo corto mientras que los usuarios son presionados hacia la más rápida renovación del parque automotor.

Cabe destacar que el reemplazar el TEL por otro elevador de octanaje nos dará siempre contaminación y riesgos a la salud, es necesario encaminar al país hacia la búsqueda de combustibles alternativos menos contaminantes.

Se ha tomado como base la apreciación global de la Agencia de Protección Medioambiental **EPA** (400-F-92-008 Agosto 1994) que considera a los siguientes como combustibles limpios:

- Electricidad
- Metanol
- Etanol
- Gas Natural

Se analizó el por qué cambiar a combustibles limpios, se fundamentó el hecho de que el transporte masivo se alimenta en su mayoría de gasolina y combustible diesel, pero cualquier número de fuentes de energía es capaz de impulsar los vehículos de motor, como los mencionados anteriormente.

Algunos combustibles de vehículos, debido a las propiedades físicas o químicas de éstos, crean menos polución que las gasolinas de hoy, a éstos EPA los llama "**combustibles limpios**".

Los automóviles que operan con gasolina plomadas, emiten mezclas complejas de compuestos de plomo que llevan a la formación del ozono; muchos de estos compuestos son tóxicos.

Mucho se ha hecho para reducir la contaminación automovilística, se han desarrollado tecnologías, inspecciones y programas de mantenimiento, pero cada año se ve más automóviles en el camino; mientras van viajando más millas, la contaminación aumenta, las medidas tomadas para controlarlas hasta ahora no han sido suficientes para resolver el problema del ozono en muchas ciudades grandes.

Los combustibles limpios tienen varias propiedades inherentes que les hacen ser más limpios que la gasolina convencional. En general, estos combustibles emiten menos hidrocarburos, y estos son menos reactivos (más lento para formar el ozono) y menos tóxicos. Las emisiones de electricidad, el gas natural, o alcohol pueden ser hasta 90 por ciento menos tóxico, que las emisiones de vehículos alimentados con la gasolina convencional. Las nuevas formulaciones de gasolina (gasolinas reformuladas) se espera que reduzcan estas emisiones a un 25% por debajo de las emisiones de la gasolina de hoy.

El implantar combustibles limpios, pueden beneficiar al país y llegar más allá de las ventajas que el combustible ofrezca al consumidor, además de dar nuevas opciones a los consumidores podrían en un futuro disminuir nuestra dependencia de las gasolinas provenientes de crudo.

Los consumidores deben aceptar los nuevos vehículos y combustibles, y el gobierno e industria deben cooperar para asegurar su disponibilidad. Tomará un esfuerzo convenido de todos los sectores de la sociedad el inicio de su uso, pero a largo o corto plazo es la manera más viable para que muchas ciudades y países, logren respirar un aire limpio y saludable.

El uso de GNC y GLP como combustible alternativo en el sector transporte del Perú, dependerá principalmente de la población y del tipo de vehículo existente, la economía de conversión, y disponibilidad de estaciones del servicio, del combustible alternativo.

Perú tiene aproximadamente 1 millón de vehículos para una población de 27 millones, es decir 1 vehículo por 25 personas. El número de vehículos ha estado aumentando, aproximadamente 7% por año.

Más de las dos terceras partes de los vehículos del Perú se localizan en Lima y el 62% de los taxis registrados en la capital tienen por los menos 20 años de antigüedad. Esta concentración de vehículos en Lima y su antigüedad refuerza las perspectivas para la conversión a combustibles alternativos.

La experiencia en otros países como Argentina ha demostrado que las personas sólo realizarán la conversión de su vehículo para el uso de combustibles alternativos si el tiempo para la recuperación de la inversión adicional (el periodo del reembolso) es menos de un año.

Las proporciones altas de conversión, sólo ocurren si el periodo del reembolso es menor de 6 meses, porque los usuarios del vehículo normalmente tendrán que sacrificar comodidad por el espacio que ocupa el GNC o GLP debido a los requisitos de almacenamiento de combustible. Además, tendrá que asegurar la disponibilidad de suministro de combustible, la recuperación de la inversión en la reventa y la disponibilidad de servicio de mantenimiento, etc.

El aumento principal en el uso de GLP, GNV u otro combustible alternativo estará dado por los taxis. Los camiones pequeños también convertirán, debido a su proporción de consumo de combustible más alta y disponibilidad de espacio por el tanque de conversión.

La disponibilidad de GLP o GNV proveniente de Camisea reforzará las perspectivas para el uso de GLP (inicialmente), porque el Perú probablemente cambiará de ser un importador neto de GLP a un exportador neto. El precio en el interior de Perú cambiará de estructura, entonces el precio internacional más el costo de la descarga y almacenamiento, será equivalente al precio internacional menos el costo de carga y almacenamiento. La magnitud de este cambio será pequeña respecto al precio del menudeo pero pondrá la presión en el mercado para aumentar el precio de la gasolina sobre el GLP y reforzar la economía de la conversión.

El uso de GNV como combustible en el sector transporte requiere la inversión en un sistema de suministro de combustible dramáticamente diferente. El gas tiene que ser tomado de un sistema de distribución de gas, normalmente a una presión de 50 a 150 psi, y comprimido a 3000 psi, en los tanques de GNV de vehículos. En un futuro, y con la explotación del gas de Camisea, su uso podrá ser rentable.

Según estadísticas, de los 936 000 vehículos que había en el Perú en 1996, se localizó 68% Lima. Esta concentración de vehículos en Lima es positiva para poder realizar la conversión de los vehículos a los combustibles alternativos.

Los vehículos que utilizan gasolina representan el mercado potencial primario de GLP y GNV. Según estadísticas había 61,000 taxis registrados en Lima en enero de 1999 ⁽¹²⁾

6.1 Desarrollo de mercado de combustibles alternativos en el Perú

En el mercado de los combustibles, las personas tomarán las decisiones de la compra del tipo de combustible que ellos usarán principalmente en sus vehículos basándose en los factores siguientes, alineados más o menos en el orden de importancia para la mayoría de los compradores:

1. La disponibilidad del combustible en los grifos cuando se necesite
2. La disponibilidad de dinero o financiamiento para la conversión adicional
3. El costo adicional para el combustible alternativo.
4. Proporción del combustible de acuerdo al consumo (km/gl)
5. Precios diferenciales entre la gasolina y el combustible alternativo
6. La distancia de viaje del vehículo por año
7. Reembolso periódico para la recuperación de costo adicional de combustible alternativo
8. La vida restante de vehículo
9. La condición del vehículo

⁽¹²⁾ Fuente Superintendencia Nacional de Registros Públicos D -Dirección de Parque Automotor

10. La conveniencia personal de uso del vehículo (es decir dejando el espacio del tanque original por el tanque extra)
11. La confianza de seguridad del combustible alternativo
12. Expectativas en los precios futuros del combustible alternativo
13. Costos de mantenimiento
14. Aceptación del mercado del combustible alternativo (el valor de re-venta de vehículo)

Según las experiencias de otros países, la aceptación de los combustibles alternativos, depende si la persona tiene el dinero para financiar la conversión, en la mayoría de los casos el cambio está incentivado por el estado, en ambos casos, las personas no pagarán la conversión a un combustible alternativo si el reembolso es mayor de un año, y preferentemente si es de seis meses o menos. En el caso de negocios (empresa de taxis), un reembolso de 18 meses puede ser aceptable.

A continuación, se hará un resumen de las ventajas de GNV, GLP y etanol; posteriormente, se hará el análisis económico para el reemplazo de gasolina de 84 octanos por GLP, considerando que nuestro país se encuentra más cerca a la explotación del gas natural y el uso del GLP automotor, podrá incrementarse, teniendo en cuenta que ya se tiene la tecnología para el cambio.

Gas Natural como combustible alternativo

Hoy en día muchos países ya están comenzando a tener coches que utilizan gas natural como combustible, no sólo por la economía sino por sus cualidades de limpieza en la combustión. Italia tiene ya 30,000 coches con gas natural, Nueva Zelanda 150,000 y Canadá 20,000, en América Latina, Venezuela, Argentina y Brasil, también utilizan el gas natural en vehículos.

6.2 Gas Natural

Es un hidrocarburo, compuesto fundamentalmente por metano, el cual es obtenido con el procesamiento del gas producido conjuntamente con el petróleo. Este gas metano llega directamente a las ciudades que poseen ductos de gas a través de las redes de transmisión y distribución. En el campo automotor este gas es conocido como Gas Natural para Vehículos (GNV) ó Gas Natural Comprimido(GNC).

Al ser tan pequeño, el metano no libera grandes emisiones a la atmósfera, siendo así el combustible alternativo menos contaminante.

6.3 Usos del gas

Como elemento energético se utiliza de manera directa o se convierte a otros tipos de energía. Por ejemplo, la producción de electricidad. Analicemos la necesidad del fluido eléctrico en todas las manifestaciones de la vida diaria y, de manera automática, se aceptará la importancia del gas natural. Éste se emplea en sustitución de la gasolina de motor. Con este combustible los motores duplican su vida útil. Eso quiere decir que si en lugar de la gasolina utilizáramos el gas, nuestros vehículos durarían el doble del tiempo sin reparaciones.

El gas natural que llega por las tuberías también se utiliza en el automovilismo. En ese caso, se comprime a 3000 libras por pulgada cuadrada, se almacena en una tanque de alta presión y se conduce hasta el carburador colocándole reguladores de presión. El suministro es exactamente igual a lo que se hace al poner gasolina.

Este combustible gaseoso tiene, a su vez, la ventaja de que no contamina el ambiente, como ocurre con el plomo de las gasolinas.

6.4 Características del Gas Natural para vehículos

A diferencia del Gas Licuado de Petróleo, GLP, el cual se almacena, se transporta y comercializa en tanques o camiones cisternas presurizados, el Gas Natural para Vehículos (GNV), es un combustible que una vez separado del crudo y procesado, se transporta siempre en forma gaseosa hasta los centros de consumo por la red nacional de gasoductos. El gas natural se comprime a 3000 psi, por lo tanto las consideraciones de aquí en adelante serán para el gas natural comprimido(GNC).

Todas las funciones que realiza el gas GLP (en la caldera, estufas, hornos, y otros aparatos) pueden realizarlas el gas natural.

El GNV es un buen combustible para los automóviles porque posee un octanaje de **130 Octanos Research (RON)**, lo cual significa que puede ser usado, sin ningún tipo de problema, en cualquier tipo de vehículo tanto de baja como de alta compresión. Además, su uso significa ahorros en el mantenimiento de los vehículos, ya que se incrementa la vida útil de ciertos componentes como bujías, sistema de escape, carburador y aceites lubricantes. El GNV se mide en metros cúbicos, siendo el rendimiento equivalente aproximado a 1.10 litros de gasolina. En otras palabras, un vehículo puede recorrer alrededor de un 10 % más con un metro cúbico de gas que con un litro de gasolina.

Existen vehículos, que solamente tienen motor para gas natural, sin embargo también hay motores capaces de utilizar dos combustibles, gasolina y gas natural. Así que cuando el conductor no tiene acceso a gas natural presiona un botón y su motor se alista para recibir gasolina.

Grandes empresas de automóviles como GMC/Chevrolet, Ford y Chrysler están produciendo coches capaces de utilizar al gas natural.

6.5 Desarrollo de Mercado del Gas Natural para vehículos (GNC)

El **cuadro 6.1** muestra el número de vehículos a gas natural y el total de estaciones de servicio en el mundo, estimado en 1997. A continuación, se hace una breve reseña del uso del GNV en algunos países.

Cuadro 6.1
Países que usan Gas Natural para vehículos

PAIS	VEHICULOS A GNV	ESTACIONES DE SERVICIO
Argentina	385,000	504
Italia	290,000	280
Russia	205,000	187
Nueva Zelanda	25,000	245
Canada	17,200	120
Brazil	14,000	39
Colombia	4,600	22
Indonesia	3,000	12
India	2,500	6
Pakistan	2,500	12
Alemania	2,415	55
China	2,000	10
Venezuela	1,500	20
Australia	1,000	35
Francia	869	9
Iran	800	1
Japón	798	37
Holanda	535	15
Bolivia	400	6
Inglaterra	370	15
Chile	200	2

Fuente: PALEGAS –Gas Natural para vehículos-PDVSA (Venezuela)

Experiencia Canadiense

El número de vehículos que operan con GNC desde 1994 para adelante se muestra en el **cuadro 6.2**. El número de vehículos no ha cambiado significativamente en los últimos 3 años.

Cuadro 6.2
Vehículos con GNC en Canadá

AÑO	NUMERO DE VEHICULOS QUE OPERAN CON GNC
1994	19,737
1995	21,357
1996	21,476
1997	21,305

Fuente: Instituto Canadiense de desarrollo de la industria del petróleo

Los precios del GNC varían entre rangos de US\$ 2,41 a US\$ 4,23 menos que las gasolinas y de US\$ 1,30 a US\$ 4,00 menos que diesel. El precio de GNC se ha quedado relativamente inalterado mientras que los precios de gasolina han variado. Los equipos de la conversión deben ser aprobados por las agencias gubernamentales en la mayoría de las provincias antes de que ellos puedan instalarse, principalmente para asegurar que no aumenten la cantidad de polución aérea. El costo de conversión es de US\$ 3000 aproximadamente.

Experiencia Americana

A finales de 1997, 70360 vehículos a GNC estaban en funcionamiento, el 56% incentivada por los Gobiernos Federales o Estatales. La tendencia obligaba a usar los vehículos de GNC en los EE.UU. con la finalidad de reducir la contaminación ambiental. Para este año está proyectado que las compras estatales y federales de vehículos con combustible GNC deben comprender el 75% de la compra anual y considerar que el GNC, es el combustible alternativo dominante que se compra. El precio diferencial del GNC americano y la gasolina era de US\$ 4,45 por MMBTU en 1996/97

Experiencia Argentina

En 1984, el Gobierno Central Argentino tomó una decisión en la política de cambio, para provocar un cambio masivo en los automóviles, imponiendo incentivos y legislaciones sobre el consumo de GNC. El uso de GLP en los vehículos se prohibió en ese momento y actualmente, ya no se bajaron los impuestos en el diesel, debido a su importancia como combustible para el transporte público y la agricultura de Argentina y se levantaron los impuestos dramáticamente en las gasolinas.

Cuadro 6.3

Estructura de precios de GNC en Argentina

	US\$/ Metro Cúbico		US\$/ MMBTU
	Mínimo	Máximo	Promedio
Producción	0,0400	0,0500	1,26
Transporte	0,0015	0,0040	0,07
Distribución	0,0400	0,0500	1,26
Comercialización	0,0030	0,0040	0,10
Refuelling	0,1100	0,1300	3,37
Impuestos	0,0770	0,1100	2,62
Precio Real	0,2715	0,3480	8,68

El diferencial entre la gasolina y el GNC esta entre \$14,26 y \$21,87 por MMBTU. Este diferencial fue tan grande, que provocó una fuerte tendencia a la conversión de más de 480,000 automóviles a GNC; la construcción de más de 650 estaciones de servicio, y certificación de 589 talleres para la conversión de los vehículos. Las conversiones alcanzaron un máximo en 1994. El desarrollo del GNC, se facilitó por la construcción de una red de tubería de gas natural extensa a lo largo de la mayoría de los centros urbanos.

6.6 Requerimientos para convertir un vehículo a GNV

El vehículo debe estar en buenas condiciones de funcionamiento; es decir, no presentar problemas con el motor. El GNV para ser utilizado como combustible alternativo a la gasolina requiere de la instalación de un equipo de conversión:

- 1-Uno o varios cilindros de acero de alta resistencia para almacenar el gas a una presión de 3000 psi, equipados con válvulas con dispositivos de seguridad.
- 2-Un regulador para reducir la alta presión del gas almacenado en los cilindros.
- 3-Un mezclador de aire-gas, adaptado al carburador ya existente de gasolina.
- 4-Válvulas para el llenado y control del sistema.
- 5-Indicador eléctrico del contenido de GNV en los cilindros.
- 6-Selector de combustible GNV / gasolina.
- 7-Módulo de control de encendido, que adapta la curva de encendido del vehículo a las características del GNV en el sistema dual gasolina / GNV.

La conversión de un motor a gasolina para operar con GNV no involucra ninguna modificación del motor o remoción de algún componente, sólo la incorporación de los elementos antes mencionados.

6.7 Uso dual de GNV y gasolina

Al convertir el vehículo para que funcione con GNV, se puede seguir usando gasolina, porque los equipos que se instalan, dependiendo del tipo de carro trabajan en forma dual (gasolina / GNV). El equipo de GNV cuenta con un selector de combustible ubicado en el tablero. El conductor puede seleccionar el combustible que desee utilizar, bien sea gasolina o GNV, inclusive en movimiento. Al usar GNV, la potencia del vehículo disminuye ligeramente; es decir, existe una ligera pérdida de potencia en ciertos vehículos, la cual se manifiesta mayormente en el arranque (pique) y en cuestas pronunciadas. En muchos casos, es casi imperceptible, similar al de encender el aire acondicionado del vehículo.

En lo que se refiere al cambio de equipo para GNV, el cambio es sencillo; los talleres mecánicos que pueden instalar el equipo de GNV, deberán estar autorizados debidamente por el Ministerio de Energía y Minas, para realizar el trabajo, previo cumplimiento de una normativa existente. Estos talleres deberían disponer de instalaciones, equipos y herramientas apropiadas y poseer la representación de equipos de conversión de reconocida calidad, homologados a escala internacional, los que deberían asegurar la calidad de conversión en los vehículos a GNV.

6.8 Ventajas

Como es bien sabido, el gas natural es un hidrocarburo compuesto básicamente por metano y etano, ambos le dan las características a este combustible. Los vapores del gas natural, son más ligeros que el aire, por lo que al escaparse el gas, tenderá a elevarse y disiparse en la atmósfera, disminuyendo el riesgo en su uso. La densidad relativa del gas natural en promedio es de 0,60, característica que permite manejarlo con gran seguridad. Si colocamos una pequeña cantidad de gas en una atmósfera cerrada de aire y se intenta encender la mezcla, se observa que solamente en contados casos tiene lugar explosión o combustión. Como resultado de lo anterior, se puede observar que para un gas o mezcla de gases existen límites muy discretos en que se produce combustión.

La amplitud de los límites de inflamabilidad está determinada por muchos factores tales como: El índice de reactividad química, la conductividad térmica, la estabilidad del componente combustible, velocidad molecular, calor desarrollado en la reacción.

Por otro lado, es interesante hacer notar que el poder calorífico de los gases se encuentran en un margen estrecho en los límites explosivos superiores, como se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 6.4

Poder Calorífico de los componentes en los límites de inflamabilidad superiores

H ₂	Hidrógeno	2160 Kcal/Kg
CH ₄	Metano	1335 Kcal/Kg
C ₂ H ₆	Etano	1960 Kcal/kg
CO	Oxido de carbono	2140 Kcal/kg
C ₃ H ₈	Propano	2310 Kcal/Kg
C ₃ H ₆	Propileno	2350Kcal/Kg
C ₄ H ₈	Butileno	2647Kcal/Kg

Fuente: <http://khufu.com/palegas/gnv.html>

Además se puede mencionar las siguientes cualidades:

- No contamina el ambiente
- Mantiene limpio el aceite y los filtros
- Mayor octanaje que el de 95 y 97 de gasolina
- No produce hollín
- No necesita aditivos
- Seguridad: Todas sus válvulas están calibradas por debajo de la Presión Atmosférica.

6.9 Emisión de contaminantes del Gas Natural

Las emisiones típicas de los contaminantes que se obtienen a partir de los combustibles utilizados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.1

Emisión típica de contaminantes por Kg. de petróleo equivalente (g/Kg)

Combustible	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	HC	Partículas
Gasolina	2,979	0,608	0,017	0,0028	0,0029	0,0017
Diesel	3,088	0,0026	0,052	0,0028	0,0062	0,0184
Combustóleo	3,268	0,0005	0,0086	0,0590	0,0039	0,0285
Gas Natural	2,347	0,0008	0,0104	0,0004	0,0003	0,0011
GLP	2,657	0,0010	0,012	0,0010	0,0015	0,0012
Carbón	3,941	0,0004	0,031	0,0227	0,0002	0,0070

La combustión del gas natural prácticamente no da como resultado emisiones de bióxido de sulfuro, que mezclados con el vapor de agua promueven la formación de la llamada lluvia ácida o partículas que son cancerígenas. Asimismo, el gas natural emite cantidades mucho menores de monóxido de carbono, hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y bióxido de carbono que otros combustibles fósiles. Una manera en la que el gas puede contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad de aire es en el transporte. Por ejemplo, los vehículos que funcionan con gas natural pueden reducir las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos reactivos en un 90%, en comparación con los vehículos que utilizan gasolina.

6.10 Seguridad del GNV como combustible

El GNV por sus propiedades es el combustible más seguro, debido a que es más liviano que el aire y se disipa rápidamente, mientras que los vapores de la gasolina y el GLP son más pesados que el aire, por lo tanto, pueden acumularse en lugares poco ventilados, creando mezclas potencialmente explosivas.

Otra de las ventajas del GNV es que no existe ningún peligro dentro del vehículo, los equipos y componentes que conforman el sistema de conversión en el vehículo, poseen dispositivos que prácticamente eliminan el riesgo de daños a personas y objetos.

El GNV es un combustible limpio. Los productos resultantes de su combustión producen menos contaminación ambiental en comparación con los otros combustibles como la gasolina y el diesel.

6.11 Rentabilidad

La rentabilidad de la instalación de un equipo de GNV para un automóvil particular depende del consumo diario de gasolina del automóvil. Si el vehículo tiene un uso normal, la recuperación del costo del equipo será lenta. Caso contrario, si el vehículo es muy usado como, un microbús, camión, taxi, etc. la recuperación de esa inversión será más corto.

6.12 Costo para instalar un equipo de GNV

El costo de los equipos para la conversión a GNV se encuentra actualmente entre 1000 000 y 1700 000 Bolívares, en Venezuela que es el país donde más se usa el gas dependiendo del número de cilindros contenedores de GNV a instalar en el vehículo, considerando que 1US\$= 675 Bolívares, el costo será de 1500 dólares adicionales, en nuestro país el costo sería de 500 a 1200 dólares, aproximadamente, considerando los requerimientos anteriormente mencionados. Para los autos nuevos, dependiendo de la marca, el costo adicional es de US\$ 3000, dependiendo del número de cilindros.

6.13 Precio del GNV

El precio actual del Gas Natural dependerá de varios factores, como el costo de producción, comercialización, distribución etc., pero en términos económicos, se puede mencionar un ejemplo práctico: actualmente un vehículo con un cilindro de 20 m³ pagará en la estación de servicio alrededor de US\$/ 6,96 (Precio Argentino), con lo cual podrá recorrer aproximadamente, 100 kilómetros.

GLP como combustible alternativo

El GLP es la abreviatura de gas licuado de petróleo y se obtiene del petróleo crudo, es una mezcla de propano y butano principalmente, los sistemas de GLP se utilizan en varias partes del mundo principalmente para el transporte de carga y pasajeros; actualmente es una alternativa para la reducción en la emisión de contaminantes

6.14 Requerimientos para convertir un vehículo a GLP

- 1 Tanque especial para GLP, es normalmente hecho de acero pesado y probado a 1,000 psi.
- 2 Tuberías o mangueras de alimentación
- 3 Filtro para gas
- 4 Válvula de control tipo solenoide
- 5 Evaporador y regulador primario
- 6 Carburador para gas GLP (mezclador y regulador secundario)
- 7 Switch de ignición
- 8 Switch selector de combustible

6.15 Emisión de contaminantes

En el caso del GLP las emisiones de contaminantes se pueden reducir, las de hidrocarburos no quemados en un 40% y las de monóxido de carbono en un 60%, sin embargo en algunos estudios se menciona que las emisiones de óxidos de nitrógeno aumentan hasta en un 63% (este elemento es precursor de la formación de ozono).

6.16 Efectos posibles

- En el caso de utilizar GLP como carburante se incrementa la emisión de óxidos de nitrógeno NO_x, lo cual aumentaría la formación de ozono; esto se evita usando un convertidor catalítico de tres vías, lo cual está incluido generalmente en el costo de la conversión.

- Si el vehículo no se encuentra en buenas condiciones (con respecto a sus sistemas eléctricos, de ignición, etc.) las fallas sobresalen al utilizar GLP como carburante.
- Problemas en la aceptación del nuevo combustible por parte del operador.
- Capacitación de los mecánicos para la carburación de GLP en vehículos automotores.
- En el caso de utilizar gas (natural o GLP) la necesidad de crear centros de recarga.
- La publicidad necesaria para dar a conocer las ventajas que presenta este combustible alternativo, debe incluir lo siguiente:
 - 1 Es más económico en comparación con otros combustibles como el diesel y la gasolina.
 - 2 Reducción de los costos de mantenimiento.
 - 3 Disminución de la emisión de contaminantes principalmente CO y HC.
 - 4 Mejor control en el consumo de combustible.
 - 5 Disminución de los tiempos muertos de recarga de combustible.
 - 6 No existe evaporación del combustible.
 - 7 Se evita la extracción indebida de combustible.
- El sistema de suministro de GLP es más sensible a los cambios de carburación por lo que se recomienda más atención a esta operación que para gasolina.

Es importante mencionar que al utilizar adaptaciones de gas en vehículos a gasolina, no permite obtener el máximo rendimiento del motor, lo óptimo es tener motores de combustión interna con sistemas de gas de fábrica.

Por otra parte, es importante resaltar que en vehículos de modelos recientes (fuel injection) con la adaptación del sistema, se pierden las ventajas de la inyección electrónica de combustible.

En nuestro país la utilización de GLP en los taxis amarillos es el proyecto piloto desarrollado por una empresa de gas y el servicio de Taxi Metropolitano (ESTAME), como parte de la campaña "aire limpio" para la capital.

El GLP cuesta menos y mantiene limpio el aceite del motor, pero su uso en los vehículos no es masivo. Se calcula que en el Perú circulan cinco mil vehículos a gas.

Una de las ventajas se evidencia en el menor costo del GLP de alto octanaje frente a otros combustibles: el precio promedio es de 1,41soles/l; la diferencia es de casi dos soles por galón frente a la gasolina más barata. Asimismo, se observa se alarga el período de cambio de aceite debido a la ausencia de residuos carbonosos propios de la gasolina, los cuales ensucian los lubricantes y afectan el motor.

Desde el punto de vista ambiental, el GLP no contiene azufre, ni plomo (metales que son fuentes cancerígenas), y reduce ostensiblemente las emisiones contaminantes.

6.17 GLP como combustible

El GLP está principalmente compuesta de propano con algún butano, propileno, butileno, y otros hidrocarburos, los componentes del GLP son gaseosos a las temperaturas y presiones ambientales y se licuan bajo presiones moderadas (100 a 200 psi). Por estas razones, el GLP es un combustible automotor conveniente. Las propiedades gaseosas del GLP son una ventaja durante el proceso de la combustión. Las normas americanas le exigen al GLP automotor que sea principalmente el propano y por consiguiente, el GLP es frecuentemente llamado propano. La densidad de energía del GLP es aproximadamente 73% que la gasolina. Es decir, para el mismo volumen de tanque de combustible, un vehículo de GLP viajará aproximadamente 27% más que consumiendo gasolina. El GLP tiene 104 octanos, este valor de octano más alto puede producir un buen funcionamiento del vehículo.

El GLP es inodoro, incoloro y más pesado que el aire, se agrega un odorante para detectar fuga de GLP. El GLP tiene una temperatura de ignición alta, es decir se enciende alrededor de 482 °C, comparado respectivamente a 260 °C y 315 °C para la gasolina y el diesel.

El GLP es inflamable en las concentraciones entre 2 y 10% en el aire. La gasolina es inflamable en una concentración de 1,5% a diferencia de la gasolina el GLP se usa como un gas seco y no contiene ningún aditivo.

6.18 Desarrollo de mercado de GLP

Aproximadamente 3 800 000 vehículos a GLP están en funcionamiento en el mundo. En los EEUU hay aproximadamente 450 000 vehículos de GLP y 4 000 estaciones de servicio. En Canadá hay aproximadamente 150 000 de GLP y 3 000 estaciones de servicio. En el EEUU el propano se sujeta a un \$0,18 por galón el de impuesto federal, igual que la gasolina y aproximadamente \$0,16 por el galón el impuesto en la mayoría de los estados. En Canadá, todos los combustibles están sujetos a un 7% de Impuesto General de Ventas.

Los costos para convertir un vehículo para operar con GLP varían, dependiendo de factores como el tipo de sistema de la conversión seleccionado, el tipo de vehículo a ser convertido, la factibilidad de instalación, la cantidad de almacenamiento de combustible en el vehículo y el precio de la conversión.

6.19 Funcionamiento del vehículo con GLP

El GLP tiene más baja densidad de energía (poder calorífico), pero octano más alto que la gasolina, por consiguiente, el GLP produce menos millas por galón, pero el valor de octano permite proporciones de condensación más altas y poder más alto y eficacia de combustible. En un motor con inyección electrónica multipunto, los inyectores reciben una señal eléctrica que ordena abrir una válvula, dejando ingresar y pulverizando la gasolina dentro del ducto de admisión. Dependiendo de la duración de la señal, el tiempo de apertura de la válvula varía, ingresando así mayor o menor cantidad de gasolina. Para que funcione un motor con GLP, el concepto cambia un poco. En principio se anula la señal eléctrica que llega a los inyectores, luego el combustible (gas) es aplicado en el ducto de ingreso al múltiple de admisión.

Para este último se utiliza la llamada unidad de mezcla por donde ingresa el gas, la cual tiene una forma toroidal o de anillo con una serie de agujeros Internos (como una hornilla de cocina). Se cuenta además con un simulador electrónico conectado a los inyectores, cuya función es mandar pulsos a la computadora y evitar que esta última transmita una señal de falla al panel de control. Todo estos pasos son necesarios, pues estamos hablando de un sistema dual, es decir, que puede funcionar con gasolina o gas, a voluntad del conductor y activando simplemente un swith (incluso, el cambio puede hacerse con el auto en marcha sin sentir ningún otro cabeceo).

El GLP además es aplicable a cualquier motor ya que tiene una buena resistencia al autoencendido con 130 octanos, mayor a la de cualquier gasolina comercial.

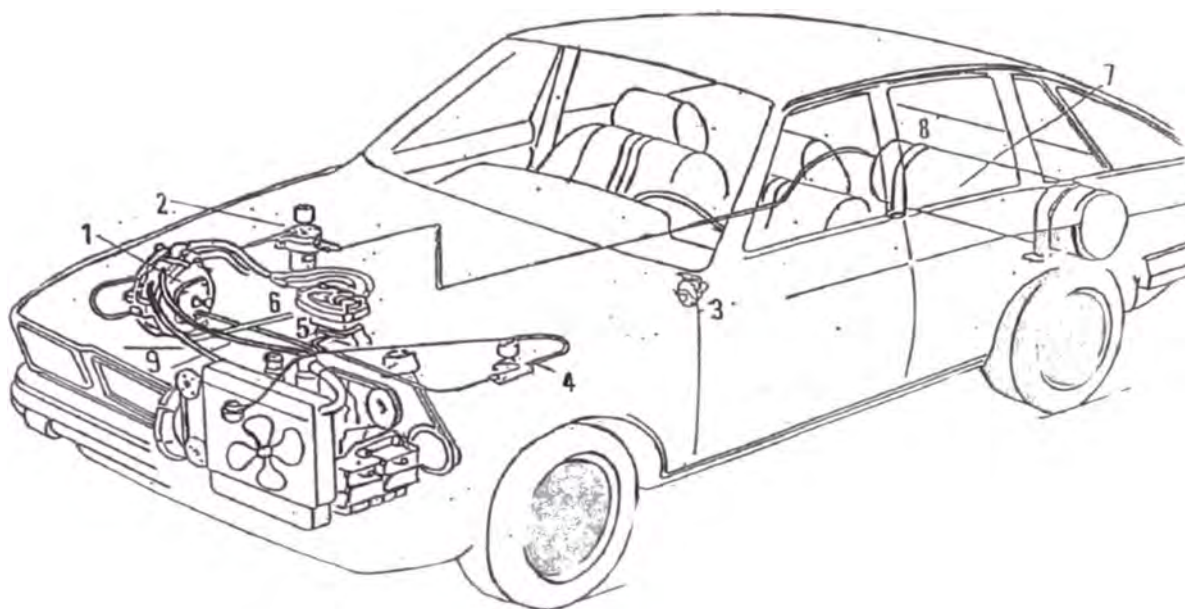
Las medidas de seguridad deben respetarse, sobre todo en la fabricación de los tanques o depósitos de GLP. La presión a la cual trabajan estos tanques es de 7 Kg/cm² (100psi), sin embargo deben ser probados a 45 Kg/cm² (643psi) antes de entrar al mercado, según las normas de Osinerg. Adicionalmente durante el proceso de fabricación, los tanques deben ser sometidos a un tratamiento térmico de recocido dentro de un horno, para eliminar así las tensiones propias de los equipos soldados. Los tanques más comerciales (de forma cilíndrica) vienen para capacidades de 37,55, 70 y 100 litros, pero por razones prácticas y de seguridad éstos sólo se pueden llenar al 80%, permitiendo así la co-existencia de las fases líquido-gaseoso. Los tanques además deben estar provistos de válvulas de cierre automático y de alivio en caso se rompa una manguera debido a un accidente o por una inusual elevación de presión dentro de éste.

Trabajando con los sistemas de combustible de presión más altos requieren herramientas especiales y precauciones de seguridad.

Los entrenamientos deben incluir los principios de combustión de GLP y almacenamiento, los choferes también deben recibir algunas instrucciones para que ellos entiendan la diferencia entre GLP y gasolina, el abastecimiento, los cilindros del almacenamiento, las válvulas de emergencia y las normas de seguridad principales.

Los talleres mecánicos deben recibir entrenamiento especial y certificación.

Fig.6.1
Funcionamiento del vehículo con GLP



El GLP del tanque (7) sale a través de la multiválvula(8) llegando el GLP mediante una tubería a la electro válvula (2). En el convertidor (1) es donde, por reducción de presión el GLP líquido pasa al estado gaseoso, previo control del registrador (6) del volumen del gas que debe pasar al mezclador(5), donde con el aire forma una mezcla explosiva. EL registrador (4) sirve para el control del paso de las gasolina cuando está utilizándose el GLP, este control se efectúa mediante el conmutador (3).

6.20 Estaciones de Servicios

La primera estación de servicio de GLP en el Perú se construyó en 1994. Actualmente existen once gasocentros en Lima y siete en provincia. En provincias como Trujillo el uso de vehículos a gas aumentó en un 40% durante el año pasado, en Lima existen más de 800 autos que utilizan este combustible.

6.21 Ventajas

Aunque el consumo de combustible (en Kg/gl) en ambos casos (gasolina y GLP) es muy similar, el ahorro radica en el precio del GLP S/.1,41 por litro, es decir un galón cuesta S/.5,2 soles. Pero la ventaja del GLP no solamente se centra en este punto, sino también en trabajar con un combustible más limpio y que además le confiere una mayor vida a las bujías y al aceite del motor. La combustión del gas genera menor formación de carbón, reduciendo al mínimo los depósitos sobre los electrodos de las bujías y en los bordes de las válvulas, saturando en menor medida al aceite del motor. Actualmente una conversión a GLP, incluyendo el tanque de combustible, instalación y todos los dispositivos necesarios, están alrededor de US\$ 600 y US\$850¹³.

El gas licuado de petróleo GLP facilita una combustión limpia y completa del motor gracias a una mezcla homogénea, controlada y bien distribuida de este combustible; permite un manejo sin vibraciones, suave y silencioso.

¹³ Revista Automas Informe: Gas cuanto cuesta y como se instala-Abril 2000

Alcohol como combustible alternativo

El objetivo de esta alternativa es analizar el uso de alcoholes como combustible alternativo en vehículos, su uso se puede dar si el precio del crudo es demasiado alto. Ya que es un proceso caro, se hace mención de esta alternativa, por las ventajas ecológicas que ofrece.

Con el aumento de precios en los combustibles convencionales la ventaja económica de los combustibles alternativos aumenta. Muchos de estos combustibles son más baratos que los convencionales, además, combinado con los menores costos de operación pueden ofrecer mayores ventajas económicas a los usuarios.

Otro factor a tener en cuenta es el costo adicional de las modificaciones en los vehículos para que funcionen con los combustibles alternativos, generalmente este costo no es muy alto. Debido a que el factor económico es uno de los más importantes en nuestros tiempos, el análisis de costos influirá mucho en el desarrollo futuro de dichos combustibles y vehículos.

6.22 Experiencias del uso de alcohol en otros países

Estados Unidos⁽¹⁴⁾

Mientras que las reservas mundiales de petróleo disminuyen en todo el mundo, su consumo se incrementa. En los EE.UU. este consumo subió desde 2 360 millones de litros por día en 1986 a cerca de 4 248 millones en 1994, según el Departamento de Energía de ese país. Debido a este constante incremento en la demanda, hoy en día, esa nación depende de la importación de petróleo, ya que el 50% del hidrocarburo consumido viene de reservas extranjeras. Por otra parte, alrededor del 60% de todo lo gastado es usado exclusivamente para transporte.

En el año 1975, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos recibió muchas preguntas y sugerencias acerca de la idea de utilizar alcoholes como combustible para motores.

⁽¹⁴⁾ <http://geocities.com/researchtriangle/node/6381/54.htm>

A tal efecto se realizaron estudios que arrojaron las conclusiones siguientes:

- El alcohol etílico no es un combustible viable para automóviles por su limitada disponibilidad.
- El alcohol metílico tiene algunas posibilidades de uso en automóviles, pero presenta problemas económicos y técnicos asociados con su producción, distribución y empleo, sea puro o en mezclas con nafta, lo cual hace improbable que se recurra al mismo en el transcurso de esta década. En el futuro, las mezclas de metanol y naftas pueden convertirse en muy prácticas para movilizar automóviles en general, pero la información actual indica que este combustible puro o en mezclas resultaría de uso limitado, reservándolo especialmente para vehículos veloces, por ejemplo de competición.

Hoy en día, se utiliza una mezcla de etanol con gasolina en reemplazo del tetraetilo de plomo, que por ser altamente perjudicial para la salud fue drásticamente limitado a partir de 1986. Esto tuvo un significado muy importante para la salud pública, por cuanto la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU. pudo establecer que los efectos tóxicos del plomo, ampliamente demostrados, tenía a la gasolina como la mayor fuente de contaminación (90% del total de la emisión de plomo en el aire).

Brasil⁽¹⁵⁾

En el año 1975, como respuesta a los fuertes aumentos del precio del petróleo se inició el programa Pro-Alcohol, con el objetivo de utilizar el etanol como combustible sustituto de la gasolina y aumentar su producción para uso industrial.

Brasil siguió el ejemplo de otros países como Estados Unidos, Canadá, Japón y varios de Europa Occidental, que desde hace cinco años adicionan alcohol a las naftas en una proporción del 45%, como Austria, donde el combustible automotor contiene un 25% de alcohol de papa; como Sudáfrica, donde el

⁽¹⁵⁾ <http://geocities.com/researchtriangle/node/6381/54.htm>

alcohol y las naftas se mezclan por mitades; Paraguay también lanza su propio programa para el alcohol.

La Volkswagen y la Fiat brasileña realiza experiencias con alcohol puro. Según cálculos de la Secretaria de Planeamiento, en 1985 Brasil producía 30000 millones de litros de alcohol, que cubrieron todo el consumo nacional de combustible automotor, las inversiones necesarias fueron del orden de los 9800 millones de dólares.

Una de las consecuencias de la utilización de etanol como combustible fue la reducción del nivel de monóxido de carbono liberado por los vehículos. Este hecho demuestra cómo el programa está contribuyendo con los esfuerzos de Brasil para garantizar la protección ambiental.

Hoy, Brasil tiene la tecnología y el equipamiento capaz de mantener una producción anual de 16000 millones de litros y exporta tecnología, equipamientos y servicios. En el año 2000, el precio de alcohol es de 0,899 reales por litro (US\$ 0,48), en todos los grifos de Río de Janeiro.

Argentina⁽¹⁶⁾

Históricamente, en los comienzos del desarrollo del motor de combustión interna, el único combustible de gran disponibilidad era el alcohol que podía ser conseguido en cualquier farmacia.

Con el paso del tiempo, a medida que el automóvil se volvió más popular, se comenzaron a utilizar como combustibles los derivados del petróleo y junto con esto, fueron apareciendo las primeras gasolineras, que hasta el día de hoy siguen existiendo.

Por el año 1925, Henry Ford predijo: "El combustible del futuro derivará de los productos agrícolas".

⁽¹⁶⁾ <http://geocities.com/researchtriangle/node/6381/54.htm>

Consistentemente con esta predicción, en 1927, el primer Ford A venía equipado de fábrica con un carburador de regulación manual para dar al comprador del vehículo la posibilidad de usarlo con gasolina o alcohol.

Argentina es un enorme país agrícola que puede producir alcohol de varias fuentes (melaza de caña de azúcar, granos, vinos, etc.) en cantidades importantes.

A continuación, se muestra una lista con los distintos tipos de combustibles alternativos más utilizados en Argentina actualmente, que sirvieron de inicio en el uso del etanol:

E5 : es una mezcla de nafta super sin plomo con 5 % de etanol anhidro.

GASOHOL (E10) : es una mezcla que contiene 90% de nafta super sin plomo y 10% de etanol anhidro por volumen.

ALCONAFTA (E15) : es una mezcla que contiene 15% de etanol anhidro y 85% de nafta super volumen.

E85 : es una mezcla que contiene 85% de etanol anhidro y 15% de nafta super sin plomo por volumen.

E93 : es una mezcla que contiene 93% de etanol anhidro, 5% de metanol anhidro y 2% de kerosene por volumen.

E95 : es una mezcla que contiene 95% de etanol anhidro y 5% de nafta super sin plomo por volumen.

E100 : es etanol anhidro al 100%.

M85 : es una mezcla que contiene 85% de metanol anhidro y 15% de nafta super sin plomo por volumen. Se utiliza en motores originalmente diseñados para gasolina.

M100 : es metanol anhidro al 100%. Se utiliza en motores diseñados originalmente diesel.

Estas combinaciones son resultado de la mezcla de alcoholes (metanol y etanol), naftas y otros derivados del petróleo (kerosene), los cuales se utilizan con buenos resultados en los EE.UU., Canadá y Brasil. Laalconafta fue utilizada en Argentina entre los años 1981 y 1988.

Otros países

Sudáfrica posee una planta de destilación a partir de la caña de azúcar con capacidad productiva de 653 000 litros por día. En Francia se invirtieron 500 millones de francos entre los años 1983 y 1986 para realizar investigaciones relacionadas con este tema.

En Australia y Nueva Zelanda se realizaron estudios para analizar la factibilidad de la implementación de proyectos dealconafta.

En Bolivia, en el año 1983, más del 50% de los automotores utilizabanalconafta con 15% de alcohol anhidro en lugar del clásico hidrocarburo.

Teniendo en cuenta las experiencias, tanto de Argentina, como de otros países, principalmente la de Brasil, el uso de alcohol como combustible tiene las siguientes ventajas directas:

- Aprovechamiento de la sobreproducción de caña de azúcar y de los desechos de la producción de azúcar.
- Utilización de fuentes renovables disminuyendo la dependencia del petróleo.

El segundo punto trae como consecuencia, una mejor administración de las reservas de petróleo, con la posibilidad de exportarlo si el precio internacional es conveniente, produciendo un mayor ingreso de divisas al país.

En países como EE.UU. y Canadá la utilización del alcohol como combustible, no tiene por causa principal la económica, sino que se realiza para una menor contaminación ambiental y para llevar adelante un desarrollo de nuevas fuentes renovables de combustibles alternativos.

6.23 Características específicas de los alcoholes

Los alcoholes son derivados de hidrocarburos simples (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. Cuando el peso molecular crece, el punto de ebullición, el punto de fusión y la viscosidad crecen y la solubilidad en agua decrece. Estas propiedades físicas pueden ser alteradas por la presencia de otro grupo funcional (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.

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: **CH₃OH**.

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, performance 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.

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.

La fórmula química del etanol es: **CH₃CH₂OH**

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.

6.24 Síntesis General

Basándonos en experiencias de otros países, estas mezclas, generan una menor contaminación ambiental que los derivados del petróleo, pudiendo ser un paso previo hacia nuevos combustibles alternativos menos contaminantes. El costo de estas mezclas alcohol-gasolina es similar al de la gasolina, teniendo en cuenta el costo del combustible y el consumo del vehículo. Es importante destacar estos puntos:

- Con el uso de alcohol, se utilizaría una fuente renovable de energía, disminuyendo la dependencia del petróleo.
- Con el uso de alcohol, no se necesita un cambio sustancial en los vehículos actuales del parque automotor, solamente el recambio de las partes plásticas del circuito de combustible.
- Se obtendría una menor contaminación ambiental.

Históricamente, en los comienzos del desarrollo del motor de combustión interna, el único combustible de gran disponibilidad era el alcohol que podía ser conseguido en cualquier farmacia.

Con el paso del tiempo, a medida que el automóvil se volvió más popular, se comenzaron a utilizar como combustibles los derivados del petróleo y junto con esto fueron apareciendo las primeras gasolineras, que hasta el día de hoy siguen existiendo. Argentina, por ejemplo, es un enorme país agrícola que puede producir alcohol de varias fuentes (melaza de caña de azúcar, granos, vinos, etc.) en cantidades importantes.

La principal ventaja de este combustible radica en que se trata de un recurso renovable, a diferencia de los hidrocarburos que representan una riqueza única y agotable.

6.25 Emisiones Contaminantes

La **tabla 6.2** presenta los niveles medidos de los gases de escape de tres motores diferentes, se observa un comportamiento medio semejante en los tres motores. La emisión de CO es nítidamente menor para las mezclas que para la gasolina, en cuanto al nivel de CO₂, varía muy poco en función del contenido de alcohol. Los HC se comportan como el CO y NO_x, aumentan con la cantidad de alcohol. Entre los motores, el VW-1300 presenta los menores niveles de CO y los mayores de NO_x, fijando junto al Corcel los mayores niveles de HC.

Tabla 6.2

Niveles de emisión de los gases de escape de 3 motores diferentes

Emisiones Mezclas	Contaminantes			
	CO %	CO ₂ %	HC ppm	NO _x ppm
PASSAT 1500				
Gasolina	7,2	10,4	126	724
20% etanol	2,8	13,2	66	1347
25% etanol	2,1	13,9	41	1165
30% etanol	2,8	13,3	99	928
CORCEL 1400				
Gasolina	6,6	11,3	250	500
20% etanol	2,1	11,9	140	1734
25% etanol	1,2	11,8	111	2300
30% etanol	1,3	11,7	94	2170
VW 1300				
Gasolina	3,9	11,9	165	2290
20% etanol	1,4	12,8	82	2260
25% etanol	1,0	12,8	74	2830
30% etanol	0,8	12,7	70	2530

Fuente: <http://geocities.com/researchtriangle/node/6381/54.htm>

Análisis de los datos

La adición de pequeñas cantidades de etanol a la gasolina, como en el gasohol, contribuye notablemente en la reducción de las emisiones de CO, en menor medida con los HC y el NOx, tiende a aumentar. Con respecto al CO₂ no se observa reducción.

6.26 Análisis Ecológico⁽¹⁷⁾

Las emisiones de CO (Tabla 6.2) se reducen en forma notable, de informaciones en países donde se utiliza alcohol, se concluyo que los alcoholes son menos contaminantes, no sólo en las emisiones que surgen del vehículo, sino también en todo el ciclo, desde que son producidos hasta que son quemados.

Los reactivos que generan ozono son menores tanto en las mezclas con metanol como en las que tiene grandes porcentajes de etanol. Con respecto al CO y NOx no hay diferencias apreciables, pero una desventaja de los alcoholes es la mayor producción de vapor de agua, que calienta la atmósfera, y menor de sulfatos, que la enfrían, por lo que contribuirían en mayor medida al efecto invernadero. Por otro lado, a la luz de estos datos, el CO₂ emitido es menor. Esto disminuiría el calentamiento global, dejando a la vista que este efecto es similar para los 3 combustibles.

6.27 Análisis Económico

La principal virtud de utilizar los alcoholes como combustibles alternativos, además de la ecológica analizada anteriormente, es el mayor rendimiento y la mayor potencia que se obtiene con estos combustibles. Si se construyera un coche preparado especialmente para aprovechar el mayor octanaje y potencia de estas mezclas, el rendimiento aumentaría notablemente obteniéndose por litro de combustible una mayor cantidad de energía, lo que abarataría los costos aún más. El precio de estos automóviles no diferiría en más de unos \$100 (dólares) con respecto a uno de iguales características que funcione con gasolina.

⁽¹⁷⁾ <http://geocities.com/researchtriangle/node/6381/54.htm>

6.28 Análisis de los costos de etanol

La posibilidad de utilizar etanol en nuestro país se dará, con incentivos del gobierno y previo análisis del sector azucarero, ya que la producción de etanol, se obtendría de la caña de azúcar, se debe tener en cuenta que si el alcohol etílico se consumiera masivamente como combustible alternativo se reduciría substancialmente el precio del mismo.

Para que el estado inicie la producción de etanol, es necesario que se incentive a través del Ministerio de Agricultura la siembra de caña de azúcar.

A continuación se muestra un análisis de rentabilidad en el uso de alcohol realizados en Brasil; se consideró este país por ser el pionero en el uso de alcohol:

Se utilizó un **motor VW-1300** con las siguientes modificaciones para el uso de etanol como combustible, carburador y colectores de admisión de aluminio, y una compresión de 9:1. Se probaron distintos grados de alcoholes hidratados hasta un máximo de 20% de agua. Los ensayos dinamométricos fueron realizados con el motor en condiciones de plena carga y a diferentes rpm.

De este modo se procuró determinar el mínimo consumo específico de combustible, para cada una de las situaciones probadas.

Las siguientes tablas y gráficos muestran los resultados:

Tabla 6.3

Resultados dinamométricos a plena carga, con gasolina y etanol con distintos grados de hidratación

	RPM	Gasolina	Grados de hidratación del etanol					
			80,7°	84,3°	87,9°	91,5°	95,1°	98,7°
Potencia efectiva	2000	20,4	20,1	20,9	20,1	21,5	20,9	21,5
bruta	3000	29,7	31,0	32,7	30,2	35,6	32,7	33,1
(cv)	4000	33,0	40,2	40,2	39,7	44,1	40,2	41,3
Consumo de	2000	6,12	8,50	8,10	6,75	7,65	7,60	7,85
combustible	3000	8,08	13,40	12,80	10,80	13,00	12,00	12,20
(Kg/h)	4000	10,10	18,60	16,85	14,70	16,40	15,10	15,55
Consumo específico	2000	300,0	422,8	386,7	335,7	355,8	362,9	365,1
de combustible	3000	272,0	322,3	391,8	358,1	365,1	367,3	368,7
(g/cv*h)	4000	306,0	462,5	419,0	370,7	371,7	375,5	376,2
Rendimiento	2000	20,4	29,4	30,8	34,0	30,8	29,1	27,8
térmico	3000	22,5	28,8	30,4	31,9	30,0	28,7	27,6
(%)	4000	20,0	26,9	28,4	30,8	29,5	28,1	27,0

Fuente: <http://geocities.com/researchtriangle/node/6381/54.htm>

Los gráficos que se muestran a continuación fueron recopilados de:

<http://geocities.com/researchtriangle/node/6381/70.htm.gasrsp.htm>

Gráfico 6.1 Potencia efectiva

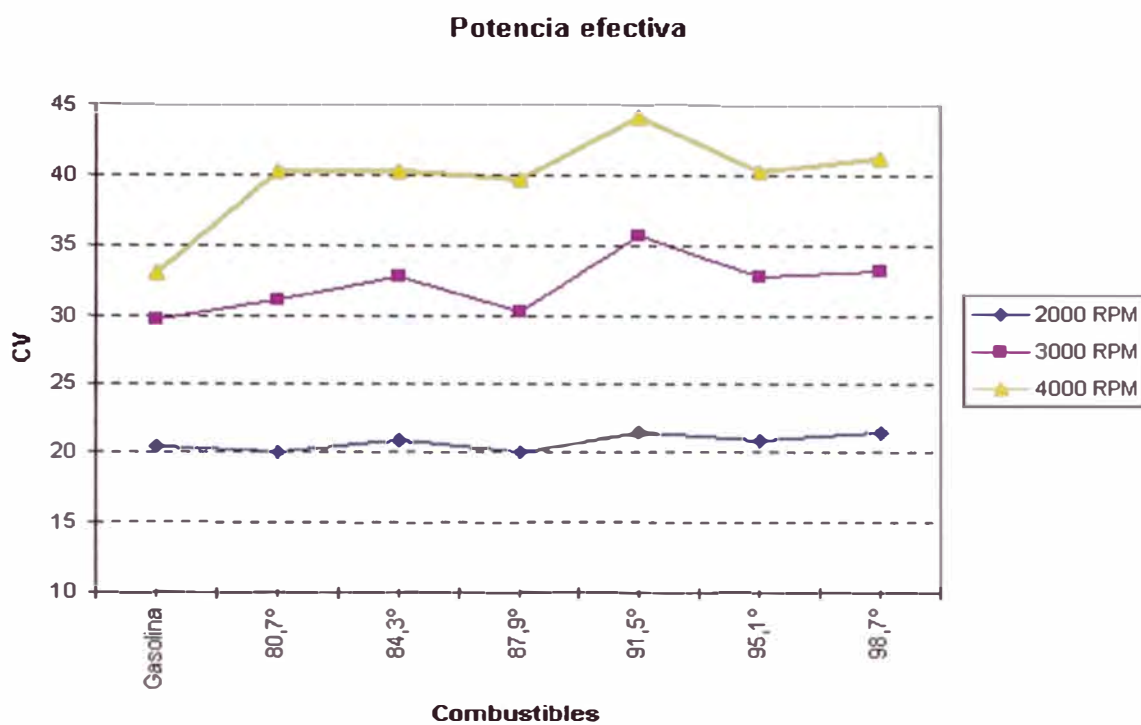


Gráfico 6.2 Consumo de combustible

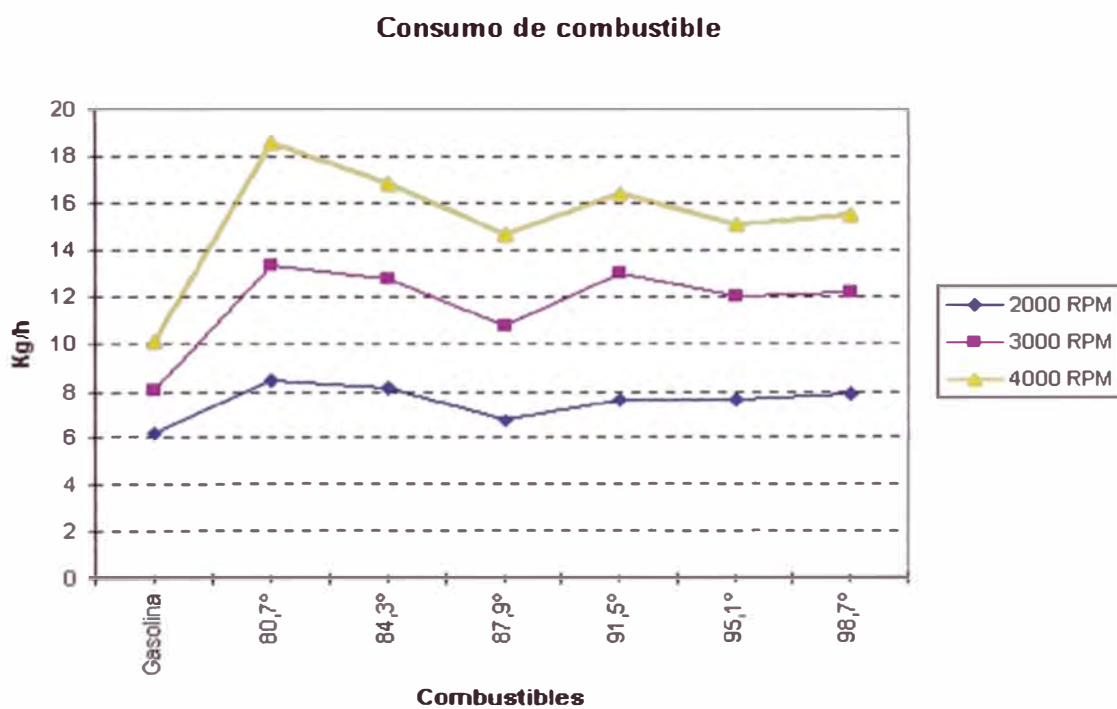
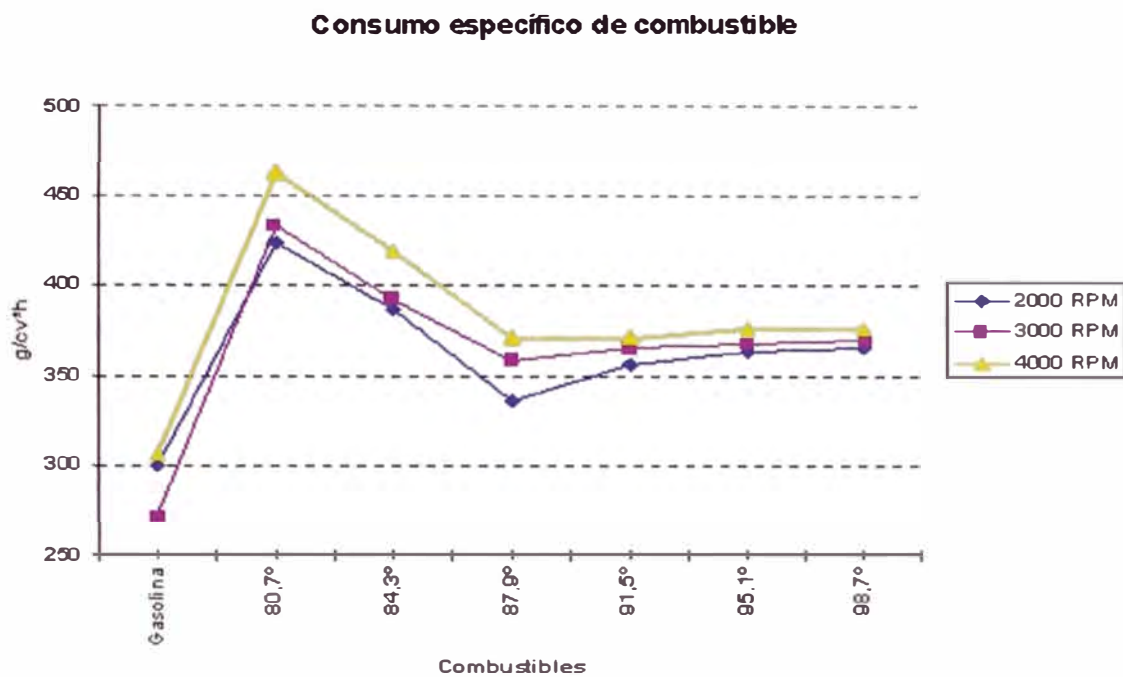
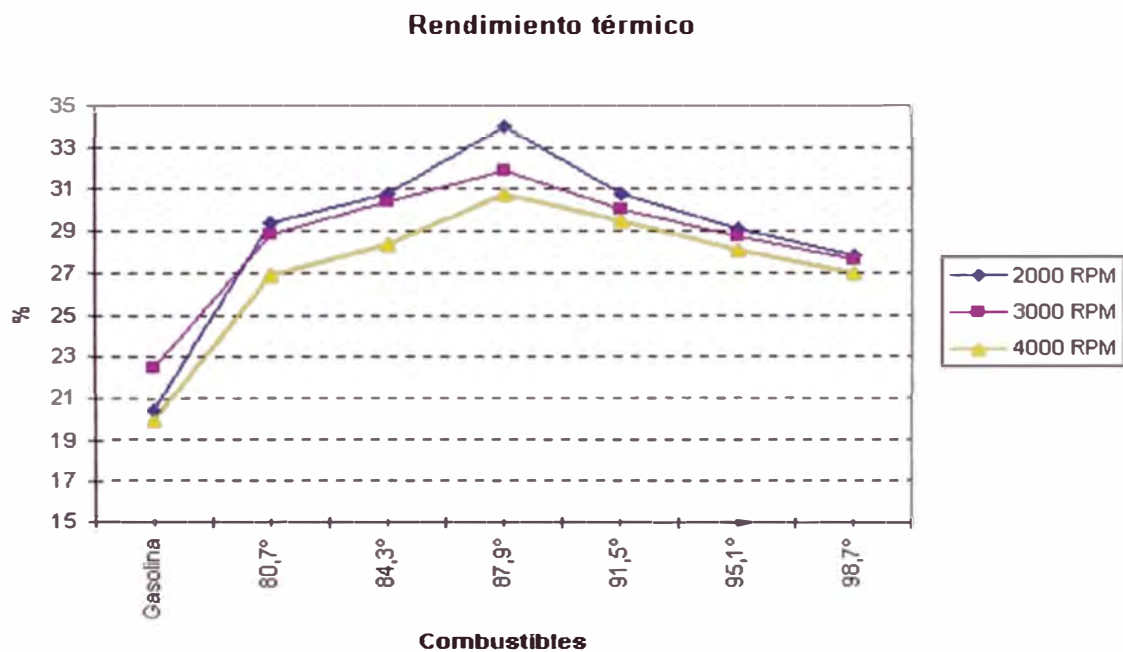


Grafico 6.3 Consumo Específico de combustible**Grafico 6.4** Rendimiento Térmico

Analizando los datos de la **tabla 6.3** y sus respectivos gráficos se observa una mayor potencia y consumo del motor funcionando con etanol, diferencia que aumenta con las RPM. Este aumento de la potencia y el consumo no es en forma proporcional, ya que el consumo específico también aumenta. El rendimiento térmico aumenta cuando se trabaja con etanol en lugar de la gasolina.

Pasando a las mezclas de gasolina con etanol de grado 93,2°, en la tabla 6.3 se ve que la potencia casi no varía con la adición de gasolina, por lo que se puede decir que permanece constante. El consumo específico y el rendimiento térmico disminuyen a mayor porcentaje de gasolina, mientras que el poder calorífico del combustible aumenta casi exponencialmente.

6.29 Producción de etanol a partir de la caña de azúcar

La caña de azúcar es molida en trapiches de los que sale un "primer jugo" o "jugo mixto" que, después de ser pesado y analizado pasa a un proceso de purificación.

El proceso de purificación consiste esencialmente en la sulfatación, la enalación y el calentamiento del jugo, para llevarlo luego a una decantación que produce, por una parte, jugo clarificado y por otra, un residuo llamado cachaza. Esta cachaza contiene una proporción de jugo turbio que es separada por medio de filtros y este jugo filtrado vuelve al proceso de purificación, mientras el residuo de la cachaza se usa como abono.

El jugo clarificado se concentra por medio de vapor y vacío. El jugo concentrado normalmente va a tres cocimiento sucesivos, donde se producen los cristales de azúcar que por medio de centrifugas se separan de las mieles de primera (en el primer cocimiento de las mieles de segunda (en el segundo cocimiento) y de la melaza (en el tercer cocimiento).

El azúcar de primera, si no se hace un proceso de refinamiento, pasa directamente al secado, pesado, embolsado y expedición o almacenaje.

Los azúcares de segunda, si no se usan como azúcares crudos, se diluyen en agua y retornan al cocimiento de 'primera.

Los azúcares de tercera se diluyen en mieles de primera y retornan al cocimiento de segunda.

Las mieles de primera pasan en parte al segundo cocimiento y en parte se usan para diluir el azúcar de tercera.

Las mieles de segunda pasan al tercer cocimiento.

La melaza, que todavía contiene cierta cantidad de azúcar se utiliza normalmente como materia prima para obtener alcohol, en destilerías anexas al ingenio o en destilerías independientes a las que se transporta en camiones-tanque apropiados.

La melaza se fermenta con levaduras cuya calidad tiene gran importancia en el proceso, para pasar luego a la destilación. El producto destilado se rectifica y así se obtiene al alcohol de 96° (de buen o mal gusto). Cuanto más azúcares contenga la melaza (es decir cuanto más ineficiente sea el proceso de extracción de azúcar) tanto más alcohol se obtendrá. Para pasar de alcohol 96° a alcohol anhidro es necesaria una redestilación adicional que implica la necesidad de instalar un par de columnas más.

6.30 Observaciones

1. El combustible etanol es un alcohol libre de agua de alto octanaje producido por la fermentación del azúcar.
2. Se usa como un ingrediente para mezclar con la gasolina o sola para producir un combustible de alto octano aditivado con eter.
3. El etanol contiene 32 000 BTU/ litro, y toma aproximadamente un cuarto de esta cantidad para producir etanol de grano con los modernos procesos de producción.
4. El etanol es producido primariamente de granos o de alguna otro fuente agrícola renovable. Los beneficios del etanol incluyen mejoramiento del octanaje, y un medio ambiente más ecológico.

5. De acuerdo a la Asociación de Recursos Renovables del Canadá, el agregado de un 10% de etanol al combustible trae los siguientes beneficios: Reducción de un 30% de las emisiones de monóxido de carbono, entre un 6% y un 10% de reducción de las emisiones de dióxido de carbono en toda la red de producción y uso del etanol, y también una reducción en la formación de ozono en la red.
6. El etanol nunca contribuiría a quemar o romper los inyectores de combustible. Los inyectores de combustible son fabricados con tolerancias muy exactas, por ello, éstos toman una pequeña cantidad de depósitos que llevan a la falla del mismo.
7. Desde 1985, todas las mezclas de etanol y recientemente todas las gasolinas contienen detergentes como aditivos que están diseñados para prevenir depósitos en los inyectores. Estos detergentes son muy efectivos en la resolución de estos problemas de la gasolina.
8. El etanol no quema las válvulas. De hecho, el etanol quema a menor temperatura que la gasolina. Por esta razón, algunos de los motores de carrera usan alcohol puro.
9. El dióxido de carbono es considerado el mayor contribuidor al calentamiento global. El etanol no agrega más dióxido de carbono a la atmósfera que la gasolina.
10. El costo del etanol se redujo aproximadamente un 50% en los pasados 10 años.
11. El uso del etanol produce menos emisiones de los autos, y puede ser producido domésticamente.

CAPITULO VII

EVALUACIÓN ECONOMICA DE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

Introducción

Para la evaluación económica de las alternativas se van a tomar las siguientes consideraciones:

1. Los combustibles alternativos están enfocados desde el punto de vista medio ambiental.
2. Con la explotación del Gas de Camisea, el uso de GLP podrá aumentar en nuestro país, se tiene la tecnología, para el GLP automotor, sólo falta incentivar el uso de este combustible.
3. En un futuro el uso de Gas Natural para vehículos podrá iniciarse, aunque en el país no se tiene aún la tecnología.
4. Los combustibles alternativos llamados también combustibles limpios, son menos contaminantes que el combustible convencional: la gasolina, se recomienda en esta tesis el uso del GLP.
5. Por ser los combustibles alternativos un tema bastante amplio y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se realizará la evaluación económica para el uso de GLP, se deja el análisis del Gas Natural y alcohol para temas de tesis posteriores.
6. Además se han tomado en cuenta las siguientes definiciones, para la evaluación económica:

Tasa de Depreciación: Es la tasa a la cual se "gasta" o pierde valor (deprecia) el Activo. Cuando decimos que la tasa de depreciación es 15% estamos diciendo que cada año el Activo pierde un 15% de su valor y por tanto al cabo de 10 años contablemente el activo ya no tiene valor. Esta es una tasa dada por la SUNAT y es solamente para efectos contables, ya que supuestamente las empresas deberían aprovisionar cada año un 10% del valor del activo con el fin de que al cabo de la vida útil (10 años) la empresa pueda con ese fondo reponer el Activo; pero esto solo es "contable" es decir no involucra una salida real de efectivo, solo nos interesa para calcular el

monto del impuesto a la renta a pagar, y como no implica una salida de efectivo de la empresa luego se la volvemos a sumar cuando calculamos el Flujo de Caja.

Tasa de Descuento: Es también conocida como Coste de Oportunidad de Capital. Se llama Coste de Oportunidad por que es la rentabilidad a la que renunciamos por invertir en este proyecto; y por lo tanto deberíamos tomar una tasa o una rentabilidad de un proyecto de similar riesgo que el del gas.

Valor Actual Neto: Es simplemente el flujo de caja futuro descontado a una tasa apropiada, por lo general denominada Coste de Oportunidad de Capital o tasa de descuento. El criterio es aceptar aquellos proyectos que tengan $VAN > 0$

Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa de descuento o el costo de oportunidad de capital que hace que se iguale el Valor de la Inversión al Valor futuro descontado de los flujos (es decir hace el $VAN = 0$). En sencillo es más o menos la rentabilidad del proyecto, y el criterio es aceptar aquellos proyectos que tengan $TIR > 0$ a nuestra tasa de descuento o costo de oportunidad.

Periodo de Recupero de la Inversión: Su calculo es arcaico, simplemente se determina contando el número de años que han de transcurrir para que la acumulación de los flujos de caja igual a la inversión, este criterio no considera el valor del dinero en el tiempo: "un dólar hoy vale más que un dólar mañana".

Se va a tomar como base:

	Gasolina 84 octanos	GLP
Rendimiento	40 km/gal	45Km/gal
Precio del galón (US\$)	2,28	1,52
Costo por Km (US\$)	0,057	0,033
Mantenimiento	5000 Kms.	1000 Kms.

Tomando los datos de la **Tabla 7.1**

Precio del dólar: S/.3,5

1 gal americano = 3,785 l.

Precio del GLP (00-11-20): 1,41 soles/l = 5,33 soles/gal = 1,52 US\$/gal

Precio de la gasolina de 84 octanos: S/.8,00 (por galón) = 2,28 US\$/gal

Recorrido aproximado: 150Km. Diarios = 4500 Km. mensuales

Tomando los costos de ambos combustibles:

Costo para recorrer 80 Km con GLP= US\$2,69

Costo para recorrer 80 Km. con gasolina = US\$ 4,56

Ahorro en dólares, al usar GLP = US\$ 1,87

Además:

Tasa de descuento: 22,5% (costo del capital promedio en el ámbito financiero)

Tasa de depreciación: 15% (según SUNAT)

Tasa impositiva: 30% (información obtenida en el Website de la SUNAT)

Se va a considerar, dos alternativas, para la conversión (Inversión necesaria):

Auto en buenas condiciones: US\$800,00

Auto nuevo: US\$1000,00

Para los automóviles que ya están funcionando, se evalúa un periodo de 5 años, aproximadamente es el tiempo de vida útil que le quedaría al auto, para los autos nuevos se considera 10 años como tiempo de vida útil (estos valores se han tomado de la SUNAT, que considera estos valores para la depreciación de autos de segunda condición)

El estado de ganancia sería (US\$):

Depreciación $= 0,15 * 800 = -120$ (se considera negativo por ser pérdida)

Costo con gasolina anual (tabla 7,1) $= 256,50 * 12 = 3078$

Costo con GLP (tabla 7,1) $= 151,31 * 12 = 1815,8$

Ahorro en mantenimiento $= 200$

Ahorro en costos $= 3078 - 1815,8 + 200 = 1462,3$

Flujo afecto a impuesto $= 1462,3 - 120 = 1342,2$

Impuesto a la renta $= 1342,2 * 0,3 = 402,7$

Utilidad Neta (US\$) $= 1342,2 - 402,7 = 939,6$

$$VAN = \sum FN_i / (1 + 0,225)^i \quad (i = \text{año})$$

El valor actual neto resulta de sumar el valor actual y los costos de inversión, durante cada año

Para el cálculo anterior: $VAN = 1797,62$

La TIR, se calcula como sigue:

$$VAN = FC_1 / (1+r)^1 + FC_2 / (1+r)^2 + \dots + FC_n / (1+r)^n$$

FC : es el flujo de caja neto de cada periodo

(1+r) : es la tasa de descuento del proyecto, elevada al exponente de cada periodo.

Para el cálculo de la TIR, en la formula anterior, la ecuación se iguala a cero y se despeja "r" (la tasa de descuento), este proceso se ha calculado en Excel, ya que la tasa "r" que hace que la ecuación sea igual a cero se halla por iteración.

Para este caso $TIR = 130,41\%$

Periodo de Recuperación de Inversión: 9 meses

OBSERVACIONES

1. La depreciación es sólo una "cuenta contable", es decir no representa ningún gasto real para la empresa, sólo se le calcula para efectos tributarios.
2. Con el estado de ganancias y pérdidas deducimos la depreciación, pero esto es solo para poder calcular el monto de impuestos a pagar por la empresa y así luego poder sacar el monto de Utilidad Neta, luego cuando calculamos el Flujo Neto, se suma la depreciación a la Utilidad Neta porque así estamos reconociendo que este gasto por depreciación no fue hecho efectivo por la empresa.
3. Los 9 meses de recuperación para la primera alternativa se calculan así; si la inversión inicial es de US\$ 800, y el primer flujo de caja positivo es de US\$ 939,6 para el primer año, esto quiere decir que enteramente con este flujo se va a poder pagar la inversión; ahora si se divide estos US\$939,6 entre 12 meses para ver cuanto de flujo se tiene mensualmente y luego se va viendo en cuantos meses se podría recuperar la inversión, se obtiene el valor de la recuperación de la inversión.
4. Este proyecto sé esta evaluando no por el lado de los ingresos; si no por el ahorro en costos resultante de cambiar a GLP; por lo tanto no se esta tomando en cuenta en el Estado de Ganancias y Pérdidas ningún ingreso relacionado al proyecto; por lo tanto no se tiene ningún rubro que incremente la utilidad.

CONCLUSIONES

1. El periodo de recuperación de la inversión, es de 9 meses, para la primera alternativa y 1 año y 3 meses para la segunda alternativa, esto nos da una idea de que el proyecto es rentable, el ahorro en combustible resulta beneficios para la persona que va a realizar la conversión y también da beneficios al medio ambiente.
2. En la evaluación económica hay un punto importante, el tema tributario, ya que supuestamente las personas están sujetas a diferente tributación a la renta que las empresas (en la evaluación a ambas las estamos afectando por un 30% de impuesto a la renta), lo cual podría afectar el análisis. Habría que verificar el manejo tributario de la SUNAT para personas jurídicas o empresas pequeñas.
3. El mantenimiento de una adecuada calidad de aire es una responsabilidad que requiere del concurso de los diversos estamentos del Gobierno Central, de los Gobiernos Locales y de toda la sociedad en su conjunto: cualquier esquema de solución debe abordar el tema en forma global teniendo en cuenta todos los aspectos técnicos, sociales y económicos implicados, dentro de un horizonte de planeamiento coherente, esta evaluación económica, nos da una idea de que el proceso de cambio en el uso de combustibles alternativos puede iniciarse en nuestro país
4. Si bien en la presente tesis se propone alternativas para mejorar la calidad de aire en cuanto a emisiones por plomo, es necesario tomar conciencia que el medioambiente está contaminándose cada día más, por lo tanto, es necesario tomar medidas correctivas, para tratar de disminuir la contaminación.
5. La información sobre la calidad de aire en Lima y otras ciudades importantes, es insuficiente (en lo relativo a material particulado, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, plomo y monóxido de carbono) o inexistente para algunos parámetros (hidrocarburos no combustionados y ozono) se debería tener un sistema estadístico en donde se pueda analizar los parámetros de contaminación.
6. La información disponible en la presente tesis muestra indicios de que la contaminación por plomo proveniente de las gasolinas plomadas es un problema serio que se debe solucionar en corto plazo.

7. La reducción del contenido máximo de plomo en las gasolinas es una acción que debe ejecutarse en forma gradual, de forma tal que los usuarios, dueños de estaciones de servicio y refinerías se adecúen a los nuevos combustibles alternativos.
8. El retiro del plomo de las gasolinas es una acción técnicamente factible de realizar en el país, de acuerdo a un programa de reducción gradual que se deberá ejecutar, hasta su retiro total en el 2004. Los costos del programa son elevados y los mismos tendrán que ser afrontados por la sociedad en su conjunto.

EL PARQUE AUTOMOTOR Y LAS EMISIONES VEHICULARES

Observaciones:

1. El parque vehicular obsoleto y lo inadecuado del tránsito urbano (poca e ineficiente señalización, falta de sanción y la consiguiente indisciplina) originan una congestión desproporcionada. Esto resulta en bajos promedios de velocidad de circulación, altos consumos de combustibles y exceso de emisiones de gases contaminantes con relación al parque y al recorrido.
2. La modificación del parque automotor existente para reducir emisiones, no puede hacerse a costo razonable. Es aconsejable que el Estado estimule con incentivos tributarios u otros, la renovación de este parque retirando de circulación vehículos obsoletos (tal como se hizo con éxito en España y Francia).
3. La antigüedad del parque automotor nacional con una edad promedio de 14 años, juega un papel importante en la calidad total de emisiones.
4. Es posible lograr importantes mejoras si se instruye e incentiva a los propietarios, conductores y talleres de servicio sobre la importancia de mantener los motores bien afinados para reducir emisiones.
5. La reducción de emisiones nocivas puede lograrse de las siguientes maneras:
 - ❖ Renovando el parque automotor
 - ❖ Sistema de semaforización
 - ❖ Reglamentando que los vehículos ingresantes cumplan con requisitos preestablecidos (catalizador, inyección de combustible, etc.)
 - ❖ Disponer de los combustibles adecuados
 - ❖ Establecer revisiones técnicas para los vehículos
 - ❖ Incentivar el uso de combustibles alternativos.
 - ❖ Realizar trabajos de concientización al nivel de usuarios.
 - ❖ Implementar medidas destinadas a optimizar el transporte público masivo
 - ❖ Ordenamiento vehicular
6. La inadecuada distribución de la flota vehicular de servicio público de pasajeros (muchos vehículos de poca capacidad) agudiza el problema de congestión y contaminación.

RECOMENDACIONES

1. Concertar los mecanismos de participación bajo una autoridad autónoma dotada de los recursos necesarios para establecer redes de monitoreo en las áreas críticas con muestras activas (fuentes) y pasivas (receptores) para evaluar las concentraciones de los componentes clásicos.
2. Instalar estaciones de monitoreo de calidad de aire.
3. Preparar inventario general de emisiones
4. Establecer la revisión técnica obligatoria de todo el parque automotor.
5. Eliminar la importación de vehículos usados, o en todo caso restringirla y adecuarla al cumplimiento de la normativa de emisiones correspondientes a los vehículos nuevos.
6. Otorgar incentivos para la renovación de unidades de más de 14 años de antigüedad, supeditado a que las mismas sean retiradas definitivamente de circulación
7. Establecer un sistema de tributación que favorezca a los vendedores y compradores de autos nuevos así como a la utilización de gasolinas sin plomo.
8. Incentivar el uso de combustibles alternativos.
9. Priorizar la solución del problema de motores diesel en el parque para reducir los elevados niveles de contaminación por partículas en suspensión y óxidos de nitrógeno.
10. Promover la renovación del parque automotor con el uso intensivo de convertidores catalíticos, los cuales demandarán de las refinerías el abastecimiento creciente de gasolinas sin plomo hasta la total sustitución de las gasolinas con plomo.

Tabla 7.1

Evaluación Económica para un Individuo (Inversión US\$800- auto usado) recorrido aproximado 150 Km.diarios

	30-06-00	30-06-01	30-06-02	30-06-03	30-06-04	30-06-05
Tasa Descuento (en US\$)	22,5%					
Tasa de Depreciación	15,0%					
Tasa Impositiva	30,0%					
Pr. GLP (US\$)	2,69					
Pr. Gasolina (US\$)	4,56					

Precio de la gasolina: S/.8,00
 Precio del dólar: S/3,50
 Costo para recorrer 80 km con GLP
 Costo para recorrer 80 km con Gasolina

Variables a considerar	30-06-00	30-06-01	30-06-02	30-06-03	30-06-04	30-06-05
GLP (US\$)	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
Gasolina 84 (US\$)	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56
Recorrido Prom. Mensual (Km)		4500,00	4500,00	4500,00	4500,00	4500,00
Costo Mensual Prom. Gasolina		256,50	256,50	256,50	256,50	256,50
Costo Mensual Prom. GLP		151,31	151,31	151,31	151,31	151,31

Inversion Necesaria (US\$)

Auto buenas condiciones	800,0
Auto Nuevo (promedio)	1.000,0

EVALUACION ECONOMICA PARA UN INDIVIDUO - INVERSION US\$ 800,00

Estado Ganancias y Pp	t = 0	2001	2002	2003	2004	2005
Depreciación		-120,0	-120,0	-120,0	-120,0	-120,0
Costo usando Gasolina		3.078,0	3.078,0	3.078,0	3.078,0	3.078,0
Costo usando GLP		1.815,8	1.815,8	1.815,8	1.815,8	1.815,8
Ahorro Anual en Mantenimiento		200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
Ahorro en Costos por el uso de GLP		1.462,3	1.462,3	1.462,3	1.462,3	1.462,3
Flujo afecto a impuesto		1.342,3	1.342,3	1.342,3	1.342,3	1.342,3
Impuesto a la Renta		-402,7	-402,7	-402,7	-402,7	-402,7
Utilidad Neta (USD)		939,6	939,6	939,6	939,6	939,6

Tabla 7.1 (continuación)

Flujo de Caja en US\$	30-06-00	30-06-01	30-06-02	30-06-03	30-06-04	30-06-05
Inversion Inicial	-800,0					
Depreciación		120,0	120,0	120,0	120,0	120,0
Utilidad Neta		939,6	939,6	939,6	939,6	939,6
Flujo Neto	-800,0	1.059,6	1.059,6	1.059,6	1.059,6	1.059,6

Valor Actual Neto (VAN)	1797,62
Tasa Interna Retorno (TIR)	130,41%
Periodo de Recupero Inver.	9 meses
B/C	4,08

Tabla 7.2

Evaluación Económica para un Individuo(Inversión US\$ 1000 auto nuevo) recorrido aproximado 150 Km.

	30-06-00	30-06-01	30-06-02	30-06-03	30-06-04	30-06-05	30-06-06	30-06-07	30-06-08	30-06-09	30-06-10
Tasa Descuento (en US\$)	22,5%										
Tasa de Depreciación	15,0%										
Tasa Impositiva	30,0%										
Pr. GLP (US\$)	2,69	Costo para recorrer 80 Km									
Pr. Gasolina (US\$)	4,56	Costo para recorrer 80 Km									

Variables a considerar	30-06-00	30-06-01	30-06-02	30-06-03	30-06-04	30-06-05	30-06-06	30-06-07	30-06-08	30-06-09	30-06-10
GLP (US\$)	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69
Gasolina 84 octanos (US\$)	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56
Recorrido Prom. Mensual (Km)		4500,00	4500,00	4500,00	4500,00	4500,00	4500,00	4500,00	4500,00	4500,00	4500,00
Costo Mensual Prom. Gasolina		256,50	256,50	256,50	256,50	256,50	256,50	256,50	256,50	256,50	256,50
Costo Mensual Prom. Gas Natural		151,31	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31	151,31

Inversion Necesaria (US\$)

Auto buenas condiciones	800,0
Auto Nuevo (promedio)	1.000,0

EVALUACION ECONOMICA PARA UN INDIVIDUO - INVERSION US\$ 1000

Estado Ganancias y Pp	t = 0	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Depreciación		-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00
Costo usando Gasolina		3078,00	3078,00	3078,00	3078,00	3078,00	3078,00	3078,00	3078,00	3078,00	3078,00
Costo usando GLP		1815,75	1815,75	1815,75	1815,75	1815,75	1815,75	1815,75	1815,75	1815,75	1815,75
Ahorro Anual en Mantenimiento		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Ahorro en Costos por el uso de GLP		1362,25	1362,25	1362,25	1362,25	1362,25	1.362,25	1.362,25	1.362,25	1.362,25	1.362,25
Flujo afecto a impuesto		1212,25	1212,25	1.212,25	1.212,25	1.212,25	1.212,25	1.212,25	1.212,25	1.212,25	1.212,3
Impuesto a la Renta		-363,68	-363,68	-363,68	-363,68	-363,68	-363,68	-363,68	-363,68	-363,68	-363,7
Utilidad Neta (US\$)		848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58

Tabla 7. 2 (continuación)

Flujo de Caja en US\$	30-06-00	30-06-01	30-06-02	30-06-03	30-06-04	30-06-05	30-06-06	30-06-07	30-06-08	30-06-09	30-06-10
Inversion Inicial	-1.000,00										
Depreciación		150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Utilidad Neta		848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58	848,58
Flujo Neto	-1.000,00	998,58	998,58	998,58	998,58	998,58	998,58	998,58	998,58	998,58	998,58

Valor Actual Neto (VAN)	2330,52
Tasa Interna Retorno (TIR)	99,76%
Periodo de Recupero Inver.	1 año y 3 meses
B/C	4,72

Cuadro N° 7.3
FLUJOS NETOS ACTUALIZADOS
PARA CALCULAR EL PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (P.R.I.)

Primera Alternativa (Inversión US\$ 800,00)

AÑOS	FLUJO NETO	FLUJO NETO	
		Actualizado	Actual. Acumulado
0	800,00	(800,00)	(800,00)
1	1.059,60	864,98	64,98
2	1.059,60	706,11	771,09
3	1.059,60	576,41	1.347,50
4	1.059,60	470,54	1.818,04
5	1.059,60	384,12	2.202,15
PRI = 9 meses			

$$fPRI = \frac{800}{800+64,98}$$

$$fPRI = 0,924877312$$

$$N^{\circ} \text{ Días/Año} = 360$$

$$N^{\circ} \text{ Días} = fPRI \times N^{\circ} \text{ Días/Año} = 333$$

PRI = 9 meses

Cuadro N° 7.4
FLUJOS NETOS ACTUALIZADOS
PARA CALCULAR EL PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (P.R.I.)

Segunda Alternativa(US\$1000,00)

AÑOS	FLUJO NETO	FLUJO NETO	
		Actualizado	Actual. Acumulado
0	1000,00	(1.000,00)	(1.000,00)
1	998,58	815,17	-184,83
2	998,58	665,44	480,61
3	998,58	543,22	1.023,83
4	998,58	443,44	1.467,27
5	998,58	361,99	1.829,27
PRI = 1 año y 3 meses			

$$fPRI = \frac{184,83}{184,83+480,61}$$

$$fPRI = 0,277758918$$

$$N^{\circ} \text{ Días/Año} = 360$$

$$N^{\circ} \text{ Días} = fPRI \times N^{\circ} \text{ Días/Año} = 100$$

PRI = 1 año y 3 meses

ABREVIATURAS

ACOTOX	Centro de Información y Control Toxicológico y apoyo a la Gestión Ambiental
BAL	British Anti-Lewisita (antilewisita Británica)
DGAA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DGH	Dirección General de Hidrocarburos
DIGESA	Dirección General de Asuntos Ambientales
DS	Decreto Supremo
EDTA	Etilendiamino tetraacetato
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNC	Gas Natural Comprimido
GNV	Gas Natural para vehículos
HF	Acido hidrofluorhídrico
IGV	Impuesto general a las ventas
INDECOPI	Instituto de defensa del consumidor y de la propiedad intelectual
ISC	Impuesto selectivo al consumo
MMT	Metilciclopentadienil tricarbonil manganeso
MTBE	Metil Ter butyl eter
MTC	Ministerio de Transportes y comunicaciones
RCC	Relación de Compresión Crítica
RELAPASA	Refinería La pampilla
RON	Número de Octano Research
TEL	Plomo tetraetilico
TNT	2,4,6 trinitro tolueno
US\$	Dólares americanos
MMBTU	Millones de BTU

BIBLIOGRAFIA

Revistas

Alta contaminación, Revista el ingeniero de Lima, Año IV N°24 edición noviembre –diciembre 1999 pags 11-14, Matos,C.L.

Boletín Técnico, Automas, ISC Un impuesto demasiado selectivo, Julio 1998 pag 59 ISC

Desarrollo de técnicas analíticas para contaminación del aire, Informe 41 de la Investigación de Polución, Roma, Abril 1992, Pag 13-15 Allegrini,D.

Eliminación del plomo en la gasolina en América Latina y el Caribe, ESMAP, Energy Sector Management Asstance Programe, Informe No194 /975P

EPA Regulatory Announcement Oficina de transporte y calidad de aire EPA 420-F-oo-012

Ethyl Corporation, Historia de la gasolina, USA, 1967

Evaluación de la exposición profesional a partículas atmosféricas Impresiones populares, Suiza, 1984,OMS

Hydrocarbon Processing, Isomerización Feb 1980,pag 68

List of designated reference and equivalent methods, USA, Marzo 1995, EPA

Monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Lima, Ministerio de salud, Digesa Lima –Perú 1998

Medidas de la contaminación atmosférica, Revista Ingeniería química, Junio 1986 Págs. 85-92, Muñoz, C,E.

Octanaje Teoría y aplicación en gasolinas, Ing. Juan Ortiz G.Talara-Perú

Ruedas y Tuercas- revista técnica, inyectando gas, Enero 2000, pag 32

Libros

Carlos Gini Lacorte, Tecnología del Petróleo Editorial El Ateneo Pedro garcía S.A. 1963

Gruse And Stevens Chemical Technology of Petroleum, Editorial MIR

Pierre Wuithier, El petróleo, Refino y tratamiento químico, Ediciones CEPESA S.A. Tomo I 1971

Rau,J,G y Wooten, C.D. Environmental Impact Análisis Handbook, Mc Graw-Hill Book Company, 1990

V.A. Proskunakov DeDrobkin.Química del Petróleo y del gas,Editorial MIR Moscu

W.L. Nelson, Jameth G. Clem. Refino del PetróleoEditorial Reverte S.A.1980
Rau,J,G, y Wooten, C,D Environmental Impact

Páginas Web

<http://motorpoint.com/alternativas.htm>

<http://conae.gob.mx/secc14/geocities.html>

<http://www.minag.gob.pe>

<http://khufu.com/palegas/bnv.html>

<http://www.dinamotor.com.ar/fag.htm>

[http://www.erres.com/sustancias y efectos para la salud](http://www.erres.com/sustancias_y_efectos_para_la_salud)

http://www.conae.gob.mx/transporte/gaslp_ficha.html

<http://www.elcomercioperu.com.pe/especiales/airelimpio>

<http://www.geocities.com/researchtriangle/node/6381/70.htm>

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.	
Tabla 1.1	Valores del contenido de plomo en refinerías	11
Tabla 1.2	Calidad Típica-gasolina de 84 Octanos	12
Tabla 3.1	Norma Técnica Peruana INDECOPI	43
Tabla 3.2	Precio Neto de los combustibles	44
Tabla 3.3	Precio de los combustibles con Impuestos	45
Tabla 3.4	Venta de combustibles en el país	46
Tabla 6.1	Emisión Típica de contaminantes por Kg. de petróleo	97
Tabla 6.2	Niveles de emisión de los gases de escape a plena carga, con gasolina y etanol con distintos grados de hidratación.	114
Tabla 6.3	Resultados dinamométricos a plena carga	117
Tabla 7.1	Evaluación económica para un individuo-auto usado (GNC)	133
Tabla 7.2	Evaluación económica para un individuo-auto nuevo (GNC)	135

ÍNDICE DE CUADROS

		Pag.
Cuadro 2.1	Hidrocarburo Base por tipo de gasolina	20
Cuadro 4.1	Antigüedad del parque automotor, Perú año 1996	48
Cuadro 4.2	Antigüedad del parque automotor en el ámbito de Lima	49
Cuadro 4.3	Tipo de combustibles utilizados	49
Cuadro 4.4	Parque automotor nacional estimado por clase de vehículo, según departamento 2005	51
Cuadro 4.5	Proyección del parque automotor nacional según vehículo	52
Cuadro 5.1	Principales Contaminantes del aire, su origen y efectos	54
Cuadro 5.2	Contaminantes emitidos por el parque automotor 1996	57
Cuadro 5.3	Plomo PM10	59
Cuadro 5.4	Factores determinantes de la calidad de aire	63
Cuadro 5.5	Concentración máxima aceptable de contaminantes en el aire	65
Cuadro 5.6	Propuesta de estándares de calidad de aire, Lima M.	66
Cuadro 5.7	Propuesta de estándares de plomo para Lima M.	67
Cuadro 5.8	Valores Normados para los contaminantes del aire- Secretaría de la Salud	68
Cuadro 5.9	Propuesta de estándares de Plomo propuesta por la OMS	69
Cuadro 5.10	Perú: Patrón estándar de calidad de aire y métodos de muestreo, 1997	71
Cuadro 5.11	Lima Metropolitana, monitoreo atmosférico, 1998	73
Cuadro 5.12	Lima Metropolitana, monitoreo atmosférico, concentración de partículas en suspensión, según estación de CONACO	74
Cuadro 5.13	Lima Metropolitana y el Callao, concentración de partículas	75
Cuadro 5.14	Lima Metropolitana: Monitoreo Atmosférico, concentración de plomo (Pb) , 1998	76

Cuadro 5.15	Arequipa: Monitoreo Atmosférico	77
Cuadro 5.16	Ilo: Monitoreo Atmosférico	78
Cuadro 5.17	Tacna: Monitoreo atmosférico	79
Cuadro 5.18	San Juan de Lurigancho, concentración de metales	80
Cuadro 5.19	San Juan de Lurigancho, concentración de plomo	81
Cuadro 5.20	Monitoreo atmosférico principales ciudades	82
Cuadro 6.1	Países que usan Gas Natural para vehículos	91
Cuadro 6.2	Vehículos que usan Gas Natural Comprimido en Canadá	92
Cuadro 6.3	Estructura de precios en el Argentina	93
Cuadro 6.4	Poder calorífico de los componentes en el ámbito de inflamabilidad superiores	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Efecto del plomo tetraetilico en los hidrocarburos	19
Figura 2.2	Sensibilidad de los hidrocarburos-relación de compresión	23
Figura 2.3	Elementos del motor	27
Figura 2.4	Constitución del motor de un cilindro	29
Figura 2.5	Efecto del octanaje en el consumo de combustible	32
Figura 2.6	Países que utilizan 100% de gasolina sin plomo	38
Figura 5.1	Contaminación del aire	53
Figura 6.1	Funcionamiento del vehículo con GLP	104

INDICE DE GRAFICOS

	Pag.
Gráfico 6.1 Potencia efectiva	118
Gráfico 6.2 Consumo de combustible	118
Gráfico 6.3 Consumo específico de combustible	119
Gráfico 6.4 Rendimiento Térmico	119

ANEXO 1

NORMAS ASTM

Standard Test Method for Lead In Gasoline By Atomic Absorption Spectroscopy¹

This standard is issued under the fixed designation D 3237; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

Scope

- 1.1 This test method covers the determination of the total content of gasoline within the concentration range of 0 to 0.10 g of lead/U.S. gal (2.5 to 25 mg/l). This test compensates for variations in gasoline composition is independent of lead alkyl type.
- 1.2 The values given in grams per U.S. gallon are to be used as the standard in the United States. Note that in other countries, other units can be preferred.
- 1.3 This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. For specific hazard statements, see Notes 1 and 2.

Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*
 - D1193 Specification for Reagent Water²
 - D1368 Test Method for Trace Concentrations of Lead in Primary Reference Fuels³
 - D2550 Test Method for Water Separation Characteristics of Aviation Turbine Fuels³
 - D3116 Test Method for Trace Amounts of Lead in Gasoline⁴
 - D4057 Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products⁴

Summary of Test Method

The gasoline sample is diluted with methyl isobutyl alcohol and the alkyl lead compounds are stabilized by reaction with iodine and a quaternary ammonium salt. The lead content of the sample is determined by atomic absorption spectrometry at 283.3 nm, using standards prepared from reagent grade lead chloride. By the use of this method, all alkyl lead compounds give identical response,

Significance and Use

- 4.1 This test method is used to ensure compliance of trace

lead as required by federal regulation for lead-free gasoline (40 CFR part 80).

5. Apparatus

- 5.1 *Atomic Absorption Spectrometer*, capable of scale expansion and nebulizer adjustment, and equipped with a slot burner and premix chamber for use with an air-acetylene flame.
- 5.2 *Volumetric Flasks*, 50-mL, 100-mL, 250-mL, and 1-L sizes.
- 5.3 *Pipets*, 2-mL, 5-mL, 10-mL, 20-mL, and 50-mL sizes.
- 5.4 *Micropipet*, 100- μ L, Eppendorf type or equivalent.

6. Reagents

- 6.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.⁵ Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.
- 6.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean reagent water as defined by Types II or III of Specification D 1193.
- 6.3 *Aliquat 336*⁶ (tricapryl methyl ammonium chloride).
- 6.4 *Aliquat 336/MIBK Solution (10 % volume per volume)*—Dissolve and dilute 100 mL (88.0 g) of Aliquat 336 with MIBK to 1 L.
- 6.5 *Aliquat 336/MIBK Solution (1 % volume per volume)*—Dissolve and dilute 10 mL (8.8 g) of Aliquat 336 with MIBK to 1 L.
- 6.6 *Iodine Solution*—Dissolve and dilute 3.0 g of iodine crystals with toluene to 100 mL.

NOTE 1: Warning—Flammable. Vapor harmful.

6.7 *Lead Chloride (PbCl₂)*.

6.8 *Lead-Sterile Gasoline*—Gasoline containing less than 0.005 g Pb/gal (1.32 mg Pb/l).

NOTE 2: Warning—Extremely flammable. Harmful if inhaled. Vapors may cause flash fire.

NOTE 3—To confirm lead concentrations of less than 0.005 g Pb/gal (1.32 mg Pb/l) refer to Test Methods D 1368 and D 3116. A procedure

¹This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-2 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.03 on Elemental Analysis.

Current edition approved April 27, 1990. Published June 1990. Originally adopted as D 3237 - 73. Last previous edition D 3237 - 79 (1984).

²Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.01.

³Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

⁴Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.02.

⁵"Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications," Am. Chemical Soc., Washington, DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see "Reagent Chemicals and Standards," by Joseph Rosin, D. Van Nostrand Co., Inc., New York, NY, and the "United States Pharmacopeia."

⁶Available from General Mills Corp., Minneapolis, MN 55415.

for the purification of gas turbine fuel appears in Appendix A4 of Test Method D 2550 and can be used to decrease the lead concentration of low lead gasoline to lead-sterile gasoline.

6.9 *Lead, Standard Solution* (5.0 g Pb/gal (1.32 g Pb/l.))—Dissolve 0.4433 g of lead chloride (PbCl₂) previously dried at 105°C for 3 h in about 200 mL of 10 % Aliquat 336/MIBK solution in a 250-mL volumetric flask. Dilute to the mark with the 10 % Aliquat solution, mix, and store in a brown bottle having a polyethylene-lined cap. This solution contains 1321 µg Pb/mL, which is equivalent to 5.0 g Pb/gal.

6.10 *Lead, Standard Solution* (1.0 g Pb/gal (264 mg Pb/l.))—By means of a pipet, accurately transfer 50.0 mL of the 5.0 g Pb/gal (1.32 g Pb/L) solution to a 250-mL volumetric flask, dilute to volume with 1 % Aliquat/MIBK solution. Store in a brown bottle having a polyethylene-lined cap.

6.11 *Lead, Standard Solutions* (0.02, 0.05, and 0.10 g Pb/gal (5.3, 13.2, and 26.4 mg Pb/L))—Transfer accurately by means of pipets 2.0, 5.0, and 10.0 mL of the 1.0-g Pb/gal (264 mg Pb/L) solution to 100-mL volumetric flasks; add 5.0 mL of 1 % Aliquat 336 solution to each flask; dilute to the mark with MIBK. Mix well and store in bottles having polyethylene-lined caps.

6.12 *Methyl Isobutyl Ketone (MIBK)*, (4-methyl-2-pentanone).

7. Sampling

7.1 Take samples of gasoline in compliance with the instructions in Practice D 4057.

7.2 Collect sample in a metal container that can be sealed against leakage.

8. Calibration

8.1 *Preparation of Working Standards*—Prepare three working standards and a blank using the 0.02, 0.05, and 0.10-g Pb/gal (5.3, 13.2, and 26.4 mg Pb/L) standard lead solutions described in 6.11.

8.1.1 To each of four 50-mL volumetric flasks containing 30 mL of MIBK, add 5.0 mL of low lead standard solution and 5.0 mL of lead-free gasoline. In the case of the blank, add only 5.0 mL of lead-free gasoline.

8.1.2 Add immediately 0.1 mL of iodine/toluene solution by means of the 100-µL Eppendorf pipet. Mix well.

8.1.3 Add 5 mL of 1 % Aliquat 336 solution and mix.

8.1.4 Dilute to volume with MIBK and mix well.

8.2 *Preparation of Instrument*—Optimize the atomic absorption equipment for lead at 283.3 nm. Using the reagent

blank, adjust the gas mixture and the sample aspiration rate to obtain an oxidizing flame.

8.2.1 Aspirate the 0.1-g Pb/gal (26.4 mg Pb/L) working standard and adjust the burner position to give maximum response. Some instruments require the use of scale expansion to produce a reading of 0.150 to 0.170 for this standard.

8.2.2 Aspirate the reagent blank to zero the instrument and check the absorbances of the three working standards for linearity.

9. Procedure

9.1 To a 50-mL volumetric flask containing 30 mL MIBK, add 5.0 mL of gasoline sample and mix.

9.1.1 Add 0.10 mL (100 µL) of iodine/toluene solution and allow the mixture to react about 1 min.

9.1.2 Add 5.0 mL of 1 % Aliquat 336/MIBK solution and mix.

9.1.3 Dilute to volume with MIBK and mix.

9.2 Aspirate the samples and working standards and record the absorbance values with frequent checks of the zero.

10. Calculation

10.1 Plot the absorbance values versus concentration represented by the working standards and read the concentrations of the samples from the graph.

11. Precision and Bias

11.1 *Precision*—The precision of this test method as obtained by statistical examination of interlaboratory test results is as follows:

11.1.1 *Repeatability*—The difference between two test results, obtained by the same operator with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material, would in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

0.005 g/U.S gal (1.3 mg/L)

11.1.2 *Reproducibility*—The difference between two single and independent results obtained by different operators in different laboratories on identical test material would, in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

0.01 g/U.S gal (2.6 mg/L)

11.2 *Bias*—The bias for this test method has not been determined. The responsible ASTM study group will solid cooperators to undertake a study of the bias.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Test Method for Lead in Gasoline—Iodine Monochloride Method¹

This standard is issued under the fixed designation D 3341; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method determines total lead in gasolines containing lead alkyls at concentrations between 0.026 and 1.3 g Pb/L, and 0.12 and 6.0 g Pb/UK gal, 0.1 and 5.0 g Pb/US gal.

1.2 The preferred units are grams per litre although both gram per US gallon and grams per UK gallon are acceptable due to their widespread use in the industry.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. For specific hazard statements, see Notes 1, 2, and 5.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 1193 Specification for Reagent Water²

D 4057 Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products³

3. Summary of Test Method

3.1 A known volume of the sample is diluted with heavy distillate and shaken with aqueous iodine monochloride reagent. Any tetraalkyl lead compounds present react with the iodine monochloride and are extracted into the aqueous phase as the dialkyl lead compounds. The aqueous extract is separated from the gasoline and evaporated to low bulk to decompose free iodine monochloride. Any organic matter present is removed by oxidation with nitric acid, which also serves to convert the dialkyl lead compounds into inorganic lead compounds. The residue is dissolved in distilled water and buffered to pH 5 using sodium acetate-acetic acid buffer. The lead content of the buffered solution is determined by titration with EDTA using xylenol orange as indicator.

4. Significance and Use

4.1 This test method determines the concentration of lead alkyl additives in gasoline. These additives improve the antiknock properties.

5. Sampling

5.1 Samples shall be taken in accordance with the instructions in Practice D 4057.

6. Apparatus

6.1 *Separatory Funnel*, borosilicate glass, capacity 250 mL, glass-stoppered with preferably an iodine flask type of neck.

6.2 *Erlenmeyer Flask*, borosilicate glass, capacity 500 mL.

7. Reagents and Materials

7.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.⁴ Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

7.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean reagent water as defined by Type III or Type IV of Specification D 1193.

7.3 *Ammonia Solution (1+1)*—Mix 1 volume of concentrated ammonia solution (rel dens 0.90) with 1 volume of distilled water.

7.4 *Bromthymol Blue Indicator Solution*—Dissolve 0.1 g of bromthymol blue in 50 mL of ethanol and dilute to 100 mL with distilled water.

7.5 *EDTA, Standard Solution (0.005 M)*—Dissolve approximately 3.75 g of diaminoethanetetra-acetic acid, disodium salt, in 2-L of distilled water. Determine the molarity of the solution by standardization with lead nitrate solution as follows:

7.5.1 Using a pipet, transfer 25.0 mL of the standard lead nitrate solution to a 250-mL Erlenmeyer flask. Dilute to about 75 mL with distilled water and add several drops of bromthymol blue indicator solution. Titrate with 1+1 ammonia solution until the color of the solution just changes to blue; then add 10 mL of sodium acetate-acetic acid buffer solution and 5 drops of xylenol orange indicator solution. In the presence of lead the solution will have a rose color. Titrate with the EDTA solution. The color changes near the end point, this being indicated by a sharp change from orange to a permanent bright lemon-yellow.

7.5.2 Record the titre and calculate the molarity of the

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-2 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.03 on Elemental Analysis.

Current edition approved Sept. 15, 1991. Published November 1991. Originally published as D 3341 - 74. Last previous edition D 3341 - 87 ϵ .

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 11.01.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 05.02.

⁴ "Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications." Am. Chem. Soc., Washington, DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see "Reagent Chemicals and Standards" by Joseph Rosin, D. Van Nostrand Co., Inc., New York, NY, and the "United States Pharmacopeia."

TA solution. The addition of excess EDTA produces no color change at the end point.
6 Heavy Distillate—A straight-run, lead-free, petroleum late of low bromine number, with approximately 10 % ing at 400°F 205° and 90 % at 460°F 240°C (Warning Note 1).

NOTE 1: Warning—Combustible.

Iodine Monochloride Reagent (1.0 M) (Warning—see 2)—Dissolve 111.0 g of potassium iodide (KI) in approximately 400 mL of distilled water. Add 445 mL of nitrated hydrochloric acid (sp gr 1.18) and cool to room temperature. Add 75.0 g of potassium iodate (KIO₃) slowly with stirring, until all the free iodine initially formed has redissolved to give a clear orange-red solution (the amounts of KI and KIO₃ are calculated to give a slight excess iodine; if a greater excess is present, this will cause titration of lead and indifferent end points in the EDTA solution). Cool to room temperature and dilute to 1 L with distilled water. Store in a glass-stoppered bottle (Note 3).

NOTE 2: Warning—Iodine monochloride will react with ammonium under certain conditions to yield nitrogen triiodide, which is highly explosive. Take care, therefore, that this reagent does not come into contact with ammonia or ammonium salts.

3—Do not use rubber stoppers to stopper vessels containing iodine monochloride solutions.

Lead Nitrate, Standard Solution (0.005 M)—Weigh with an accuracy of ±0.001 g about 1.7 g of lead nitrate (Pb(NO₃)₂) that has been dried at 105°C and cooled in a desiccator. Dissolve it in distilled water and add 10 mL of 10% nitric acid. Dilute to 1 L with distilled water in a volumetric flask and shake thoroughly to mix. Calculate the molarity of the solution according to the equation:

$$\text{Molarity} = \text{wt (g) of lead nitrate} / 331.23$$

Nitric Acid, concentrated (rel dens 1.42).
Sodium Acetate, Acetic Acid Buffer Solution—Dissolve 3.0 g of anhydrous sodium acetate in about 500 mL of distilled water. Using a buret, add 7.2 mL of glacial acetic acid. Dilute to 1 L with distilled water in a 1-L volumetric flask and shake to mix.

Xylenol Orange Indicator Solution—Dissolve 0.2 g of xylenol orange indicator in 100 mL of distilled water and drop of 1+1 hydrochloric acid. (Prepare freshly each time.)

Procedure

Transfer 50 mL of the iodine monochloride reagent and 25 mL of heavy distillate to the 250-mL separatory funnel. Measure the temperature of the sample to the nearest 0.1°F (Note 4). Using a pipet (Warning—See Note 5), pipet 25 ± 0.05 mL of the sample of the gasoline to the separatory funnel. Immediately stopper the funnel and shake for 60 s. Allow the funnel to stand for several minutes until the two phases have separated and run the aqueous phase into a 500-mL Erlenmeyer flask made of soda glass. Wash the gasoline phase by shaking with three 20-mL portions of distilled water and add the washings to the Erlenmeyer flask.

4—For cool gasolines having a Reid vapor pressure above 7.0 psi, seal the sample container to approximately 60°F (15°C) before

removing the sample for analysis.
NOTE 5: Warning—Never suck leaded gasoline or corrosive liquids into a pipet by the mouth.

8.2 Place several glass beads in the flask, cover the mouth of the flask with a small ribbed watch glass, and place on a hot plate. Heat the contents and allow to boil until the volume of the solution is 15 to 20 mL. Without removing the flask from the hot plate, add 5 mL of concentrated nitric acid down the side of the flask and evaporate the contents almost to dryness to oxidize any organic material present. Repeat the nitric acid treatment, evaporating almost to dryness until all the organic matter has been removed and a white residue remains. Finally remove the watch glass and evaporate the solution to dryness. Remove the flask from the hot plate and allow the contents to cool.

8.3 Add about 200 mL of distilled water to the flask and swirl to dissolve the residue. The residue may be quickly dissolved by heating the solution, but this must be cooled before titrating. Add 5 drops of bromthymol blue indicator and titrate with 1+1 ammonia solution until the color just changes to blue; then add 10 mL of sodium acetate-acetic acid buffer solution and 5 drops of xylenol orange indicator solution. In the presence of lead, the solution will now have a rose color.

8.4 Titrate with the 0.005 M standard EDTA solution. The color of the solution changes to orange near the end point, the end point being indicated by a sharp change from orange to a permanent bright lemon-yellow. Note the titre. The addition of excess EDTA solution produces no further color change at the end point.

8.5 Carry out a blank determination on the reagents, excluding the heavy distillate and omitting the extraction stage and, if necessary, correct the sample titre accordingly.

9. Calculation

9.1 Calculate the concentration of lead by means of one of the following equations (see also Note 6):

$$\text{Lead, g/US gal at 60°F (15.5°C)} = 31.37 TM (1 + 0.00065 (t - 60)) \quad (1)$$

$$\text{Lead, g/UK gal at 60°F (15.5°C)} = 37.68 TM (1 + 0.00065 (t - 60)) \quad (2)$$

$$\text{Lead, g/L at 15°C} = 8.288 TM (1 + 0.0012 (t_x - 15)) \quad (3)$$

where:

T = volume of EDTA solution used to titrate the sample, mL,

M = molarity of EDTA solution,
t = the temperature of gasoline when pipeting sample, °F, and

t_x = temperature of gasoline when pipeting sample, °C.

NOTE 6—The constant 31.37 is obtained from the expression 0.20721 × 3785.3/25, where 0.20721 is the number of grams of lead equivalent to 1 mL of *M* EDTA solution, 3785.3 is the number of millilitres in a US gal, and 25 represents the sample volume in millilitres. The constant 37.68 is obtained by multiplying 31.37 by 1.201 (the ratio of millilitres in 1 UK gal to millilitres in 1 US gal, 4546.0 and 3785.3 respectively). The constant 8.288 is obtained by dividing 31.37 by 3.7853.

NOTE 7—The coefficient of expansion of gasolines is taken as 0.00065/°C at 60°F and 0.0012/°C at 15°C.

NOTE 8—For gasoline containing only tetraethyl-lead (TEL) or tetramethyl-lead (TML), the grams of lead per unit volume can be

verted to millilitres per unit volume by multiplying by the following factors:

- For tetraethyl lead (TEL) = 0.946
- For tetramethyl lead (TML) = 0.648

10. Report

10.1 Report the result to the nearest 0.01 g Pb/US gal at 60°F, 0.01 g Pb/UK gal at 60°F, or 0.002 g Pb/L at 15°C, as appropriate.

11. Precision and Bias

11.1 Precision—The precision of the method as determined by statistical examination of interlaboratory test results is as follows:

11.1.1 Repeatability—The difference between two test results, obtained by the same operator with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material, would in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

$$\text{Litre: } 0.00365 + 0.0073A_2 \tag{4}$$

where:
 A_2 = the average of the results in grams of lead per litre at 15.5°C.

$$\text{US gallon: } 0.0138 + 0.0073A \tag{5}$$

where:
 A = the average of the results in grams of lead per US gallon at 60°F (15.5°C)

$$\text{UK gallon: } 0.0166 + 0.0073A_1 \tag{6}$$

where:
 A_1 = the average of the results in grams of lead per UK gallon at 60°F (15.5°C)

11.1.2 Reproducibility—The difference between two single and independent results obtained by different operators working in different laboratories on identical test material would, in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

$$\text{Litre: } 0.0135 + 0.027A_2$$

where:
 A_2 = the average of the results in grams of lead per litre at 15.5°C.

$$\text{UK gallon: } 0.0613 + 0.027A_1$$

A_1 = the average of the results in grams of lead per UK gallon at 60°F (15.5°C)

$$\text{US gallon: } 0.0511 + 0.027A$$

where:
 A = the average of the results in grams of lead per US gallon at 60°F (15.5°C)

NOTE 9—The above precision was obtained in an ISO cooperative test program on samples covering a range from 1.0 to 3.3 g Pb/US gal. In a subsequent ASTM testing program the range was extended down to 0.1 g Pb/US gal with equal or better precision. Although no samples with lead concentrations as high as the 5.0 g Pb/US gal specified in the Scope were tested, there is no obvious reason why the method should not be equally satisfactory at that concentration.

NOTE 10—In the cooperative test program from which the above precision was obtained, dimethyl yellow was used as the indicator.

11.1.3 Bias—It is not practicable to specify the bias of the test method for measuring lead because the responsible subcommittee, after diligent search, was unable to attract volunteers for an interlaboratory study.

12. Keywords

12.1 gasoline; iodine monochloride; lead

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

Standard Test Method for Rapid Field Test for Trace Lead In Unleaded Gasoline (Colorimetric Method)¹

This standard is issued under the fixed designation D 3348; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

1. Scope

1.1 This test method² is intended for use in the field by nontechnical people for the quantitative measurement of lead in unleaded gasoline in the range from 0.01 to 0.10 g Pb/U.S. gal (2.64 to 26.4 mg Pb/l.). This method applies to all commercial gasolines and responds to all types of lead alkyls as well as to other organic and inorganic forms of lead.

NOTE 1—This test method is a screening test and is not to be used as a replacement for Test Method D 3116, Test Method D 3229, or Test Method D 3237.

1.2 This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. For specific precautionary statements, see Notes 3 and 4 and Section 7.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 3116 Test Method for Trace Amounts of Lead in Gasoline¹
- D 3229 Test Method for Low Levels of Lead in Gasoline by Wavelength Dispersive X-Ray Spectrometry⁴
- D 3237 Test Method for Lead in Gasoline by Atomic Absorption Spectrometry³

3. Summary of Test Method

3.1 The gasoline is treated with iodine and tetraethyl ammonium chloride in chloroform and subjected to ultraviolet light. The lead alkyls form water-soluble lead alkyl iodides, which are removed from the gasoline by shaking it with an aqueous ammonium nitrate solution. The aqueous extract is filtered into a solution of 4-(2-pyridylazo)-resorcinol disodium salt (PAR) and ammonium hydroxide. The lead is determined by measuring its PAR complex colorimetrically at 490 nm using a previously prepared calibration curve.

4. Significance and Use

4.1 This test is used to determine trace quantities of lead in unleaded gasoline. Unwarranted amounts of lead may

cause deposits in automotive pollution control equipment and poisoning of catalytic mufflers.

5. Interferences

5.1 PAR also reacts with many other metals forming highly colored complexes. However, none of these are normally found present in a soluble form in gasoline. The following metals were found to form colors with PAR and if present may interfere to give high results: Fe II, Fe III, Co II, Ni II, Cu II, Zn II, Cd II, Mn II, Sn II, V IV, Pb II, U VI, Ti IV, and the rare earths.

6. Apparatus

6.1 *Ultraviolet Lamp*,⁵ long wavelength, 3660 Å, placed in a standard 4-W fluorescent fixture.

NOTE 2—A 3-min electric timer⁶ is connected to the fixture in the prototype kit.

6.2 *Measuring Block*, aluminum, drilled to hold an 18 by 150-mm test tube, with a mark at a level equal to 5.0 mL of liquid in the test tube.

6.3 *Colorimeter, Portable*,⁷ capable of operating at 490 nm. Any equivalent instrument capable of measurement near 514 nm (the optimum Pb-PAR complex wavelength) may be used.

6.4 *Test Tubes*,⁸ borosilicate, 18 by 150 mm.

6.5 *Pipets*, glass, dropping, capable of delivering 2.0 ml with a 2-mL bulb.

NOTE 3: Caution—Gasoline or any of the reagents must not come in contact with rubber. If this happens, discard the bulb and pipet and start again.

6.6 *Funnel*, plastic, 2 in. in inside diameter.

6.7 *Filter Paper*,⁹ ashless, hardened, smooth, very fast 11.0 cm in diameter.

6.8 *Graduated Cylinder*, plastic, 10-mL.

6.9 *Glass Vials*,¹⁰ with caps, disposable, 1-oz capacity.

⁵ Lamp F4T5.B1, available from the General Electric Co., or equivalent, has been found satisfactory for this purpose.

⁶ Three-minute timer, available from H. M. Rhodes, Avon, CT 06001, Catalog No. 90021, has been found satisfactory for this purpose.

⁷ Instruments supplied by Markson Science Inc., 7185 S 46th Street, Phoenix AZ 85040, and Science Essentials Inc., P. O. Box 6100, Anaheim, CA 92806, have been found to be satisfactory in cooperative tests. Any other instrument may be used provided it is capable of meeting the precision requirements of the method.

⁸ Disposable culture tubes, available from the Sargent Welch Co., 35 Stearns Ave., Springfield, NJ 07081, Catalog No. S-79523K, have been found satisfactory for this purpose.

⁹ Certain filter papers that would allow the organic layer (gasoline/chloroform) to filter through are not acceptable.

¹⁰ Glass vials, available from the J. W. Wilson Glass Co., 501 S. Park Ave. Linden, NJ 07036, Catalog No. 60957, have been found satisfactory for this purpose.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-2 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.03 on Elemental Analysis.

Current edition approved March 15, 1992. Published May 1992. Originally published as D 3348 - 74. Last previous edition D 3348 - 91.

² This test method is based on the use of the Mobil Lead Test Kit (Fig. X1.1).

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 05.02.

⁴ Discontinued. See 1992 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 05.02.

7. Reagents

7.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.¹¹ Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

7.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, reference to water shall be understood to mean distilled water or water of equal purity.

7.3 *Ammonium Hydroxide* (sp gr 0.90)—Concentrated ammonium hydroxide (NH_4OH).

7.4 *Ammonium Nitrate Solution (Reagent B)*—Dissolve 15.0 ± 0.1 g of ammonium nitrate (NH_4NO_3) in 750 mL of water in a 1-L volumetric flask. Dilute to the mark with water.

7.5 *Chloroform* (CHCl_3)—(Danger: May be fatal if swallowed. Harmful if inhaled. May produce toxic vapors if burned. Chronic or repeated exposure can cause liver or kidney damage. See Annex A1.1.)

NOTE 4: Warning—Harmful if inhaled or swallowed. Carcinogen (animal positive). Skin and eye irritant. May produce toxic vapors if burned.

7.6 *Disodium Salt of 4-(2-pyridylazo)-Resorcinol Dihydrate (PAR·2H₂O) (Reagent C)*—Dissolve 25.0 ± 0.1 mg of PAR in 750 mL of water in a 1-L volumetric flask. Add 10.0 ± 0.1 mL of concentrated NH_4OH . Dilute to the mark with water. Store this in brown bottles out of direct sunlight or in the dark.

NOTE 5: Caution—Low results are obtained if the monosodium or unsalted PAR is used in this test. Field experience has shown that the PAR reagent can deteriorate within two to six months. The PAR reagent should be tested by adding the reagent to a test tube and determining the percent transmittance. If the percent transmittance is less than 80 %, the reagent should be discarded.

7.7 *Gasoline, Lead-Free*—Gasoline containing less than 0.05 g Pb/gal (13.0 mg Pb/L). (Danger: Extremely flammable. Harmful if inhaled. Vapors may cause flash fire. See Annex A1.2.)

7.8 Iodine.

7.9 *Iodine/TEAC/ CHCl_3 Solution (Reagent A)*—Dissolve $1.000 \text{ g} \pm 1 \text{ mg}$ of iodine in 75 mL of chloroform (CHCl_3) in a 100-mL volumetric flask. Add $1.000 \text{ g} \pm 1 \text{ mg}$ of tetraethylammonium chloride (TEAC) and mix until dissolved. Dilute to the mark with CHCl_3 .

NOTE 6—Solutions described in 7.4, 7.6, and 7.9 have been found to be stable for at least 2 months.

7.10 Lead Standards

¹¹ Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications," Am. Chemical Soc., Washington, DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see "Reagent Chemicals and Standards," by Joseph Rosin, D. Van Nostrand Co., Inc., New York, NY, and the "United States Pharmacopeia."

lead standards prepared by addition of known amounts of various lead alkyls to blended unleaded gasoline to cover the range of this method.

7.11 Tetraethylammonium Chloride Monohydrate (TEAC).

8. Calibration

8.1 Prepare a calibration curve as follows, using at least four gasoline standards of known lead content that cover the range from 0.01 to 0.10 g Pb/gal (2.64 to 26.4 mg Pb/L).

8.1.1 Rinse the 2-mL graduated pipet three times with the gasoline sample. Add 2.0 mL of the sample to a 1-oz glass vial. Add 2.0 mL of iodine/TEAC/ CHCl_3 solution (Reagent A) from another pipet, to the vial containing the gasoline. Tightly cap the vial.

8.1.2 Place the vial on the ultraviolet light and set the timer to give the sample a 3-min exposure.

8.1.2.1 **Caution**—Ultraviolet light can be harmful to the eyes. A protective shield has been provided in the prototype kit. DO NOT remove it or otherwise defeat its purpose. DO NOT stare at the light.

8.1.3 After exposure, remove and uncap the vial. Measure 10.0 mL of ammonium nitrate solution (Reagent B) into the 10-mL graduated cylinder. Add this to the vial containing the sample. Recap and shake the vial vigorously for 1 min. (The timer in the kit may be used.)

8.1.4 Place a clean 18-mm test tube in the aluminum measuring block. Add 5.0 mL of PAR solution (Reagent C) to the test tube using the mark on the block such that the upper level of liquid in the tube is equal to the mark on the block. Place the plastic funnel in the test tube. Fold a piece of filter paper and place in the funnel.

8.1.5 When the two layers of liquid in the vial have separated (8.1.3), pour the entire contents of the vial inside the filter paper. The aqueous layer will filter into the test tube; the gasoline/ CHCl_3 layer will remain in the filter paper. Tap the funnel to add any remaining drops of aqueous solution to the test tube. Remove the funnel and discard its contents. Swirl the test tube gently using a wrist action to obtain a uniform color.

NOTE 7—The lead-PAR complex formed in 8.1.5 must be measured within 10 min after starting 8.1.5.

NOTE 8—A few drops of the organic layer may come through the filter paper. This will not alter the results and can therefore be tolerated. However, if more than 10 drops do come through, refill the aqueous layer through a fresh filter paper into a clean empty test tube.

NOTE 9—Swirling may cause air bubbles to be trapped in the liquid. Wait for these to settle before continuing. Wipe the test tube off with a clean towel to remove any fingerprints that may be present on the surface of the tube.

8.2 Zero and standardize the colorimeter as follows:

8.2.1 Set the colorimeter at 490 nm. Set zero absorbance (100 % transmittance) with water in an 18-mm test tube. Read and record the absorbance (or percent transmittance) obtained for the standards.

8.2.2 Plot the absorbance values versus concentration on rectangular coordinate paper. (If percent transmittance values are used, plot them versus concentration using semilog paper, with the percent transmittance values on the log scale.) Draw a best fit line by eye. (See Figs. 1 and 2 for

examples.) When plotting absorbance versus concentration note that the curve does not pass through the origin.

9. Procedure¹²

9.1 Prepare the sample in accordance with the directions given in 8.1.1 through 8.1.5.

9.2 Place the test tube containing the water in the colorimeter and set the absorbance to zero, or to 100 % transmittance.

9.3 Place the sample in the colorimeter and read the absorbance or percent transmittance.

NOTE 10: Time Limit—The PAR-lead solution obtained for the sample in 9.1 must be read within 10 min after the step described in 8.1.5.

9.4 From the calibration curve, find the lead content of the sample. Determine the lead content to the nearest 0.001 g/gal (0.26 mg/L) value. Report the lead content to 0.01 g/gal (2.64 mg/L).

NOTE 11—The lead content may be obtained from the calibration curve to three significant figures (0.001 g/gal); however, the value must

be rounded to two significant figures (0.01 g/gal) for reporting purposes. When the third digit is 5 the value should be rounded to the nearest even number. For example, 0.035 g/gal would be reported as 0.04 g/gal, while 0.045 g/gal would also be reported as 0.04 g/gal.

10. Precision

10.1 The precision of this test method as determined by statistical examination of interlaboratory test results is as follows:

10.1.1 *Repeatability*—The difference between two test results, obtained by the same operator with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material, would in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

0.01 g/gal (2.64 mg/L)

10.1.2 *Reproducibility*—The difference between two single and independent results obtained by different operators working in different laboratories on identical test material would, in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the following values only in one case in twenty:

0.02 g/gal (5.28 mg/L)

Short form instructions are outlined in the Appendix.

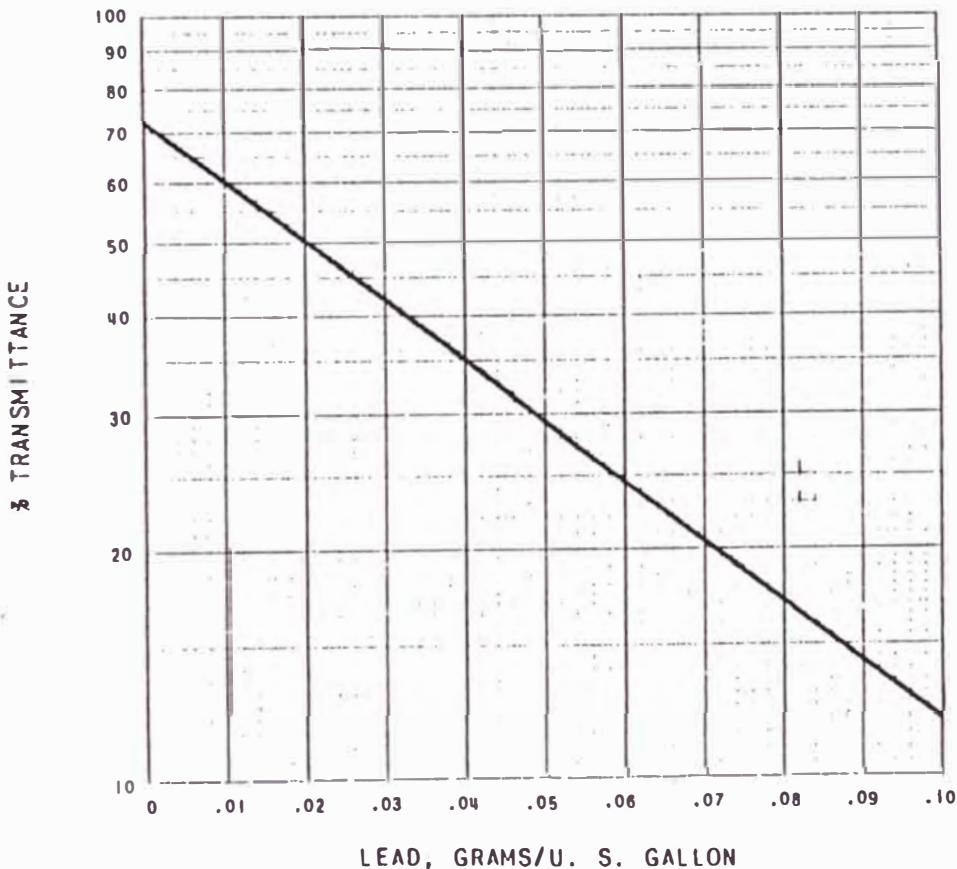


FIG. 1 Graph of Transmittance Values Versus Concentration

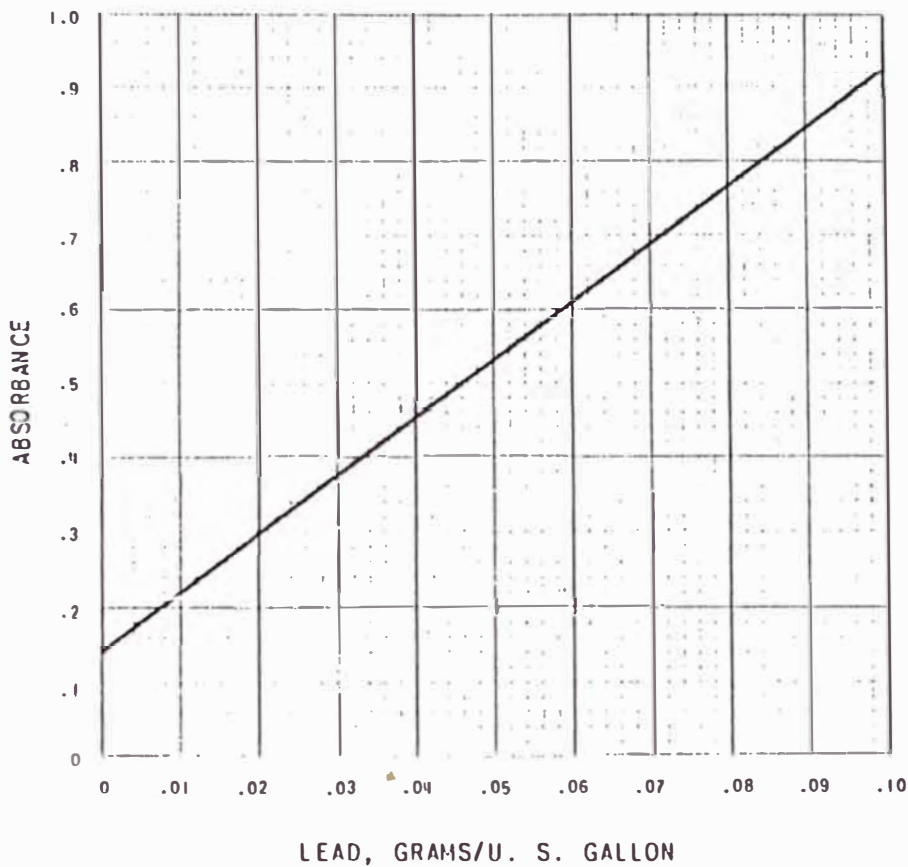


FIG. 2 Graph of Absorbance Values Versus Concentration

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. PRECAUTIONARY STATEMENTS

A1.1 Chloroform

Danger: May be fatal if swallowed.
 Harmful if inhaled. May produce toxic vapors if burned.
 Keep container closed.
 Avoid prolonged breathing of vapor or spray mist.
 Avoid contact with eyes and skin.
 Do not take internally.
 Use with adequate ventilation.

Harmful if inhaled. Vapors may cause flash fire.
 Keep away from heat, sparks, and open flame.
 Keep container closed.
 Use with adequate ventilation.
 Avoid build up of vapors and eliminate all sources of ignition especially nonexplosion proof electrical apparatus and heaters.
 Avoid prolonged breathing of vapor or spray mist.
 Avoid prolonged or repeated skin contact.

A1.2 Gasoline (white)

Danger: Extremely flammable.

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

XI. SHORT-FORM INSTRUCTIONS

NOTE X1.1—Become familiar with the method and carefully read the notes before using the short-form instructions.

X1.1 Place 2 ml. of gasoline in a 1-oz glass vial, using a graduated eye dropper.

X1.2 Add 2 ml. of Reagent A (iodine solution), using another graduated eye dropper.

X1.3 Cap the vial, place it on the ultraviolet light, and set the timer for 3 min.

X1.4 When the light goes out, remove the vial and uncap.

X1.5 Place 10 ml. of Reagent B (ammonium nitrate solution) into the graduated cylinder. Add this to the vial. Recap the vial. Shake vigorously for 1 min.

X1.6 Place a test tube in the measuring block. Add 5 ml. of Reagent C (PAR Solution) to the tube using the mark on

the block as a reference. Place the plastic funnel in the tube, and place the folded filter paper in the funnel.

X1.7 Pour the entire contents of the shaken vial into the filter paper.

X1.8 When all of the aqueous layer has filtered through, remove the funnel and discard the filter paper and contents. Swirl the tube to get a uniform color.

X1.9 Set the colorimeter at 490 nm. Set zero absorbance or 100 % transmittance with distilled water reference tube provided in the kit.

X1.10 Place the sample in the colorimeter. Read the absorbance or percent transmittance. Refer to a standard curve for the lead content of the sample. Report to the nearest 0.01 g Pb/gal (2.64 mg Pb/l.).

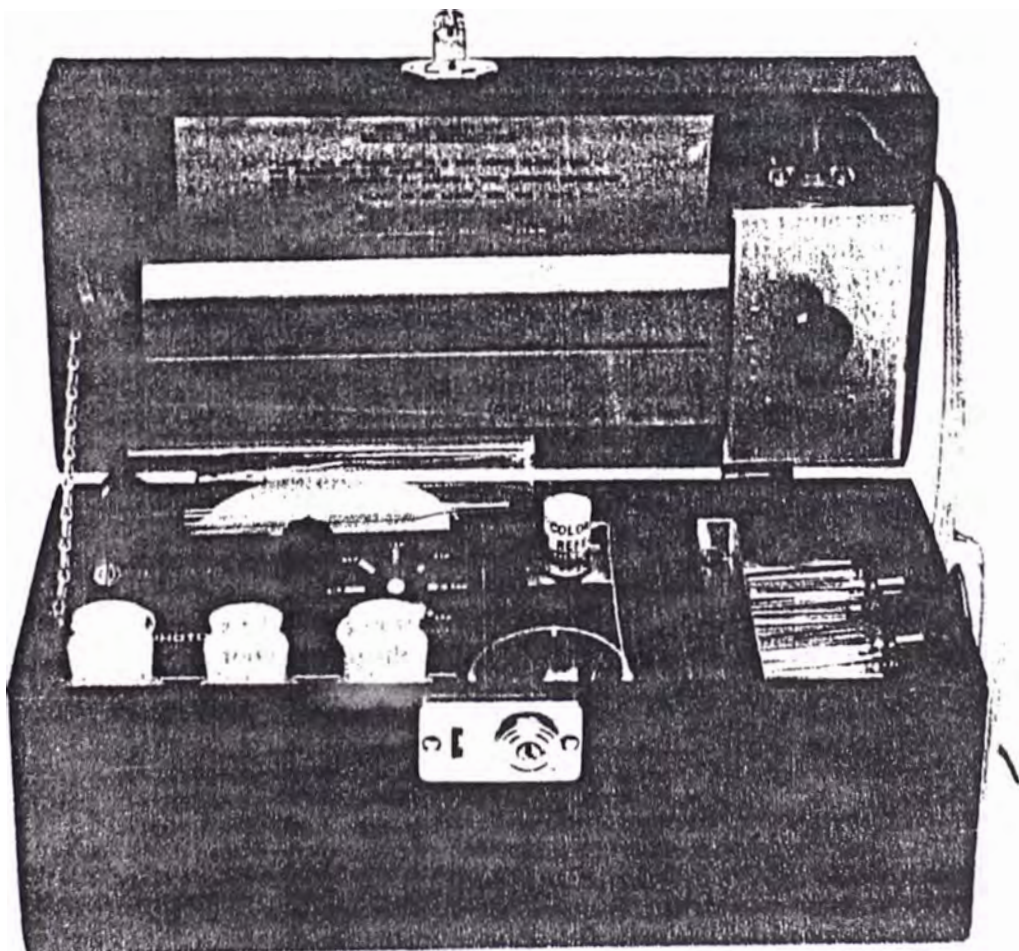


FIG. X1.1 Mobil Lead Test Kit

 **D 3348**

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

PETROLEOS DEL PERU

**GERENCIA COMERCIALIZACION
DEPARTAMENTO DE VENTAS
GRUPO SERVICIOS TECNICOS**

**STANDARDS ASTM
AÑO 1997
SECCION 5 – VOLUMEN 05.01**

**NORMA ASTM D 4814-96:
Especificaciones para
Gasolinas Uso Motor**

San Isidro, 16 de Setiembre 1998.

PETROPERU ... MEJORANDO LA CALIDAD DE VIDA

Standard Specification for Automotive Spark-Ignition Engine Fuel¹

This standard is issued under the fixed designation D 4814; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification guides in establishing requirements of automotive fuels for ground vehicles equipped with spark-ignition engines.

1.2 This specification describes various characteristics of automotive fuels for use over a wide range of operating conditions. It provides for a variation of the volatility and water tolerance of automotive fuel in accordance with seasonal climatic changes at the locality where the fuel is used. For the period May 1 through September 15, the maximum vapor pressure limits issued by the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) are specified for each geographical area except Alaska and Hawaii. Variation of antiknock index with seasonal climatic changes and altitude is discussed in Appendix X1. This specification neither necessarily includes all types of fuels that are satisfactory for automotive vehicles, nor necessarily excludes fuels that can perform unsatisfactorily under certain operating conditions or in certain equipment. The significance of each of the properties of this specification is shown in Appendix X1.

1.3 The spark-ignition engine fuels covered in this specification are gasoline and its blends with oxygenates such as alcohols and ethers. This specification does not apply to fuels that contain an oxygenate as the primary component, such as Fuel Methanol (M85). The concentrations and types of oxygenates are not specifically limited in this specification. However, depending on oxygenate type, as oxygenate content increases above some threshold level, the likelihood for vehicle problems also increases. The composition of both unleaded and leaded fuel is limited by economic, legal, and technical consideration, but their properties, including volatility, are defined by this specification. In addition, the composition of unleaded fuel is subject to the rules, regulations, and Clean Air Act waivers of the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). With regard to fuel properties, including volatility, this specification can be more or less restrictive than the EPA rules, regulations, and waivers. Refer to Appendix X3 for discussions of EPA rules relating to fuel volatility, lead and phosphorous contents, and use of oxygenates in blends with unleaded gasoline. Contact EPA for the latest versions of the rules and additional requirements.

1.4 This specification does not address the emission characteristics of reformulated spark-ignition engine fuel.

Reformulated spark-ignition engine fuel is required in some areas to lower emissions from automotive vehicles, and its characteristics are described in the research report on reformulated spark-ignition engine fuel.² However, in addition to the legal requirements found in this research report, reformulated spark-ignition engine fuel should meet the performance requirements found in this specification.

1.5 This specification represents a description of automotive fuel as of the date of publication. The specification is under continuous review, which can result in revisions based on changes in fuel, automotive requirements, or test methods, or a combination thereof. All users of this specification, therefore, should refer to the latest edition.

NOTE 1—If there is any doubt as to the latest edition of Specification D 4814, contact ASTM Headquarters.

1.6 Tests applicable to gasoline are not necessarily applicable to its blends with oxygenates. Consequently, the type of fuel under consideration must first be identified in order to select applicable tests. Test Method D 4815 provides a procedure for determining oxygenate concentration in mass percent. Test Method D 4815 also includes procedures for calculating mass oxygen content and oxygenate concentration in volume percent. Appendix X4 provides a procedure for calculating the mass oxygen content of a fuel using measured oxygenate type, oxygenate concentration in volume percent, and measured density or relative density of the fuel.

1.7 The test method in Annex A1 is state-of-the-art; however, it may be revised and eventually balloted for publication as a separate standard.

1.8 The values stated in SI units are the standard, except when other units are specified by federal regulation. Values given in parentheses are provided for information only.

NOTE 2—Many of the values shown in Table 1 were originally developed using U.S. customary units and were subsequently converted to SI values. As a result, conversion of the SI values sometimes differ slightly from the U.S. customary values shown because of round-off. In some cases, federal regulations specify non-SI units.

1.9 The following safety hazard caveat pertains only to the test method portion, Annex A1 of this specification. *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee D-2 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.A on Gasoline and Oxygenated Fuels.

Current edition approved Nov. 10, 1996. Published January 1997. Originally published as D 4814 – 88. Last previous edition D 4814 – 95C.

² Available from ASTM Headquarters. Request RR:D02-1347.

- D 86 Test Method for Distillation of Petroleum Products³
- D 130 Test Method for Detection of Copper Corrosion from Petroleum Products by the Copper Strip Tarnish Test³
- D 287 Test Method for API Gravity of Crude Petroleum and Petroleum Products (Hydrometer Method)³
- D 381 Test Method for Existent Gum in Fuels by Jet Evaporation³
- D 439 Specification for Automotive Gasoline⁴
- D 525 Test Method for Oxidation Stability of Gasoline (Induction Period Method)³
- D 1266 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (Lamp Method)³
- D 1298 Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method³
- D 2500 Test Method for Cloud Point of Petroleum Products³
- D 2533 Test Method for Vapor-Liquid Ratio of Spark-Ignition Engine Fuels³
- D 2622 Test Method for Sulfur in Petroleum Products by X-Ray Spectrometry⁵
- D 2699 Test Method for Knock Characteristics of Motor Fuels by the Research Method⁶
- D 2700 Test Method for Knock Characteristics of Motor and Aviation Fuels by the Motor Method⁶
- D 2885 Test Method for Research and Motor Method Octane Ratings Using On-Line Analyzers⁶
- D 3120 Test Method for Trace Quantities of Sulfur in Light Liquid Petroleum Hydrocarbons by Oxidative Microcoulometry⁵
- D 3231 Test Method for Phosphorus in Gasoline⁵
- D 3237 Test Method for Lead in Gasoline by Atomic Absorption Spectrometry⁵
- D 3341 Test Method for Lead in Gasoline—Iodine Monochloride Method⁵
- D 3552 Test Method for Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter⁵
- D 3557 Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products⁵
- D 3506 Practice for Aviation Fuel Sample Containers for Tests Affected by Trace Contamination
- D 3515 Test Method for Determination of MTBE, ETBE, AME, DIPE, tertiary-Amyl Alcohol and C₁ to C₄ Alcohols in Gasoline by Gas Chromatography
- D 3553 Test Method for Vapor Pressure of Gasoline and Gasoline-Oxygenate Blends (Dry Method)
- D 3559 Test Methods for Lead in Gasoline by X-Ray Spectroscopy⁷
- D 3588 Test Method for Vapor-Liquid Ratio Temperature Determination of Fuels (Evacuated Chamber Method)
- D 3590 Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Automatic Method)⁷
- D 3591 Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Mini Method)⁷

- D 5453 Test Method for the Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Motor Fuels, and Oils by Ultraviolet Fluorescence⁷
- D 5482 Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Mini Method-Atmospheric)⁷
- E 1 Specification for ASTM Thermometers⁸

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *antiknock index, n*—the arithmetic average of the Research octane number (RON) and Motor octane number (MON), that is, (RON + MON)/2.

3.1.2 *gasoline, n*—a volatile mixture of liquid hydrocarbons, generally containing small amounts of additives, suitable for use as a fuel in spark-ignition, internal combustion engines.

3.1.3 *gasoline-alcohol blend, n*—a fuel consisting primarily of gasoline along with a substantial amount (more than 0.35 mass percent oxygen, or more than 0.15 mass percent oxygen if methanol is the only oxygenate) of one or more alcohols.

3.1.4 *gasoline-ether blend, n*—a fuel consisting primarily of gasoline along with a substantial amount (more than 0.35 mass percent oxygen) of one or more ethers.

3.1.5 *gasoline-oxygenate blend, n*—a fuel consisting primarily of gasoline along with a substantial amount (more than 0.35 mass percent oxygen, or more than 0.15 mass percent oxygen if methanol is the only oxygenate) of one or more oxygenates.

3.1.6 *oxygenate, n*—an oxygen-containing, ashless, organic compound, such as an alcohol or ether, which can be used as a fuel or fuel supplement.

3.2 *Applicability*—In order to determine when a fuel contains a substantial amount of an oxygenate, a gasoline-oxygenate blend is defined as a fuel which contains more than 0.35 mass percent oxygen, or more than 0.15 mass percent oxygen if methanol is the only oxygenate. The definitions in this section do not apply to fuels that contain an oxygenate as the primary component; for example, fuel methanol (M85).

NOTE 3—The criteria in 3.2 were selected with consideration given to current oxygenate levels in the marketplace, state labeling practices, and consistency with federal legislation and regulations.

NOTE 4—Refer to Test Method D 4815 to calculate the mass oxygen content of a fuel using oxygenate concentration in mass percent. Refer to Appendix X4 to calculate mass oxygen content of a fuel using oxygenate concentration in volume percent.

4. Ordering Information

4.1 The purchasing agency shall:

4.1.1 State the antiknock index as agreed upon with the seller,

4.1.2 Indicate the season and locality in which the fuel is to be used,

4.1.3 Indicate the lead level required (Table 3), and

4.1.4 State the concentration and types of oxygenates present as agreed upon with the seller.

5. Performance Requirements

5.1 Some requirements and test methods applicable to

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

⁴ Repealed—See 1990 Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.02.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.04.

⁷ Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.03.

⁸ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.03.

TABLE 1 Vapor Pressure and Distillation Class Requirements

Vapor Pressure/ Distillation Class	Vapor Pressure, ^a max, kPa(psi)	Distillation Temperatures, °C(°F), at % Evaporated ^b					Distillation Residue, vol %, max
		10 vol %, max	50 vol %		90 vol %, max	End Point, max ^c	
			min	max			
AA	54(7.8)	70(158)	77(170)	121(250)	190(374)	225(437)	2
A	62(9.0)	70(158)	77(170)	121(250)	190(374)	225(437)	2
B	69(10.0)	65(149)	77(170)	118(245)	190(374)	225(437)	2
C	79(11.5)	60(140)	77(170)	118(240)	185(365)	225(437)	2
D	93(13.5)	55(131)	66(150)	113(235)	185(365)	225(437)	2
E	103(15.0)	50(122)	66(150)	110(230)	185(365)	225(437)	2

^a Consult EPA for approved test methods for compliance with EPA vapor pressure regulations.

^b At 101.3 kPa pressure (760 mm Hg).

TABLE 2 Vapor Lock Protection Class Requirements

Vapor Lock Protection Class	Vapor/Liquid Ratio (V/L) ^{a,b}	
	Test Temperature, °C(°F)	V/L, max
1	60(140)	20
2	56(133)	20
3	51(124)	20
4	47(116)	20
5	41(105)	20
6	35(95)	20

^a At 101.3 kPa pressure (760 mm Hg).

^b The mercury confining fluid procedure of Test Method D 2533 shall be used for gasoline-oxygenate blends. Either glycerin or mercury confining fluid may be used for gasoline. Test Method D 5188 may be used for all fuels. The procedure for estimating temperature-V/L (see Appendix X2) may only be used for gasoline.

automotive spark-ignition engine fuel depend on whether the fuel is a gasoline, or a gasoline-oxygenate blend. Test Method D 4815, a gas chromatographic test method, is the recommended procedure to detect the types and amounts of oxygenates. Once the type of fuel is known, the appropriate requirements and test methods can be identified by reference to Tables 1 and 2 and Section 7.

5.2 Volatility of fuels is varied for seasonal climatic changes and conformance to U.S. EPA volatility regulations by providing six vapor pressure/distillation classes and six vapor lock protection classes for fuel. Volatility of fuel is specified by an alphanumeric designation that uses a letter from Table 1 and a number from Table 2.

5.2.1 The seasonal and geographic distribution of the combined vapor pressure/distillation-vapor lock classes is shown in Table 4.

5.2.2 The EPA vapor pressure regulations can cause the distillation of the fuel to be less volatile, which for some vehicles, results in poorer warmup driveability performance.

5.2.3 Test Method D 2533 contains procedures for measuring temperature-V/L of both gasoline and gasoline-oxygenate blends. For gasoline-oxygenate blends, the procedure requires that mercury be used as the confining fluid in place of glycerin. Either confining fluid may be used for gasoline. Test Method D 5188 is an alternative method for determining vapor-liquid ratio temperatures by an evacuated chamber method for gasoline-oxygenate blends, as well as gasoline. In case of dispute, Test Method D 2533 is the referee method. The method for estimating temperature-V/L (see Appendix X2) is only applicable for gasoline.

5.3 Antiknock index (AKI) is very important to engine performance. The matching of engine octane requirement to fuel octane level (AKI) is critical to the durability and performance of engines; this cannot be accomplished with a single specified minimum level of antiknock index. Ap-

pendix X1 includes a discussion of antiknock indexes of fuels currently marketed and relates these levels to the octane needs of broad groups of engines and vehicles. Also discussed is the effect of altitude and weather on vehicle antiknock requirements.

5.4 Additional fuel requirements are shown in Table 3.

5.5 The properties of gasoline-oxygenate blends can differ considerably from those of gasoline. Consequently, additional requirements are needed for gasoline-oxygenate blends. These requirements involve evaluation of compatibility with plastic and elastomeric materials in fuel systems, corrosion of metals, and especially in the case of gasoline-alcohol blends, water tolerance. Requirements for metal corrosion (other than copper) and material compatibility are not given because test methods and appropriate limits are still under development. When these have been developed they will be included in this specification. Water tolerance is specified in Table 5.

5.6 Depending on oxygenate type and concentration in the blend, vehicle driveability with gasoline-oxygenate blends can differ significantly from that with gasolines having similar volatility characteristics.

5.7 Water Tolerance:

5.7.1 The term water tolerance is used to indicate the ability of a gasoline-oxygenate blend to dissolve water without phase separation. This may not be a problem with gasoline-ether blends, but it is of primary concern for alcohol-containing blends, as blends of gasoline with low-molecular weight alcohols generally will dissolve about 0.1 to 0.7 mass % of water under normal conditions, depending on the nature and amount of the alcohol(s) used, the specific hydrocarbons present, and the temperature of the blend. When blends are exposed to a greater amount of water than they can dissolve, they separate into an alcohol-rich aqueous phase, the volume of which can be significantly greater than that of the additional water, and an alcohol-poor hydrocarbon phase. As the aqueous phase can be highly corrosive to many metals and the engine cannot operate on it, such separation is very undesirable. Blends containing low-molecular weight alcohols are generally hygroscopic and can eventually absorb enough moisture from ambient air to cause separation. The problem of phase separation can usually be avoided if the fuels are sufficiently water-free initially and care is taken during distribution to prevent contact with water. To help ensure this, gasoline-oxygenate blends shall be tested at the lowest temperatures to which they can be subjected, dependent on the time and place of intended use, as indicated in Table 5. The values in Table 5 are the 10th percentile 6-h minimum temperatures, with

TABLE 3 Detailed Requirements for all Volatility Classes^a

Lead Content, max, g/L (g/U.S. gal) ^b		Copper Strip Corrosion, max	Solvent-washed Gum Content, mg/100 mL	Sulfur, max, mass %		Oxidation Stability, Minimum, minutes ^c	Water Tolerance
Unleaded	Leaded			Unleaded	Leaded		
0.013(0.05)	1.1(4.2)	No. 1	5	0.10	0.15	240	°

^a See Appendix X1 for information on Antiknock Index.

^b See Appendix X3 for U.S. EPA maximum limits for lead and phosphorus contents in unleaded gasoline (X3.2.1) and maximum average lead limits for leaded gasoline (X3.2.2).

^c Water tolerance limits in terms of maximum temperature for phase separation are given in Table 5 (consult Annex A1).

each reading specifically defined as the highest temperature of the six coldest consecutive hourly temperature readings of a 24-h day. For April through September (and occasionally October, and year-round for Hawaii), Table 5 specifies a minimum phase separation temperature of 10°C (50°F), even though the 10th percentile 6-h minimum temperature can be higher. Use of this temperature limit also reduces the risk of separation of the fuel in storage tanks where temperatures may be lower than ambient.

NOTE 5—The values in Table 5 are taken from the U.S. Army Belvoir Research Development and Engineering Center's Report No. 316, entitled "A Predictive Study for Defining Limiting Temperatures and Their Application in Petroleum Product Specifications." This can be obtained as Publication AD756-420 from the National Technical Information Service, Springfield, VA 22151.

5.7.2 The test procedure (see Annex A1) consists of cooling the fuel under specified conditions to the appropriate temperature listed in Table 5. It is important to note that when cooling to a low temperature some gasolines and many gasoline-oxygenate blends, especially those containing ethers, can take on a hazy appearance. This haze must be carefully distinguished from the test criterion described in Annex A1 of separation into two distinct phases with a more or less distinct common boundary, and must not be considered grounds for rejection of the fuel. This test also must not be confused with that described in Section 6, which is conducted at 21°C (70°F) or above, and for which the appearance of haze is proper grounds for rejection.

Workmanship

6.1 The finished fuel shall be visually free of undissolved water, sediment, and suspended matter; it shall be clear and bright at the ambient temperature or 21°C (70°F), whichever is higher.

6.2 Fuel to be used in this test shall not be cooled below about 15°C (59°F) or its temperature at the time the sample was taken, whichever is lower, as cooling of gasoline-oxygenate blends can produce changes in appearance that are not reversed on rewarming.

6.3 The finished fuel shall also be free of any adulterant or contaminant that may render the fuel unacceptable for its commonly used applications.

7. Test Methods

7.1 The requirements of this specification shall be determined in accordance with the methods listed below. Refer to the listed test methods to determine applicability or required modifications for use with gasoline-oxygenate blends.

7.1.1 *Distillation*—Test Method D 86.

7.1.2 *Vapor-Liquid Ratio*—Test Method D 2533 has procedures for determining vapor-liquid (V/L) ratios for both gasoline and gasoline-oxygenate blends. Because some oxygenates are miscible with the glycerin used in one procedure,

another procedure using mercury as the confining fluid is provided for gasoline-oxygenate blends. Either procedure may be used to determine V/L for gasoline. Test Method D 5188 is an evacuated chamber method for determining temperatures for vapor-liquid ratios between 8 to 1 and 75 to 1. It may be used for gasoline and gasoline-oxygenate blends.

7.1.3 *Vapor Pressure*—Test Methods D 4953, D 5190, D 5191, or D 5482.

7.1.4 *Corrosion, for Copper*, Test Method D 130, 3 h at 50°C (122°F).

7.1.5 *Solvent-Washed Gum Content*—Test Method D 381, air jet apparatus.

7.1.6 *Sulfur*—Test Methods D 1266, D 2622, D 3120, or D 5453. With Test Method D 3120, fuels with sulfur content greater than 100 ppm (0.0100 mass %) must be diluted with isooctane. The dilution of the sample may result in a loss of precision. Test Method D 3120 cannot be used when the lead concentration is greater than 0.4 g/L (1.4 g/U.S. gal).

7.1.7 *Lead*—Test Methods D 3341 or D 5059 (Test Methods A or B). For lead levels below 0.03 g/L (0.1 g/U.S. gal) use Test Methods D 3237 or D 5059 (Test Method C).

7.1.8 *Oxidation Stability*—Test Method D 525.

7.1.9 *Oxygenate Detection*—Test Method D 4815 is designed for the quantitative determination of methyl *tert*-butyl ether (MTBE), ethyl *tert*-butyl ether (ETBE), *tert*-amyl methyl ether (TAME), diisopropylether, methyl alcohol, ethyl alcohol, isopropyl alcohol, *n*-propyl alcohol, isobutyl alcohol, *tert*-butyl alcohol, *sec*-butyl alcohol, *n*-butyl alcohol, and *tert*-amyl alcohol. Results are reported in mass percent, but Test Method D 4815 includes procedures for calculating oxygenate concentration in volume percent and mass oxygen content using mass percent oxygenate results.

7.1.10 *Water Tolerance*—See Annex A1 for a test method.

8. Precision and Bias

8.1 The precision of each required test method with gasoline is included in the standard applicable to each method. In many cases, the precision applicable to gasoline-oxygenate blends has not been established yet.

9. Keywords

9.1 alcohol; antiknock index; automotive fuel; automotive gasoline; automotive spark-ignition engine fuel; copper strip corrosion; corrosion; distillation; driveability; EPA regulations; ethanol; ether; fuel; gasoline; gasoline-alcohol blend; gasoline-ethanol blend; gasoline-ether blend; gasoline-oxygenate blend; induction period; lead; leaded fuel; methanol; MTBE; octane number; octane requirement; oxidation stability; oxygenate; oxygenate detection; phase separation; phosphorous; solvent-washed gum; sulfur; $T_{V/L} = 20$; unleaded fuel; vapor-liquid ratio; vapor lock; vapor pressure; volatility; water tolerance

TABLE 4 Schedule of Seasonal and Geographical Volatility Classes^a

NOTE 1—This schedule, subject to agreement between purchaser and seller, denotes the volatility properties of the fuel at the time and place of bulk delivery to the fuel dispensing facilities for the end user. For Sept. 16 through April 30 (the time period not covered by EPA Phase II vapor pressure requirements), volatility properties for the previous month or the current month are acceptable for the end user from the 1st through the 15th day of the month. From the 16th day through the end of the month, volatility properties of the fuel delivered to the end user shall meet the requirements of the specified class(es). To ensure compliance with EPA Phase II vapor pressure requirements, vapor pressure for finished gasoline tankage at refineries, importers, pipelines, and terminals during May and for the entire distribution system, including retail stations, from June 1 to Sept. 15 shall meet only the current month's class. Shipments should anticipate this schedule.

NOTE 2—Where alternative classes are listed, either class or intermediate classes are acceptable; the option shall be exercised by the seller.

NOTE 3—See Appendix X2 of Research Report: D02-1347 (available from ASTM Headquarters) for detailed description of areas. Contact EPA for the latest information on areas requiring reformulated fuel.

State	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May ^b	June	July	Aug.	Sept. 1-15	Sept. 16-30	Oct.	Nov.	Dec.
Alabama	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/C-3	C-3	C-3/D-4	D-4
Alaska	E-6	E-6	E-6	E-6	E-6/D-4	D-4	D-4	D-4	D-4	D-4/E-6	E-6	E-6	E-6
Arizona ^c													
N 34° Latitude and E 111° Longitude	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-2	A-2 (B-2)	A-1	A-1	A-1	A-2	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4
Remainder of State	D-4	D-4/C-3	C-3/B-2	B-2/A-2	A-2 (B-2)	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1	A-1/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4
Arkansas	E-5/D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-3	A-2	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4	D-4/E-5
California ^c													
North Coast	E-5/D-4	D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
South Coast	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4
Southeast	D-4	D-4/C-3	C-3/B-2	B-2/A-2	A-2 (B-2)	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1	A-1/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4
Interior	E-5/D-4	D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
Colorado	E-5	E-5/D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
Connecticut	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-3	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
Delaware	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
District of Columbia	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Florida	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/C-3	C-3	C-3/D-4	D-4
Georgia ^c	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/C-3	C-3	C-3/D-4	D-4
Hawaii	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3
Idaho:													
N 46° Latitude	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-2	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
S 46° Latitude	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2	A-2	A-2	A-2	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
Illinois: ^c													
N 40° Latitude	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
S 40° Latitude	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4	D-4/E-5
Indiana ^c	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Iowa	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Kansas	E-5	E-5/D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
Kentucky	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Louisiana	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/C-3	C-3	C-3/D-4	D-4
Maine	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
Maryland	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^{d,m}	A-3 ^{d,m}	A-3 ^{d,m}	A-3 ^{d,m}	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Massachusetts	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
Michigan	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
Minnesota	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Mississippi	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-3	A-3	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3	C-3/D-4	D-4
Missouri ^c	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4	D-4/E-5
Montana	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2	A-2	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Nebreska	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2	A-2	A-2	A-2	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
Nevada:													
N 38° Latitude	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
S 38° Latitude	D-4	D-4/C-3	C-3/B-2	B-2/A-2	A-2 (B-2)	A-1	A-1	A-1	A-1	A-1	A-1/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4
New Hampshire	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
New Jersey	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
New Mexico:													
N 34° Latitude	E-5/D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-2	A-2 (B-2)	A-1	A-1	A-2	A-2	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4
S 34° Latitude	D-4	D-4/C-3	C-3/B-2	B-2/A-2	A-2 (B-2)	A-1	A-1	A-1	A-1	A-1/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4
New York	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
North Carolina	E-5/D-4	D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4	D-4/E-5
North Dakota	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-2	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Ohio	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Oklahoma	E-5/D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-2	A-2	A-2	A-2	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
Oregon:													
E 122° Longitude	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-2	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4	D-4/E-5
W 122° Longitude	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Pennsylvania	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
Rhode Island	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3 ^d	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
South Carolina	D-4	D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3	A-3	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4	D-4
South Dakota	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2	A-2	A-2	A-2	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5
Tennessee	E-5/D-4	D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^d	A-3 ^d	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4	D-4/E-5
Texas: ^c													
E 99° Longitude	D-4	D-4	D-4/C-3	C-3/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^{d,m}	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2 ^{e,f}	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4
W 99° Longitude	D-4	D-4/C-3	C-3/B-2	B-2/A-2	A-2 (B-2)	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1 ^f	A-1/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4
Utah	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2 ^e	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5

TABLE 4 (Continued)

State	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May ^a	June	July	Aug.	Sept. 1-15	Sept. 16-30	Oct.	Nov.	Dec.
Vermont	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/D-4	D-4	D-4/E-5	E-5
Virginia	E-5	E-5/D-4	D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-3 ^{b,c}	A-3 ^{b,c}	A-3 ^{b,c}	A-3 ^{b,c}	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Washington:													
E 122° Longitude	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-2	A-2	A-2	A-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
W 122° Longitude	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
West Virginia	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Wisconsin	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-4	A-4 (D-4)	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5	E-5
Wyoming	E-5	E-5	E-5/D-4	D-4/A-3	A-3 (C-3)	A-2	A-2	A-2	A-2	A-2/B-2	B-2/C-3	C-3/D-4	D-4/E-5

^a For the period May 1 through September 15, the specified vapor pressure classes comply with 1992 U.S. EPA Phase II volatility regulations. EPA regulations (under the Phase II regulations) allow 1.0 psi higher vapor pressure for gasoline-ethanol blends containing 9 to 10 vol % ethanol for the same period. See Appendix X3 for additional Federal volatility regulations and the Federal RFG "Simple Model" requirements.

^b Values in parentheses are permitted for retail stations and other end users.

^c Details of State Climatological Division by county as indicated:

California, North Coast—Alameda, Contra Costa, Del Norte, Humboldt, Lake, Marin, Mendocino, Monterey, Napa, San Benito, San Francisco, San Mateo, Santa Clara, Santa Cruz, Solano, Sonoma, Trinity

California, Interior—Lassen, Modoc, Plumas, Sierra, Siskiyou, Alpine, Amador, Butte, Calaveras, Colusa, El Dorado, Fresno, Glenn, Kern (except that portion lying east of Los Angeles County Aqueduct), Kings, Madera, Mariposa, Merced, Placer, Sacramento, San Joaquin, Shasta, Stanislaus, Sutter, Tehama, Tulare, Tuolumne, Yolo, Yuba, Nevada

California, South Coast—Orange, San Diego, San Luis Obispo, Santa Barbara, Ventura, Los Angeles (except that portion north of the San Gabriel Mountain range and east of the Los Angeles County Aqueduct)

California, Southeast—Imperial, Riverside, San Bernardino, Los Angeles (that portion north of the San Gabriel Mountain range and east of the Los Angeles County Aqueduct), Mono, Inyo, Kern (that portion lying east of the Los Angeles County Aqueduct)

^d AA-3 for the following ozone nonattainment areas:

(See Federal Register 56, 215, 56694, November 6, 1991, for description of the geographic boundary for each area.)

- | | |
|---|--|
| Alabama—Birmingham | Maryland—Washington Area |
| California—Monterey Bay | Missouri—Kansas City |
| California—San Francisco-Bay Area | Missouri—St. Louis |
| District of Columbia—Washington | North Carolina—Charlotte-Gastonia |
| Florida—Jacksonville | North Carolina—Greensboro-Winston Salem-High Point |
| Florida—Miami-Fort Lauderdale-West Palm Beach | North Carolina—Raleigh-Durham |
| Florida—Tampa-St. Petersburg-Clearwater | Oregon—Portland-Vancouver AQMA |
| Georgia—Atlanta | Oregon—Salem |
| Louisiana—Baton Rouge | Tennessee—Memphis |
| Louisiana—Beauregard Parish | Tennessee—Nashville |
| Louisiana—Grant Parish | Texas—Beaumont-Port Arthur |
| Louisiana—Lafayette | Texas—Dallas-Fort Worth |
| Louisiana—Lafourche Parish | Texas—Houston-Galveston-Brazoria |
| Louisiana—Lake Charles | Texas—Victoria |
| Louisiana—New Orleans | Virginia—Norfolk-Virginia Beach-Newport News |
| Louisiana—St. James Parish | Virginia—Richmond |
| Louisiana—St. Mary Parish | Virginia—Smyth County |
| Maryland—Baltimore | Virginia—Washington Area |
| Maryland—Kent and Queen Anne's Counties | |
| Maryland—Philadelphia-Wilmington-Trenton Area | |

^e AA-2 for the following ozone nonattainment areas:

(See Federal Register 56, 215, 56694, November 6, 1991, for description of the geographic boundary for each area.)

- | | |
|--|--|
| Alabama—Birmingham | Louisiana—Lake Charles |
| Arizona—Phoenix | Louisiana—New Orleans |
| California—Chico | Louisiana—St. James Parish |
| California—Los Angeles-South Coast Air Basin | Louisiana—St. Mary Parish |
| California—Monterey Bay | Missouri—Kansas City |
| California—Sacramento Metro | Missouri—St. Louis |
| California—San Diego | Nevada—Reno |
| California—San Francisco-Bay Area | North Carolina—Charlotte-Gastonia |
| California—San Joaquin Valley | North Carolina—Greensboro-Winston Salem-High Point |
| California—Santa Barbara-Santa Maria-Lompoc | North Carolina—Raleigh-Durham |
| California—Ventura County | Tennessee—Memphis |
| California—Yuba City | Tennessee—Nashville |
| Colorado—Denver-Boulder | Texas—Beaumont-Port Arthur |
| Georgia—Atlanta | Texas—Dallas-Fort Worth |
| Kansas—Kansas City | Texas—Houston-Galveston-Brazoria |
| Louisiana—Baton Rouge | Texas—Victoria |
| Louisiana—Beauregard Parish | Utah—Salt Lake City |
| Louisiana—Grant Parish | |
| Louisiana—Lafayette | |
| Louisiana—Lafourche Parish | |

TABLE 4 (Continued)

^f AA-1 for the following ozone nonattainment areas:
(See Federal Register 58, 215, 50694, November 6, 1991, for
description of the geographic boundary for each area.)

- Arizona—Phoenix
- California—Imperial County
- California—Southeast Desert Modified AQMA
- Texas—El Paso

^g AA-3 and federal RFG areas requiring 57.2 kPa (0.3 psi) per-gallon
maximum vapor pressure. No waiver for gasoline-ethanol blends.

- Connecticut—Hartford-New Britain-Middletown-
New Haven-Meriden-Waterbury
- Connecticut—Remainder^d
- Delaware—New Castle (Wilmington), Kent Counties
- Delaware—Sussex County^d
- Illinois—Chicago Area
- Indiana—Gary-Lake and Porter Counties
- Kentucky—Louisville^d
- Maine—Hancock and Waldo Counties^{d, k}
- Maine—Knox and Lincoln Counties^d
- Maine—Lewiston-Auburn^d
- Maine—Portland^d
- Massachusetts—Boston-Lawrence-Worcester^d
- Massachusetts—Springfield^d
- Maryland—Cecil County
- New Hampshire—Manchester^d
- New Hampshire—Portsmouth-Dover-Rochester^d
- New Jersey—Northam
- New Jersey—Trenton Area
- New Jersey—Atlantic City^d

- New York—New York City-Long Island Areas
- New York—Albany-Schenectady-Troy^{d, k}
- New York—Buffalo-Niagra Falls^{d, k}
- New York—Jefferson County^{d, k}
- New York—Portions of Essex County^d
- New York—Poughkeepsie^d
- Pennsylvania—Philadelphia Area
- Pennsylvania—Allentown-Bethlehem-Easton^{d, k}
- Pennsylvania—Altoona^{d, k}
- Pennsylvania—Erie^{d, k}
- Pennsylvania—Harrisburg-Lebanon-Carlisle^{d, k}
- Pennsylvania—Johnstown^{d, k}
- Pennsylvania—Lancaster^{d, k}
- Pennsylvania—Pittsburgh-Beaver Valley^{d, k}
- Pennsylvania—Reading^{d, k}
- Pennsylvania—Scranton-Wilkes-Barre^{d, k}
- Pennsylvania—York^{d, k}
- Pennsylvania—Sharon^{d, k}
- Rhode Island^d
- Wisconsin—Milwaukee-Racine

^h AA-3 and federal RFG areas requiring 51.0 kPa (7.4 psi) per-gallon
maximum vapor pressure. No waiver for gasoline-ethanol blends.

- District of Columbia—Washington^d
- Maryland—Baltimore
- Maryland—Kent and Queen Anne's Counties^d
- Maryland—Washington DC Area^d

- Texas—Dallas-Fort Worth^d
- Texas—Houston-Galveston-Brazoria
- Virginia—Norfolk-Virginia Beach-Newport News^d
- Virginia—Richmond^d
- Virginia—Washington DC Area^d

ⁱ AA-2 and federal RFG areas requiring 51.0 kPa (7.4 psi) per-gallon
maximum vapor pressure. No waiver for gasoline-ethanol blends.

- California—Los Angeles-South Coast Air Basin
- California—Sacramento Metro (1996)
- California—San Diego
- California—Ventura County

- Texas—Dallas-Fort Worth^d
- Texas—Houston-Galveston-Brazoria

^j Opt-in federal RFG areas.

^k Opt-out federal RFG areas (not published, current stay of regulation).

^l The following states have more restrictive vapor pressure limits in some areas. In some cases, these limits have been approved by the U.S. EPA as a part of a State Implementation Plan (SIP). In other cases, states are awaiting official EPA approval for the more restrictive local vapor pressure limits.

- Atlanta, GA area—48.2 kPa (7.0 psi) max June 1–Sept. 15 (approval pending)
- St. Louis, MO area—48.2 kPa (7.0 psi) max June 1–Sept. 15
- Phoenix, AZ area—48.2 kPa (7.0 psi) max May 31–Sept. 30 (approval pending)
- Madison, Monroe, and St. Clair counties, IL area—49.6 kPa (7.2 psi) max June 1–Sept. 15
- Clark, Floyd Counties, IN area—53.8 kPa (7.8 psi) max May 1–Sept. 15
- California—48.28 kPa (7.00 psi) max April 1, May 1, or June 1–Sept. 30 or Oct. 31 depending on air basin
- El Paso, TX area—48.2 kPa (7.0 psi) max May 1 (terminal)/June 1 (retail)–Sept. 15

TABLE 6 Maximum Temperature for Phase Separation, °C^A

Temperature Conversion °F = (°C × 1.8) + 32°

State	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
	-4	-3	0	5	10	10	10	10	10	6	0	-4
Region	-27	-28	-23	-11	1	7	9	7	1	-9	-19	-23
Mainland	-41	-39	-31	-14	-1	7	9	5	-2	-18	-32	-41
82° Latitude												
94° Latitude	-11	-7	-7	-2	2	6	10	10	6	1	-6	-9
34° Latitude	-2	-1	2	7	10	10	10	10	10	9	2	-1
	-9	-6	-2	6	10	10	10	10	10	4	-2	-6
Const	-2	0	1	4	5	8	9	9	8	6	2	-2
Coast	-2	-1	2	4	7	9	10	10	9	6	1	-2
	-7	-3	-1	3	8	10	10	10	9	4	-3	-6
	-4	-3	-3	-1	3	9	10	10	10	6	0	-2
105° Longitude	-14	-12	-9	-3	4	10	10	10	7	1	-8	-11
of 105° Longitude	-24	-20	-12	-6	-1	4	8	6	1	-6	-14	-21
	-14	-13	-8	-1	5	10	10	10	7	1	-4	-12
	-9	-8	-3	0	8	10	10	10	10	4	-1	-8
Columbia	-8	-7	-3	3	9	10	10	10	10	5	0	-7
of 29° Latitude	-1	1	4	9	10	10	10	10	10	9	3	-1
of 29° Latitude	4	7	8	10	10	10	10	10	10	10	9	5
"	-5	-2	1	6	10	10	10	10	10	6	0	-3
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	-17	-18	-11	-3	-5	4	10	9	3	-2	-11	-15
of 40° Latitude	-18	-16	-9	-1	4	10	10	10	7	1	-7	-16
of 40° Latitude	-15	-12	-7	1	7	10	10	10	9	3	-6	-13
	-16	-13	-7	-1	4	10	10	10	7	1	-6	-14
	-23	-19	-13	-3	4	10	10	10	6	0	-12	-20
	-17	-12	-9	-3	5	10	10	10	7	0	-8	-13
y	-12	-9	-4	1	8	10	10	10	9	3	-4	-11
	-3	0	3	8	10	10	10	10	10	7	2	-1
	-24	-22	-16	-4	1	7	10	6	3	-2	-8	-20
	-9	-8	-3	3	9	10	10	10	10	4	-2	-8
	-15	-14	-7	-1	4	10	10	10	6	0	-4	-13
Michigan	-18	-17	-12	-3	1	7	10	9	5	0	-6	-14
Upper Michigan	-21	-20	-15	-8	-1	6	9	9	4	-1	-9	-18
	-31	-28	-20	-7	0	6	10	8	1	-3	-16	-28
	-3	-1	2	7	10	10	10	10	10	7	1	-3
	-14	-11	-6	1	8	10	10	10	10	3	-5	-12
	-28	-24	-19	-6	1	5	9	8	1	-5	-17	-23
	-19	-14	-11	-3	4	9	10	10	5	-2	-10	-16
of 38° Latitude	-18	-13	-8	-3	1	5	9	7	2	-3	-11	-14
of 38° Latitude	-9	-5	-1	1	9	10	10	10	10	4	-3	-8
Hampshire	-18	-17	-9	-2	3	9	10	9	3	-1	-6	-16
Jersey	-10	-9	-4	2	7	10	10	10	10	4	-1	-8
Mexico:												
N of 34° Latitude	-14	-11	-7	-2	1	7	10	10	7	1	-8	-12
S of 34° Latitude	-7	-5	-1	6	10	10	10	10	10	7	-2	-5
York:												
of 42° Latitude	-21	-20	-13	-3	2	9	10	10	4	-1	-6	-18
S of 42° Latitude	-13	-13	-7	1	6	10	10	10	8	2	-3	-12
North Carolina	-9	-7	-3	1	7	10	10	10	8	1	-5	-8
North Dakota	-29	-27	-11	-6	1	8	10	10	3	-2	-17	-24
Ohio	-14	-13	-8	-2	6	10	10	10	7	1	-5	-13
Oklahoma	-12	-6	-5	1	7	10	10	10	10	4	-4	-9
Oregon:												
E of 122° Longitude	-17	-12	-6	-3	0	4	6	6	2	-3	-8	-12
W of 122° Longitude	-5	-3	-1	2	5	8	10	10	7	2	-3	-3
Pennsylvania:												
N of 41° Latitude	-17	-19	-13	-4	1	6	9	8	2	-1	-6	-16
S of 41° Latitude	-13	-14	-9	-1	5	10	10	10	7	2	-4	-12
Rhode Island	-11	-11	-5	1	6	10	10	10	8	3	-2	-10
South Carolina	-3	-2	0	6	10	10	10	10	10	7	1	-3
South Dakota	-24	-21	-16	-4	3	10	10	10	4	-2	-12	-21
Tennessee	-9	-7	-3	2	9	10	10	10	10	2	-3	-8

TABLE 6 Continued

Temperature Conversion °F = (°C × 1.8) + 32°

State	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Texas:												
N of 31° Latitude	-11	-8	-4	2	8	10	10	10	10	5	-3	-7
S of 31° Latitude	-1	1	4	10	10	10	10	10	10	10	3	1
Utah	-15	-11	-7	-2	2	8	10	10	7	2	-11	-12
Vermont	-20	-21	-12	-2	2	9	10	10	6	0	-6	-17
Virginia	-8	-7	-3	3	9	10	10	10	10	4	-2	-7
Washington:												
E of 122° Longitude	-13	-6	-3	1	4	7	10	10	7	1	-5	-7
W of 122° Longitude	-6	-2	-2	1	4	7	9	9	6	2	-2	-2
West Virginia	-13	-12	-7	-2	4	9	10	10	5	-2	-7	-12
Wisconsin	-25	-21	-15	-3	3	8	10	10	5	-1	-11	-21
Wyoming	-23	-17	-14	-6	0	5	10	10	3	-2	-13	-16

^A A maximum phase separation temperature of 10°C (50°F) is specified, even if the 6-h 10th percentile minimum temperature for the area and month can be higher.

^B The designated areas of Alaska are divided as follows:

Southern Region—The Aleutians, Kodiak Island, the coastal strip East of Longitude 141°, and the Alaskan Peninsula South of Latitude 52°.

South Mainland—The portion of Alaska South of Latitude 62°, except the Southern Region.

North of Latitude 62°—The specification test temperature must be agreed between the vendor and purchaser having regard to equipment design, expected weather conditions, and other relevant factors.

^C The designated areas of California are divided by county as follows:

North Coast—Alameda, Contra Costa, Del Norte, Humboldt, Lake, Marin, Mendocino, Monterey, Napa, San Benito, San Francisco, San Mateo, Santa Clara, Santa Cruz, Solano, Sonoma, Trinity.

Interior—Lassen, Modoc, Plumas, Sierra, Siskiyou, Alpine, Amador, Butte, Calaveras, Colusa, El Dorado, Fresno, Glenn, Kern (excepting that portion lying east of the Los Angeles County Aqueduct), Kings, Madera, Mariposa, Merced, Placer, Sacramento, San Joaquin, Shasta, Stanislaus, Sutter, Tehama, Tulare, Tuolumne, Yolo, Yuba, Nevada.

South Coast—Orange, San Diego, San Luis Obispo, Santa Barbara, Ventura, Los Angeles (except that portion lying north of the San Gabriel Mountain range and east of the Los Angeles County Aqueduct).

Southeast—Imperial, Riverside, San Bernardino, Los Angeles (that portion lying north of the San Gabriel Mountain range and east of the Los Angeles County Aqueduct), Mono, Inyo, Kern (that portion lying east of the Los Angeles County Aqueduct).

^D The designated areas of Michigan are divided as follows:

Lower Michigan—That portion of the state lying East of Lake Michigan.

Upper Michigan—That portion of the state lying North of Wisconsin and of Lake Michigan.

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. TEST METHOD FOR WATER TOLERANCE (PHASE SEPARATION) OF SPARK-IGNI

A1.1 Scope

A1.1.1 This test method determines the ability of gasoline-oxygenate blends to retain water in solution or in a stable suspension at the lowest temperature to which they are likely to be exposed in use.

A1.1.2 The values stated in SI units are standard.

A1.1.3 This test method is state-of-the-art; however, it may be revised and eventually balloted for publication as a separate standard.

A1.2 Summary of Test Method

A1.2.1 The sample of fuel is cooled at a controlled rate to its expected use temperature and is periodically observed for both haze and phase separation. The apparatus of Test Method D 2500 or a dry ice-isopropyl alcohol bath may be used. A maximum cooling rate of 2°C (4°F)/min is specified because phase separation in gasoline-oxygenate blends has a relatively long but unpredictable induction period.

A1.3 Significance and Use

A1.3.1 Some oxygenate-containing fuels, and gasoline-alcohol blends in particular have a very limited ability to retain water in solution or in stable suspension, and if the

amount of water in the blend exceeds this limit, the fuel will separate into a lower oxygenate-rich aqueous phase and an upper oxygenate-lean hydrocarbon phase. The most important factor governing the ability of a specific fuel to retain water without such separation is its temperature. This method is intended to determine the maximum temperature at which the fuel will separate. The 10th percentile 6-h minimum temperature, or 10°C (50°F) whichever is lower for the time of year and geographic area of the United State in which the fuel may be used, are tabulated in Table 3 of Specification D 4814. The temperatures represent the maximum temperatures above which the fuel must not separate into two distinct phases.

A1.3.2 Note that in this test, actual separation of the sample into two distinct phases is the criterion for failure. The following are indications of phase separation:

A1.3.2.1 The formation of droplets large enough to be detected by the unaided eye. They can be either clinging to the sides of the container or collect on the bottom.

A1.3.2.2 The formation of two layers separated by either a common boundary, or a layer of emulsion.

A1.3.3 Formation of haze without one of these indications of separation is not cause for rejection.

lus

1 *Test Container*—The container may be as specified in the apparatus section of Test Method D 2500, but any container of about 100 mL capacity may be used. This may be marked at the level of 40 mL.

Thermometers, meeting the requirements of Specification E 1. ASTM thermometer 6C (range -80 to $+20^{\circ}\text{C}$, immersion, 76 mm immersion. Thermometer 6F is the direct equivalent of 6C) spans the necessary range of temperatures. A thermometer must be provided for each test, mounted to pass through the stopper.

3 *Viton Rubber Stopper*—to fit sample container, centrally for the test thermometer.

4 *Cooling Bath*—May be of similar dimensions to that specified in 6.7 of Test Method D 2500 and provided with a jacket, disk, and gasket as specified in the apparatus section. Filled with an equal-volume mixture of water and 50% antifreeze and provided with refrigeration coils of reducing its temperature to -40°C (-40°F). Alternatively, a dry ice-isopropyl alcohol bath may be used.

Sampling and Handling

1 Draw samples in accordance with the instructions in Test Method D 4057, specifically 7.8.3, 7.9.1, and 10.3, except for displacement, 10.3.1.8, shall not be used.

Draw the samples in steel cans that have been washed in accordance with 6.3.3.1 of Practice D 4057.

3 Store the samples in a refrigerator (2 to 7°C , 35 to 45°F) whenever not actually transferring sample.

Because gasoline-alcohol blends are hygroscopic and volatile, minimize contact with the atmosphere by keeping sample containers tightly closed except when transferring sample.

Procedure

1 Warm the sample to 15°C (59°F) and shake, to remove any water that may have settled out at the test temperature.

Cool the test containers to 10 to 15°C (50 to 59°F) in steps A1.6.3 through A1.6.5 as promptly as possible to minimize vaporization losses and absorption of water from the atmosphere.

3 Rinse out the cooled test container with some of the sample to be tested. Drain.

A1.6.4 Pour about 40 mL of the sample into the test

container. The precise amount is not critical, but it must be enough to submerge the thermometer bulb adequately, without being so much as to require an excessive amount of cooling time. If the sample has separated, as defined in A1.3.2, terminate the test.

A1.6.5 Seal the test container with the rubber stopper. Locate the thermometer bulb approximately at the center of the fuel sample.

A1.6.6 Cool the sample by intermittent immersion in or circulation of the coolant. The sample is not to be swirled or shaken while in the cooling bath. Starting at a cooling bath temperature not higher than 10°C (50°F), or 16°C (30°F) above the test temperature, cool the sample at a maximum rate of 2°C (4°F)/minute until phase separation occurs, or the test temperature is reached.

A1.6.7 At 2°C (4°F) intervals, remove the test container from the cooling bath and shake vigorously for 5 to 10 s. Wipe the exterior of the sample container with a towel moistened with isopropyl alcohol to remove any condensation, and observe the condition of the sample for no more than 5 s against a light colored, illuminated background.

A1.6.8 It is likely that the sample will get hazy prior to actual phase separation as defined in A1.3.2. Record the sample temperature at the first indication of haze (when cooling); and the temperature when the haze disappears (warming).

A1.6.9 Record the temperature of phase separation (A1.3.2). Then allow the sample to warm at ambient temperature. Shake the sample vigorously after a temperature rise of 2°C (4°F), and observe. Record a "warming" phase recombination temperature, and haze disappearance temperature. Average these "cooling" and "warming" temperatures to determine the actual phase separation and haze point temperatures. Repeat this process for improved accuracy.

A1.7 Report

A1.7.1 Report the following information:

A1.7.1.1 Report the averaged haze point and phase separation temperatures found in A1.6.9.

A1.8 Precision and Bias

A1.8.1 *Precision*—The precision of this test method has not been determined.

A1.8.2 *Bias*—There being no criteria for measuring bias in these test-product combinations, no statement of bias can be made.

APPENDIXES

(Nonmandatory Information)

SIGNIFICANCE OF ASTM SPECIFICATION FOR AUTOMOTIVE SPARK-IGNITION ENGINE FUEL

General

1.1 Antiknock rating and volatility define the general characteristics of automotive spark-ignition engine fuel. Other characteristics relate to the following: limiting the concentration of undesirable components so that they will not adversely affect engine performance and ensuring the stability of fuel as well as its compatibility with materials

used in engines and their fuel systems.

X1.1.2 Fuel for spark-ignition engines is a complex mixture composed of relatively volatile hydrocarbons that vary widely in their physical and chemical properties and may contain oxygenates. Fuel is exposed to a wide variety of mechanical, physical, and chemical environments. Thus, the properties of fuel must be balanced to give satisfactory

engine performance over an extremely wide range of operating conditions. The prevailing standards for fuel represent compromises among the numerous quality and performance requirements. This ASTM specification is established on the basis of the broad experience and close cooperation of producers of fuel, manufacturers of automotive equipment, and users of both.

X1.2 Engine Knock

X1.2.1 The fuel-air mixture in the cylinder of a spark-ignition engine will, under certain conditions, autoignite in localized areas ahead of the flame front that is progressing from the spark. This is engine spark knock which can cause a ping that may be audible to the customer.

X1.2.2 The antiknock rating of a fuel is a measure of its resistance to knock. The antiknock requirement of an engine depends on engine design and operation, as well as atmospheric conditions. Fuel with an antiknock rating higher than that required for knock-free operation does not improve performance.

X1.2.3 A decrease in antiknock rating may cause vehicle performance loss. However, vehicles equipped with knock limiters can show a performance improvement as the antiknock quality of the fuel is increased in the range between customer audible knock and knock-free operation. The loss of power and the damage to an automotive engine due to knocking are generally not significant until the knock intensity becomes very severe. Heavy and prolonged knocking may cause power loss and damage to the engine.

X1.3 Laboratory Octane Number

X1.3.1 The two recognized laboratory engine test methods for determining the antiknock rating of fuels are the Research method (Test Methods D 2699 or D 2885) and the Motor method (Test Methods D 2700 or D 2885). The following paragraphs define the two methods and describe their significance as applied to various equipment and operating conditions.

X1.3.2 Research octane number is determined by a method that measures fuel antiknock level in a single-cylinder engine under mild operating conditions; namely, at a moderate inlet mixture temperature and a low engine speed. Research octane number tends to indicate fuel antiknock performance in engines at wide-open throttle and low-to-medium engine speeds.

X1.3.3 Motor octane number is determined by a method that measures fuel antiknock level in a single-cylinder engine under more severe operating conditions than those employed in the Research method; namely, at a higher inlet mixture temperature and at a higher engine speed. It indicates fuel antiknock performance in engines operating at wide-open throttle and high engine speeds. Also, Motor octane number tends to indicate fuel antiknock performance under part-throttle, road-load conditions.

X1.4 Road Octane Number

X1.4.1 The road octane of a fuel is the measure of its ability to resist knock in customers' vehicles, and is ultimately of more importance than laboratory octane numbers. Since road octanes are difficult to measure and interpret, the industry has agreed to use ASTM laboratory engine tests to

estimate the road octane performance of spark-ignition engine fuel in vehicles.

X1.4.2 The antiknock index (AKI) is the arithmetic average of the Research octane number (RON) and Motor octane number (MON):

$$AKI = (RON + MON)/2 \quad (X1.1)$$

This value is called by a variety of names, in addition to antiknock index, including:

Octane rating
Posted octane
(R + M)/2 octane

X1.4.3 The AKI is posted on retail gasoline dispensing pumps in the United States and is referred to in car owners' manuals. The AKI is also required for certification at each wholesale fuel transfer and is referred to in United States federal law as "Octane Rating."⁹

X1.4.4 The most extensive data base that relates the laboratory engine test methods for Research and Motor octane to actual field performance of fuel in vehicles is the annual Coordinating Research Council (CRC)¹⁰ Octane Number Requirement Survey conducted for new light-duty vehicles. Analysis of these data shows that the antiknock performance of a fuel in some vehicles may correlate best with Research octane number, while in others, it may correlate best with Motor octane number. These correlations also differ from model year-to-model year or from vehicle population-to-vehicle population, reflecting changes in engine designs over the years.

X1.4.5 The antiknock index of a fuel approximates the CRC road octane ratings for many vehicles. However, the user must be guided also by experience as to which fuel is most appropriate for an individual vehicle. The antiknock index formula is reviewed periodically and may have to be adjusted in the future as engines and fuels continue to evolve. The present (RON + MON)/2 formula is an estimate and is not an absolute measure of fuel antiknock performance in general or in any specific vehicle.

X1.4.6 Car antiknock requirements vary, even within a single model, so the statistical distribution of the octane needs of any car population are usually shown in graphical form, as shown in Fig. X1.1. As antiknock index increases, larger and larger fractions of the car population in question will be free of knock, that is, be "satisfied" with the octane quality of fuels at or above that level of antiknock index. The data in Fig. X1.1 are for new model cars and trucks sold in the United States in the model year 1988 and are included as an example of the antiknock requirement distribution, not as a data reference.

X1.4.7 According to the winter 1988-1989 motor gasoline survey published by the National Institute for Petroleum and Energy Research, unleaded fuel antiknock indexes in current practice range from a low near 84 in the mountain areas to a high of near 94. Companies typically market two or three unleaded grades of fuel, one of which usually has a

⁹ Details of this regulation can be found in Code of Federal Regulations Title 16, Chapter I, Subchapter C, part 306 (16 CFR306), U.S. Government Printing Office, Superintendent of Documents, Washington DC 20402.

¹⁰ Coordinating Research Council, Inc., 219 Perimeter Center Parkway, Atlanta, GA 30346.

All 1988 Model Year Cars and Light Trucks

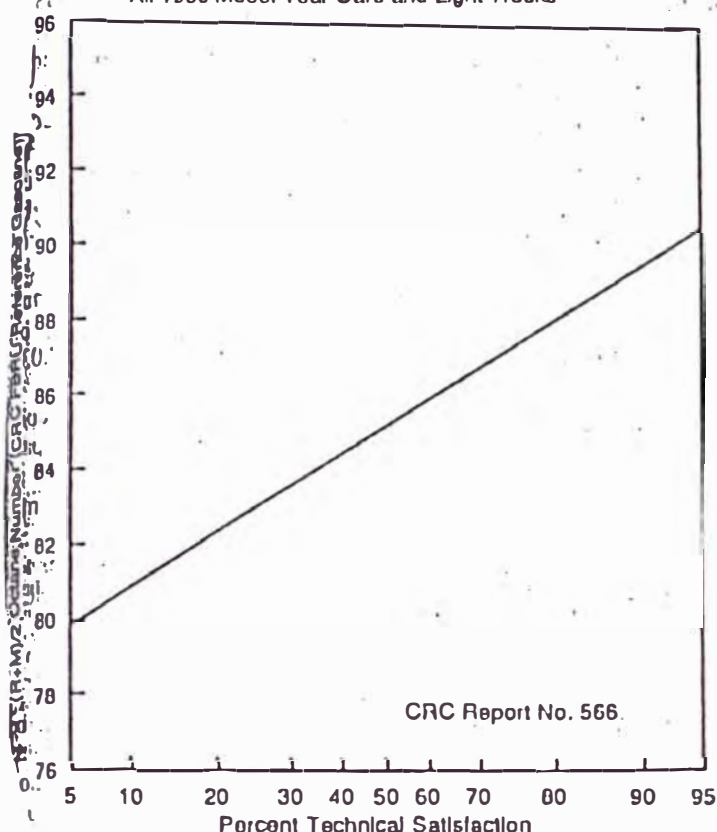


FIG. X1.1 An Example of the Statistical Distribution of Vehicle Antiknock Requirements

minimum antiknock index of 87, for which most post-1971 vehicles are designed. Most companies also market a higher octane fuel with an antiknock index of 91 or above. This fuel is intended to satisfy those vehicles with a higher octane requirement. Some companies offer three grades of unleaded fuel. The third grade usually has an antiknock index of 89. Leaded fuel is still available in some markets and usually has an antiknock index of 88 or 89.

X1.4.8 Marketers set the grades and octane based on their perception of the technical and competitive needs in the market.

X1.4.9 Antiknock indexes of fuel sold in current practice in the United States are shown in Table X1.1 for both unleaded and leaded fuels.

X1.5 Precision and Bias of Antiknock Index

X1.5.1 The following statements apply to the precision and bias of antiknock index of fuel, which is a composite quantity not addressed in any other standard.

X1.5.2 The precision of the antiknock index, $(RON + MON)/2$, is a function of the individual precisions of Research (Test Method D 2699) and Motor (Test Method D 2700) octane numbers. The repeatability and reproducibility variances for these test methods are summed and divided by four to obtain the variance of the antiknock index.

X1.5.2.1 Repeatability—The difference between two sets of antiknock index determinations, where two test results by

TABLE X1.1 Automotive Spark-Ignition Engine Fuel Antiknock Indexes in Current Practice

Unleaded Fuel ^A (for vehicles that can or must use unleaded fuel)	
Antiknock Index ^{B,C,D,E} (RON + MON)/2	Application
87	Designed to meet antiknock requirements of most 1971 and later model vehicles
89	Satisfies vehicles with somewhat higher antiknock requirements
91 and above	Satisfies vehicles with high antiknock requirements
Leaded Fuel (for vehicles that can or must use leaded fuel)	
Antiknock Index ^{B,C,D,E} (RON + MON)/2	Application
88	For most vehicles that were designed to operate on leaded fuel

^A Unleaded fuel having an antiknock index of at least 87 should also have a minimum Motor octane number of 82 in order to adequately protect those vehicles that are sensitive to Motor octane quality.
^B Reductions in vehicle antiknock requirements for altitude are shown in Fig. X1.2.
^C Reductions in vehicle antiknock requirements for seasonal variations are shown in Fig. X1.3.
^D Not all antiknock index levels listed in this table are available at all locations.
^E The Federal Trade Commission requires octane posting and certification in accordance with 16 CFR Part 306.

each octane number method were obtained by one operator, with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material would, in the long run, and in the normal and correct operation of the test methods, exceed the values in the following table in only one case in twenty.

X1.5.2.2 Reproducibility—The difference between two independent sets of antiknock index determinations, obtained by different operators working in different laboratories on identical test material would, in the long run, and in the normal and correct operation of the test methods, exceed the values in the following table in only one case in twenty.

Antiknock Index	Repeatability Limits, Antiknock Index Units	Reproducibility Limits, Antiknock Index Units
83	0.2	0.7
85	0.2	0.7
87	0.2	0.7
89	0.2	0.6
91	0.2	0.6
93	0.2	0.6
95	—	0.6
97	—	0.7

NOTE X1.1—These precision limits were calculated from Research and Motor octane number results obtained by member laboratories of the ASTM National Exchange Group (NEG) participating in a cooperative testing program. The data obtained during the period 1980 through 1982 have been analyzed in accordance with RR:D02-1007, "Manual on Determining Precision Data for ASTM Methods on Petroleum Products and Lubricants," Spring, 1973.

X1.5.2.3 Bias—Since knock ratings are determined by the conditions of the empirical test methods involved, bias cannot be determined.

X1.6 Effects of Altitude and Weather on Vehicle Antiknock Requirement

X1.6.1 A vehicle's antiknock requirement can vary with changes in altitude, ambient temperature, and humidity, depending on the control system of the vehicle. New vehicles have sensors to measure, and engine management computers

which take into account; such conditions as air charge temperature and barometric pressure. These vehicles are designed to have the same antiknock requirement at all altitudes and a reduced sensitivity to changes in ambient temperature. This more sophisticated control technology began to be used extensively in 1984. This technology, while constantly evolving and improving, is used on almost all new vehicles. This means that many vehicles in today's fleet require fuel having the same antiknock index regardless of changes in altitude or ambient temperatures. Older vehicles which do not have sophisticated control systems will likely experience changes in antiknock requirement due to changes in altitude and weather conditions. However, the changes in antiknock requirement indicated in the following sections apply to a continually smaller part of the vehicle fleet.

X1.6.2 The antiknock requirement of an older vehicle decreases as altitude increases, primarily due to reduction in mixture density caused by reduced atmospheric pressure. The change in antiknock requirement for altitude for older vehicles is given in Fig. X1.2. Boundaries of the areas defined and the corresponding antiknock index reductions were established to protect vehicles driven from a higher altitude to a lower altitude (and, hence higher antiknock requirement) area while using a fuel obtained in the high altitude area.

X1.6.3 Tests by CRC and other organizations have shown that the decrease in antiknock requirements with altitude is larger for most models between 1971 and 1984, designed to

use a fuel with an antiknock index of 87, than for pre-1971 vehicles. Generally the pre-1971 vehicles have high compression ratios and were designed for fuels with an antiknock index of 88 or higher. Fuels with antiknock indexes below 89 are adjusted by a larger factor than those with an antiknock index of 89 or greater.

X1.6.4 The antiknock requirements of older vehicles rise with increasing ambient temperature on the average by 0.097 MON per degree Celsius (0.054 MON per degree Fahrenheit).

X1.6.5 The antiknock requirements of both older and new vehicles decrease with increasing specific humidity by 0.245 MON per gram of water per kilogram of dry air (0.035 MON per grain of water per pound of dry air).

X1.6.6 Because temperature and humidity of geographical areas are predictable throughout the year from past weather records, antiknock index levels can be adjusted to match seasonal changes in vehicle antiknock requirements. Fig. X1.3 defines the boundaries of areas and the typical reduction in vehicle antiknock requirements for weather for older vehicles. This figure may not apply to newer vehicles.

X1.7 Leaded Versus Unleaded Fuel Needs

X1.7.1 In addition to selecting the appropriate antiknock index to meet vehicle antiknock needs, a choice must be made between leaded and unleaded fuel. Vehicles that must use unleaded fuel are required by Environmental Protection Agency regulation to have permanent labels on the instrument panel and adjacent to the fuel tank filler inlet reading "Unleaded Fuel Only." Most 1975 and later model passenger cars and light trucks are in this category. Most 1971-1974 vehicles can use leaded or unleaded fuel. Pre-1971 vehicles were designed for leaded fuel; however, unleaded fuel of suitable antiknock index may generally be used in these vehicles, except that leaded fuel should be used periodically (after a few tankfuls of unleaded fuel have been used). Leaded fuel may be required in some vehicles, particularly trucks, in heavy-duty service and some farm equipment. Instructions on fuel selection are normally provided in publications of vehicles manufacturers (for example, owner's manuals, service bulletins, etc.). Antiknock agents other than lead alkyls may be used to increase the antiknock index of fuels, and their concentrations may also be limited due to either performance or legal requirements.

X1.8 Volatility

X1.8.1 In most spark-ignition internal combustion engines, the fuel is metered in liquid form through the carburetor or fuel injector, and is mixed with air and partially vaporized before entering the cylinders of the engine. Consequently, volatility is an extremely important characteristic of motor fuel.

X1.8.2 At high operating temperatures, fuels can boil in fuel pumps, lines, or carburetors. If too much vapor is formed, the fuel flow to the engine can be decreased, resulting in loss of power, rough engine operation, or engine stoppage. These conditions are known as "vapor lock." Conversely, fuels that do not vaporize sufficiently can cause hard starting of cold engines and poor warm-up performance. These conditions can be minimized by proper selection of volatility requirements, but cannot always be

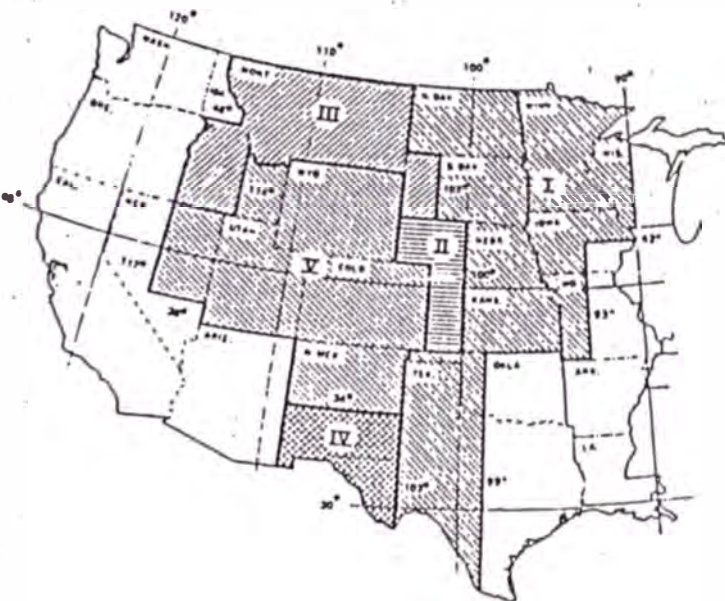


FIG. X1.2 Reduction In Vehicle Antiknock Requirements for Altitude^{A,B}

Area	Less than 89 AKI	89 AKI or Greater
I	0.7	0.5
II	1.5	1.5
III	2.2	1.5
IV	3.0	2.0
V	4.5	3.0

^A Fuel may be marketed using these reductions, but actual antiknock index minimums must be posted.

^B While the reductions in this table apply to most pre-1984 vehicles, the control technology on almost all new vehicles will cause them to have no reduction in antiknock requirement at higher altitudes.



where vapor pressure requirements are not as restrictive as those specified by EPA; the following ambient temperatures are for guidance in selecting the appropriate alphanumeric designation:

Alphanumeric Volatility Designation	10th Percentile 6-h Minimum Daily Temperature, °C (°F)	90th Percentile Maximum Daily Temperature, °C (°F)
A-1	>16 (60)	≥43 (110)
B-2	>10 (50)	<43 (110)
C-3	>4 (40)	<36 (97)
D-4	>-7 (20)	<29 (85)
E-5	≤-7 (20)	<21 (69)

The 6-h minimum temperature is the highest temperature of the six coldest consecutive hourly temperature readings of a 24-h day. The 6-h minimum temperature provides information on the cold-soak temperature experienced by a vehicle. The 10th percentile of this temperature statistic indicates a 10 % expectation that the 6-h minimum temperature will be below this value during a month. The 90th percentile maximum temperature is the highest temperature expected during 90 % of the days, and provides information relative to peak vehicle operating temperatures during warm and hot weather. For areas above sea level, the 10th percentile 6-h minimum temperature should be increased by 3.6°C/1000 m (2°F/1000 ft) of altitude, and the 90th percentile maximum should be increased by 4.4°C/1000 m (2.4°F/1000 ft) of altitude before comparing them to the sea level temperature. These corrections compensate for changes in fuel volatility caused by changes in barometric pressure due to altitude.

X1.9 Vapor Pressure

X1.9.1 The vapor pressure of fuel must be sufficiently high to ensure ease of engine starting, but it must not be so high as to contribute to vapor lock or excessive evaporative emissions and running losses.

X1.9.2 Test Methods D 4953, D 5190, D 5191, or D 5482 provide procedures for determining the vapor pressures of gasoline or gasoline-oxygenate blends.

X1.10 Vapor-Liquid Ratio

X1.10.1 Vapor-liquid ratio (V/L) is the ratio of the volume of vapor formed at atmospheric pressure to the volume of fuel tested in Test Method D 2533. The V/L increases with temperature for a given fuel. Because some oxygenates are miscible with the glycerin confining fluid, Test Method D 2533 has been modified so mercury can also be used as a confining fluid. Either procedure may be used for determining V/L of gasoline. The mercury confining fluid shall be used for gasoline-oxygenate blends. Test Method D 5188 is an evacuated chamber method for determining temperatures for vapor-liquid ratios between 8 to 1 and 75 to 1. Test Method D 5188 is applicable to both gasoline and gasoline-oxygenate blends.

X1.10.2 The temperature of the fuel system and the V/L that can be tolerated without vapor lock vary from vehicle to vehicle and with operating conditions. The tendency of a fuel to cause vapor lock, as evidenced by loss of power during full-throttle accelerations, is indicated by the gasoline temperature at a V/L of approximately 20. A similar relationship for gasoline-oxygenate blends has also been determined. The temperature at which the maximum V/L is specified for

FIG. X1.3 Reduction in Vehicle Antiknock Requirements for Weather^A

	J	F	M	A	M	J	A	S	O	N	D
Northeast	1.0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	1.0
Southwest	0.5	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5
Midwest	1.0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	1.0
Northwest	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0	0	0	0.5	1.0	1.0
Southwest	1.0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.0
California ^B	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5
North Coast	0	0	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0
South Coast	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	1.0
Alaska	1.0	1.0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	1.0
Hawaii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^AFuel may be marketed using these reductions, but actual antiknock index premiums must be posted.
^BDetails of California coastal areas are shown in Footnote C of Table 4.

ed. For example, during spring and fall a fuel of volatility suitable for satisfactory starting at low ambient temperatures can cause problems in some engines under ambient temperature operating conditions.

X1.8.3 Six vapor pressure/distillation classes and six vapor lock protection (vapor-liquid ratio) classes of fuel are provided to satisfy vehicle performance requirements under different climatic conditions and to comply with U.S. EPA vapor pressure limits for the control period of May 1 through September 15. Class A and Class AA specify the EPA maximum vapor pressure limits of 9.0 psi and 7.8 psi, respectively. Volatility of fuel is specified by an alphanumeric designation. The letter specifies the vapor pressure/distillation class and the number specifies the vapor lock protection class. The vapor pressure/distillation classes are needed to comply with the EPA vapor pressure regulations and are not based on vehicle performance during the EPA control period. The separate vapor lock protection classes are provided because under most ambient conditions the EPA regulations specify a lower vapor pressure than would be required to prevent hot fuel handling problems. If the corresponding and unnecessarily more restrictive vapor-liquid ratios were specified when the EPA regulations are in effect, it could result in reduced fuel production, manufacturing hardships, and increased fuel costs. The schedule for seasonal and geographical distribution indicates the appropriate alphanumeric volatility requirement or requirements for each month in all areas of the United States, based on altitude and expected air temperatures, and on EPA vapor pressure regulations. Volatility limits are established in terms of vapor-liquid ratio, vapor pressure, and distillation proper-

X1.8.4 For sea-level areas outside of the United States

each gasoline volatility class is based on the ambient temperatures and the altitude associated with the use of the class.

X1.11 Vapor-Liquid Ratio (Estimated)

X1.11.1 Three techniques for estimating temperature- V/L values using vapor pressure (Test Methods D 4953, D 5190, D 5191, or D 5482) and distillation (Test Method D 86) results are given in Appendix X2; they apply to gasoline only.

X1.12 Distillation

X1.12.1 Test Method D 86 for distillation provides another measure of the volatility of fuels. Table 1 designates the limits for end-point temperature and the temperatures at which 10 %, 50 %, and 90 % by volume of the fuel is evaporated. These distillation characteristics, along with vapor pressure and V/L characteristics, affect the following vehicle performance characteristics: starting, driveability, vapor lock, dilution of the engine oil, fuel economy, and carburetor icing.

X1.12.2 The 10 % evaporated temperature of fuel should be low enough to ensure starting under normal temperatures.

X1.12.3 Fuels having the same 10 % and 90 % evaporated temperatures can vary considerably in driveability performance because of differences in the boiling temperatures of the intermediate components, or fractions. Driveability and idling quality are affected by the 50 % evaporated temperature. The 90 % evaporated and end-point temperatures should be low enough to minimize dilution of the engine oil.

X1.13 Corrosion

X1.13.1 Fuels must pass the copper strip corrosion test to minimize corrosion in fuel systems due to sulfur compounds in the fuel. Some fuels corrode fuel system metals other than copper, but there are no ASTM test methods to evaluate corrosion of these metals. Depending on the type and concentration of oxygenate, gasoline-oxygenate blends can corrode metals such as zinc, magnesium, aluminum, steel, and tin. However, at this time there is no test method with a known correlation to field performance. Consequently, additional corrosion tests are needed.

X1.14 Solvent-Washed Gum Content

X1.14.1 The test for solvent-washed gum content measures the amount of residue after evaporation of the fuel and following a heptane wash. The heptane wash removes the heptane-soluble, non-volatile material such as additives, carrier oils used with additives, and heavier hydrocarbons such as diesel fuels, etc. Solvent-washed gum consists of fuel-insoluble gum and fuel-soluble gum. The fuel-insoluble portion can clog fuel filters. Both can be deposited on surfaces when the fuel evaporates.

X1.14.2 Solvent-washed gum can contribute to deposits on the surfaces of carburetors, fuel injectors, and intake manifolds, ports, valves, and valve guides. The impact of solvent-washed gum on malfunctions of modern engines is not well established and the current specification limit is historic rather than the result of recent correlative studies. It depends on where the deposits form, the presence of other deposit precursors such as airborne debris, blowby and

exhaust gas recirculation gases, and oxidized engine oil, and the amount of deposits.

X1.14.3 The difference between the unwashed and solvent-washed gum content values can be used to assess the presence and amount of nonvolatile material in the fuel. Additional analytical testing is required to determine if the material is additive, carrier oil, diesel fuel, etc.

X1.15 Sulfur

X1.15.1 The limit on sulfur content is included to protect against engine wear, deterioration of engine oil, and corrosion of exhaust system parts.

X1.16 Oxidation Stability

X1.16.1 The induction period as measured in the oxidation stability test is used as an indication of the resistance of fuel to gum formation in storage. Experience indicates that fuels with an induction period equal to or greater than that in Table 3 generally have acceptable short-term storage stability. However, correlation of the induction period with the formation of gum in storage can vary markedly under different storage conditions and with different fuels.

X1.17 Water Tolerance

X1.17.1 Water tolerance is the ability of a fuel to dissolve water without phase separation. It is not of concern for gasoline because of the very low solubility of water in hydrocarbons. Water tolerance is of some concern with gasoline-ether blends because of the limited solubility of ethers in water, but it is of great concern for gasoline-alcohol blends because of the very high solubility of alcohols in water. If the amount of water exceeds the water tolerance limit of the blend, the fuel will separate into a lower alcohol-rich aqueous phase and an upper alcohol-lean hydrocarbon phase. The resultant aqueous phase is not suitable as an automotive fuel and may be corrosive to many metals. Similarly, the hydrocarbon portion may also not be suitable as a fuel since removal of the alcohol component will change the volatility and antiknock characteristics.

X1.17.2 The most important factor, besides the quantity of water contacted, which governs the water tolerance of a fuel is its temperature. As the temperature of the blend decreases, water tolerance decreases. The test method found in Annex A1 is intended to determine the ability of gasoline-oxygenate blends to retain water in solution or in a stable suspension at the lowest temperature to which they are likely to be exposed in use. Some other factors that affect water tolerance are concentration and type of oxygenate and aromatics content of the fuel.

X1.17.3 With some gasoline-oxygenate blends, formation of a haze may occur when filling a storage tank that contains water bottoms, while commingling of gasoline-oxygenate blends with gasoline, or when a sufficient decrease in temperature occurs. However, the haze may not be stable and the fuel will clear usually in a short period of time.

X1.17.4 A more critical water tolerance concern is the potential increase in storage tank water bottoms. This can occur when some gasoline-oxygenate blends and gasoline-alcohol blends in particular are added to a tank that contains sufficient water to extract some or all of the oxygenate component from the fuel.

X2. ESTIMATING TEMPERATURE-V/L VALUES FOR GASOLINE

1 Scope

2.1.1 Three techniques are presented here for estimating temperature-V/L data from vapor pressure and distillation results¹¹ on gasolines only. They are provided for use as a guideline when V/L data measured by Test Method D 533 are not available. One method is designed for computer processing, one is a simpler linear technique, while the other is a nomogram form of this linear equation.

2.1.2 These techniques are not optional procedures for measuring V/L. They are supplementary tools for estimating temperature-V/L relationships with reasonable accuracy and should be used with due regard for their limitations.

2.1.3 Test Method D 2533 is the referee V/L procedure and shall be used when calculated values are questionable.

2.1.4 These techniques are not intended for, nor are they necessarily applicable to, fuels of extreme distillation or chemical characteristics such as would be outside the range of normal commercial motor gasolines. Thus, they are not applicable in all instances to gasoline blending stocks or specially blended fuels.

2 Computer Method

2.2.1 Summary—The values of four intermediate functions, A, B, C, and D, are derived from the gasoline vapor pressure and distillation temperatures at 10, 20, and 50 % evaporated. Values for A, B, C, and D can be obtained either from equations or from a set of charts. Sections X2.2.2.1 through X2.2.2.3 provide A, B, C, and D values using SI units; X2.2.2.6 through X2.2.2.8 provide A, B, C, and D values using inch-pound units. Estimated temperatures at a V/L of 4, 10, 20, 30, and 45 are then calculated from A, B, C, and D. Estimated temperatures at an intermediate V/L can be obtained by interpolation.

2.2.2 Procedure:

2.2.2.1 Establish input data from vapor pressure (Test Methods D 4953, D 5190, D 5191, or D 5482) and distillation (Test Method D 86) test results as follows:

- a) distillation temperature, °C at 10 % evaporated,
- b) distillation temperature, °C at 20 % evaporated,
- c) distillation temperature, °C at 50 % evaporated,
- d) $G - E$, °C, (X2.1)

e) vapor pressure, kPa, (X2.2)

f) $F - E$, °C, and (X2.3)

g) H/Q , except that if H/Q is greater than 6.7, make $R = 6.7$.

2.2.2.2 If A, B, C, and D, are to be calculated use the following equations:

$$A = 02.859 - 1.36599P + 0.009617 P^2 - 0.000028281P^3 + 207.0097/P \quad (X2.4)$$

¹¹ A correlation of temperature-V/L ratio data with vapor pressure and distillation data was developed in 1943 and restudied in 1963 by panels of the Research Council, Inc. See "Correlation of Gasoline Vapor Forming Data with Inspection Test Data," CRC Report No. 159, Jan. 28, 1943 (or Transaction, Vol 52, August 1944, pp. 364-367) and "Study of CRC Correlated Temperature-V/L Technique," CRC Report No. 370, February 1963. The CRC correlation was modified by a task group of Subcommittee A of the Committee D-2 to adapt it for computer processing, as well as the linear equation nomogram.

$$B = -5.36868 + 0.910540Q - 0.040187 Q^2 + 0.00057774Q^3 + 0.254183/Q \quad (X2.5)$$

$$S = -0.00525449 - 0.3671362/(P - 9.65) - 0.812419/(P - 9.65)^2 + 0.0009677R - 0.0000195828R^2 - 3.3502318R/P^2 + 1241.1531R/P^4 - 0.06630129R^2/P + 0.00627839R^3/P + 0.0969193R^2/P^2 \quad (X2.6)$$

$$C = 0.34205P + 0.55556/S \quad (X2.7)$$

$$D = 0.62478 - 0.68964R + 0.132708R^2 - 0.0070417R^3 + 5.8485/R \quad (X2.8)$$

X2.2.2.3 If A, B, C, and D, are to be obtained from charts, read them from Figs. X2.1, X2.2, X2.3, and X2.4, respectively.

X2.2.2.4 Calculate the estimated temperature (°C or °F) at V/L ratios 4, 10, 20, 30, and 45 from the following equations:

$$T4 = A + B \quad (X2.9)$$

$$T45 = F + 0.125H + C \quad (X2.10)$$

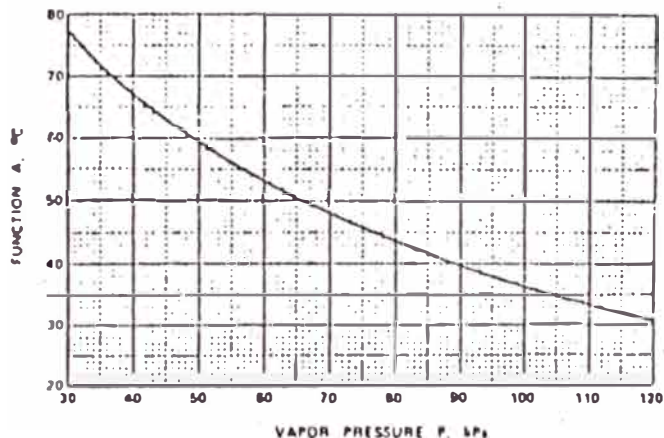


FIG. X2.1 Function A versus Vapor Pressure P

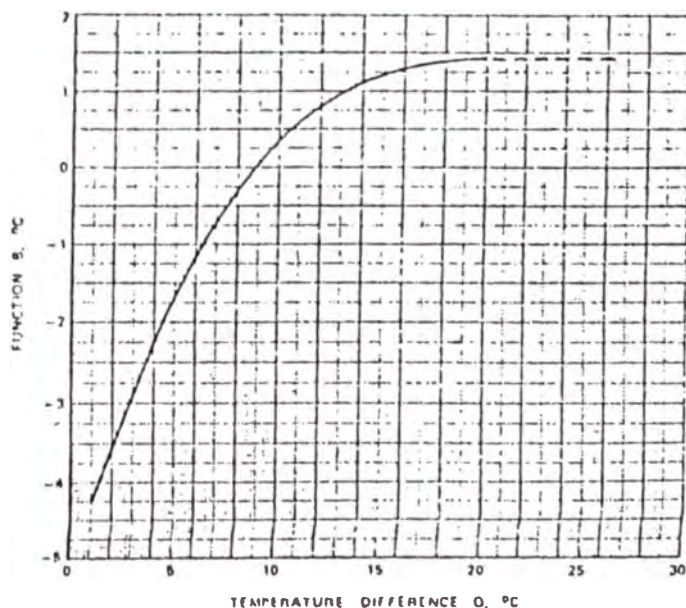


FIG. X2.2 Function B versus Distillation Temperature Difference Q

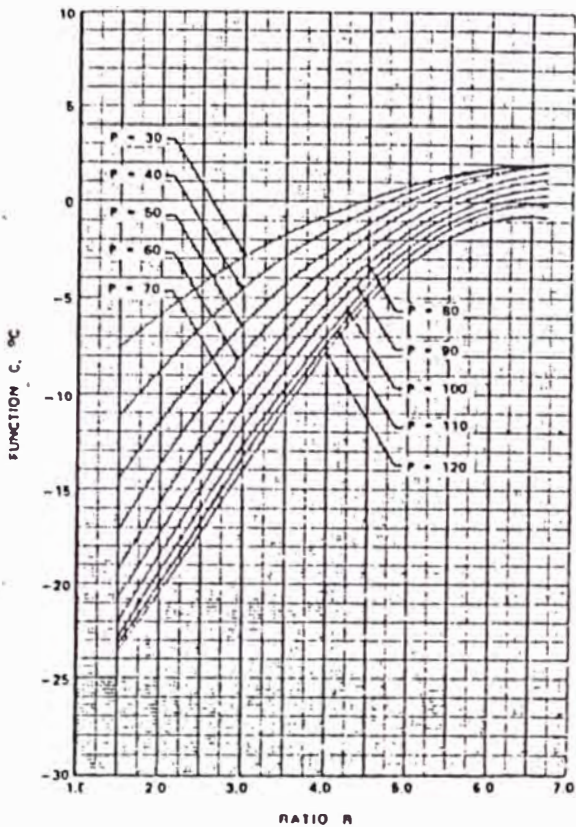


FIG. X2.3 Function C versus Ratio R and Vapor Pressure P

$$T_{10} = T_4 + 0.146341 (T_{45} - T_4) + D \quad (X2.11)$$

$$T_{20} = T_4 + 0.390244 (T_{45} - T_4) + 1.46519D \quad (X2.12)$$

$$T_{30} = T_4 + 0.634146 (T_{45} - T_4) + D \quad (X2.13)$$

where:
 T_4 , T_{10} , T_{20} , T_{30} , and T_{45} are estimated temperatures at V/L ratios, 4, 10, 20, 30, and 45.

X2.2.2.5 If the temperature at an intermediate V/L ratio is to be estimated, either plot the values calculated in X2.2.2.4 and read the desired value from a smooth curve through the points, or use the Lagrange interpolation formula as follows:

$$TX = T_4 \left(\frac{X-10}{4-10} \times \frac{X-30}{4-30} \times \frac{X-45}{4-45} \right) + T_{10} \left(\frac{X-4}{10-4} \times \frac{X-30}{10-30} \times \frac{X-45}{10-45} \right) + T_{30} \left(\frac{X-4}{30-4} \times \frac{X-10}{30-10} \times \frac{X-45}{30-45} \right) + T_{45} \left(\frac{X-4}{45-4} \times \frac{X-10}{45-10} \times \frac{X-30}{45-30} \right) \quad (X2.14)$$

where:
 X = the desired V/L ratio between 4 and 45, and
 TX = the estimated temperature at V/L ratio X .
 X2.2.2.6 If inch-pound units are used, establish input data from vapor pressure (Test Methods D 4953, D 5190, D 5191, or D 5482) and distillation (Test Method D 86) test results as follows:

E = distillation temperature, °F, at 10 % evaporated,
 F = distillation temperature, °F, at 20 % evaporated,
 G = distillation temperature, °F, at 50 % evaporated,

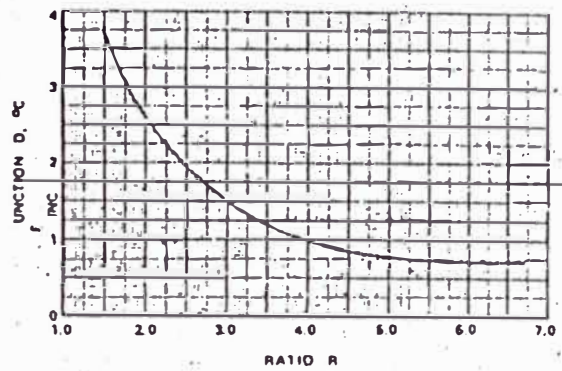


FIG. X2.4 Function D versus Ratio R

$$H = G - E, \text{ °F} \quad (X2.15)$$

$$P = \text{vapor pressure, psi,} \quad (X2.16)$$

$$Q = F - E, \text{ °F, and} \quad (X2.17)$$

$$R = H/Q, \text{ except that if } H/Q \text{ is greater than 6.7, make } R = 6.7. \quad (X2.17)$$

X2.2.2.7 If A , B , C , and D are to be calculated in inch-pound units, use the following equations:

$$A = 217.147 - 16.9527P + 0.822909P^2 - 0.0166849P^3 + 54.0436/P \quad (X2.18)$$

$$B = -9.66363 + 0.910540Q - 0.0223260Q^2 + 0.000178314Q^3 + 0.823553/Q \quad (X2.19)$$

$$S = -0.00525449 - 0.0532486/(P - 1.4) - 0.0170900/(P - 1.4)^2 + 0.0009677R - 0.0000195828R^2 - 0.0704753R/P^2 + 0.549224R/P^4 - 0.00961619R^2/P + 0.000910603R^3/P + 0.00203879R^2/P^2 \quad (X2.20)$$

$$C = 4.245P + 1.0/P \quad (X2.21)$$

$$D = 1.12460 - 1.24135R + 0.238875R^2 - 0.0126750R^3 + 10.5273/R \quad (X2.22)$$

X2.2.2.8 If A , B , C , and D are to be obtained from charts in inch-pound units, read them from Figs. X2.5, X2.6, X2.7, and X2.8, respectively.

X2.2.2.9 Calculate the estimated temperatures, °F, at V/L

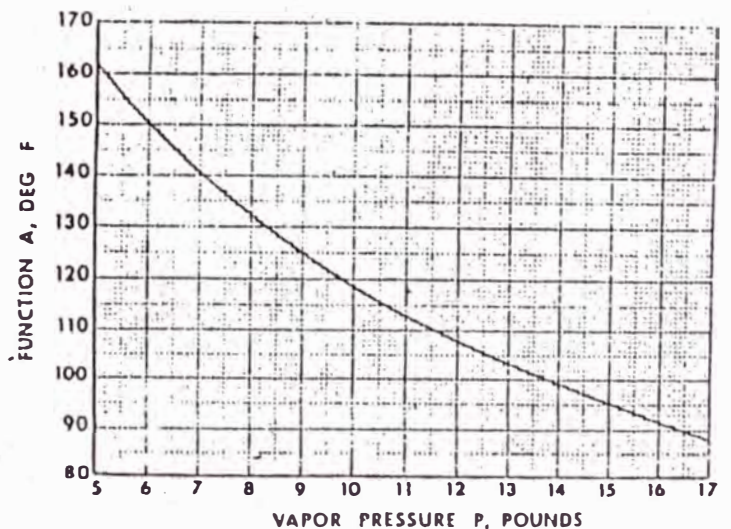


FIG. X2.5

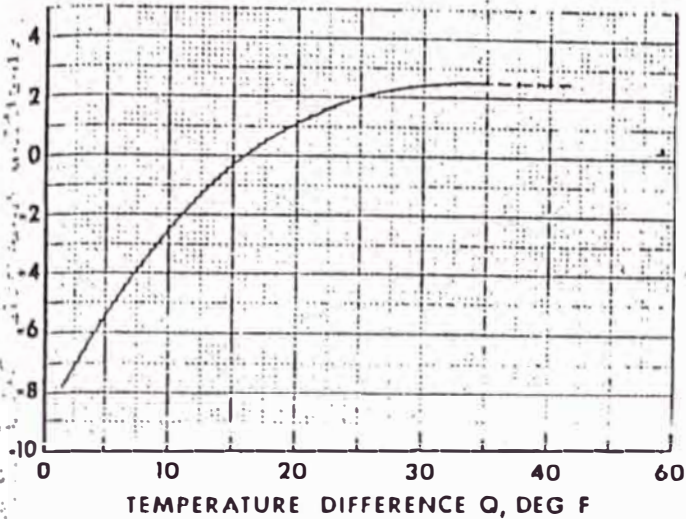


FIG. X2.8 Function B versus Distillation Temperature Difference Q

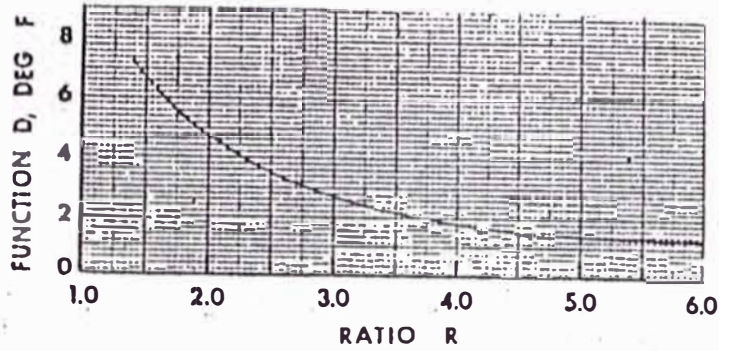


FIG. X2.8 Function D versus Ratio R

evaporated points from the distillation curve (Test Method D 86) along with the vapor pressure value (Test Methods D 4953, D 5190, D 5191, or D 5482); apply these directly in the equation.

$$T_{1/20} = 52.47 - 0.33 (VP) + 0.20 T_{10} + 0.17 T_{50} \quad (X2.23)$$

where:

- $T_{1/20}$ = temperature, °C, at V/L of 20:1,
- VP = vapor pressure, kPa,
- T_{10} = distillation temperature, °C, at 10 % evaporated, and
- T_{50} = distillation temperature, °C, at 50 % evaporated.

or in the inch-pound customary unit equation:

$$T_{1/20} = 114.6 - 4.1 (VP) + 0.20 T_{10} + 0.17 T_{50} \quad (X2.24)$$

where:

- $T_{1/20}$ = temperature, °F, at V/L of 20:1,
- VP = vapor pressure, psi,
- T_{10} = distillation temperature, °F, at 10 % evaporated, and
- T_{50} = distillation temperature, °F, at 50 % evaporated.

X2.4 Nomogram Method

X2.4.1 Summary—Two nomograms have been developed and are included herein (Figs. X2.9 and X2.10) to provide the same function as the linear equations procedure outlined above. Figure X2.9 is in SI units and Fig. X2.10 is in inch-pound units. The nomograms are based on the two equations and the same limitations apply to their use in estimating V/L (20) temperatures.

X2.4.2 Procedure—Obtain 10 % evaporated and 50 % evaporated points from the distillation curve (Test Method D 86) along with the vapor pressure value (Test Methods D 4953, D 5190, D 5191, or D 5482). Select the SI unit (Fig. X2.9) or inch-pound unit (Fig. X2.10) nomogram based on the units of T_{10} , T_{50} , and VP. Using a straightedge, locate the intercept on the line between the " T_{10} and T_{50} " scales after selecting the applicable T_{10} and T_{50} values. From this intercept and the proper point on the "VP" scale, a second intercept can be obtained on the " $T_{1/20}$ " scale to provide the desired value directly.

X2.5 Precision

X2.5.1 The precision of agreement between temperature-V/L data estimated by any one of these three techniques and data obtained by Test Method D 2533 has not been established.

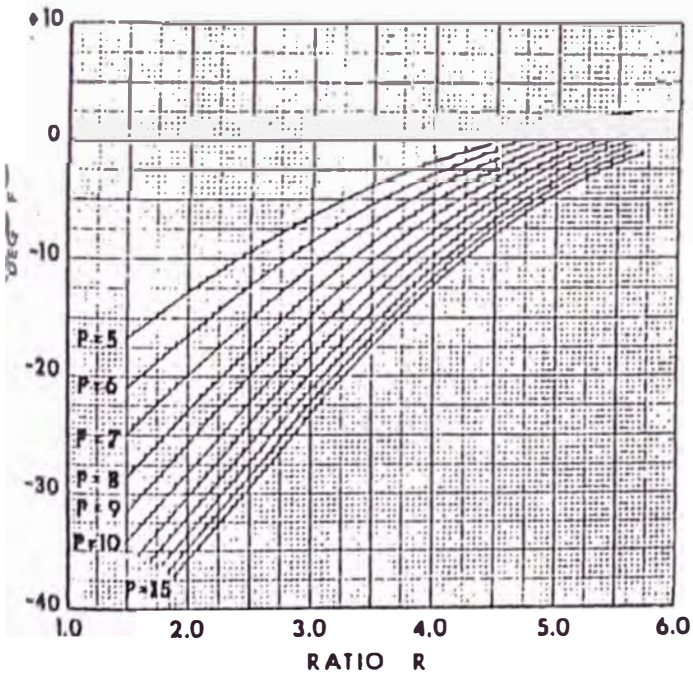


FIG. X2.7 Function C versus Ratio R and Vapor Pressure P

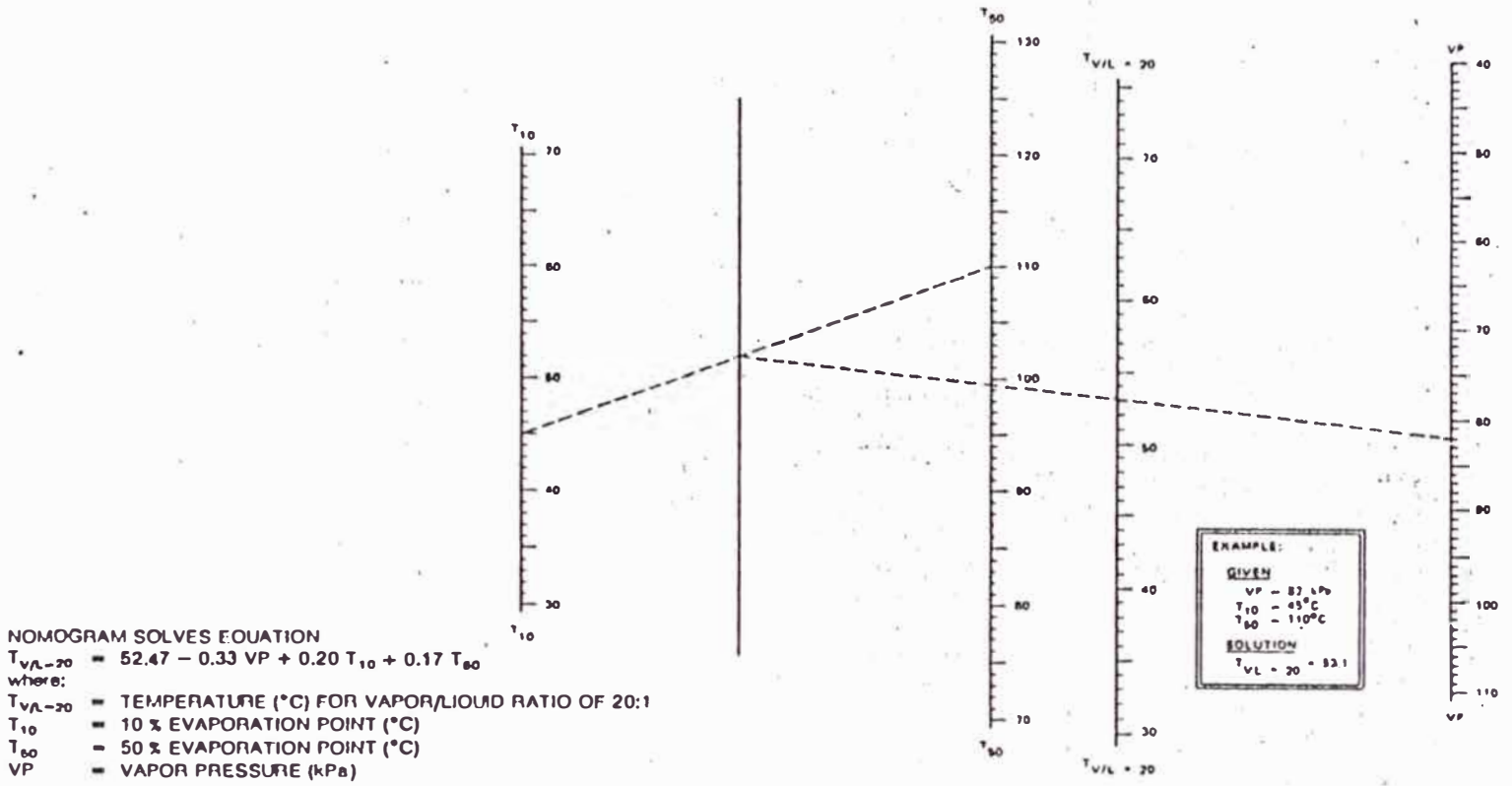


FIG. X2.9 Relationship Between Gasoline Volatility and Temperature for V/L Ratio at Sea Level—SI Units

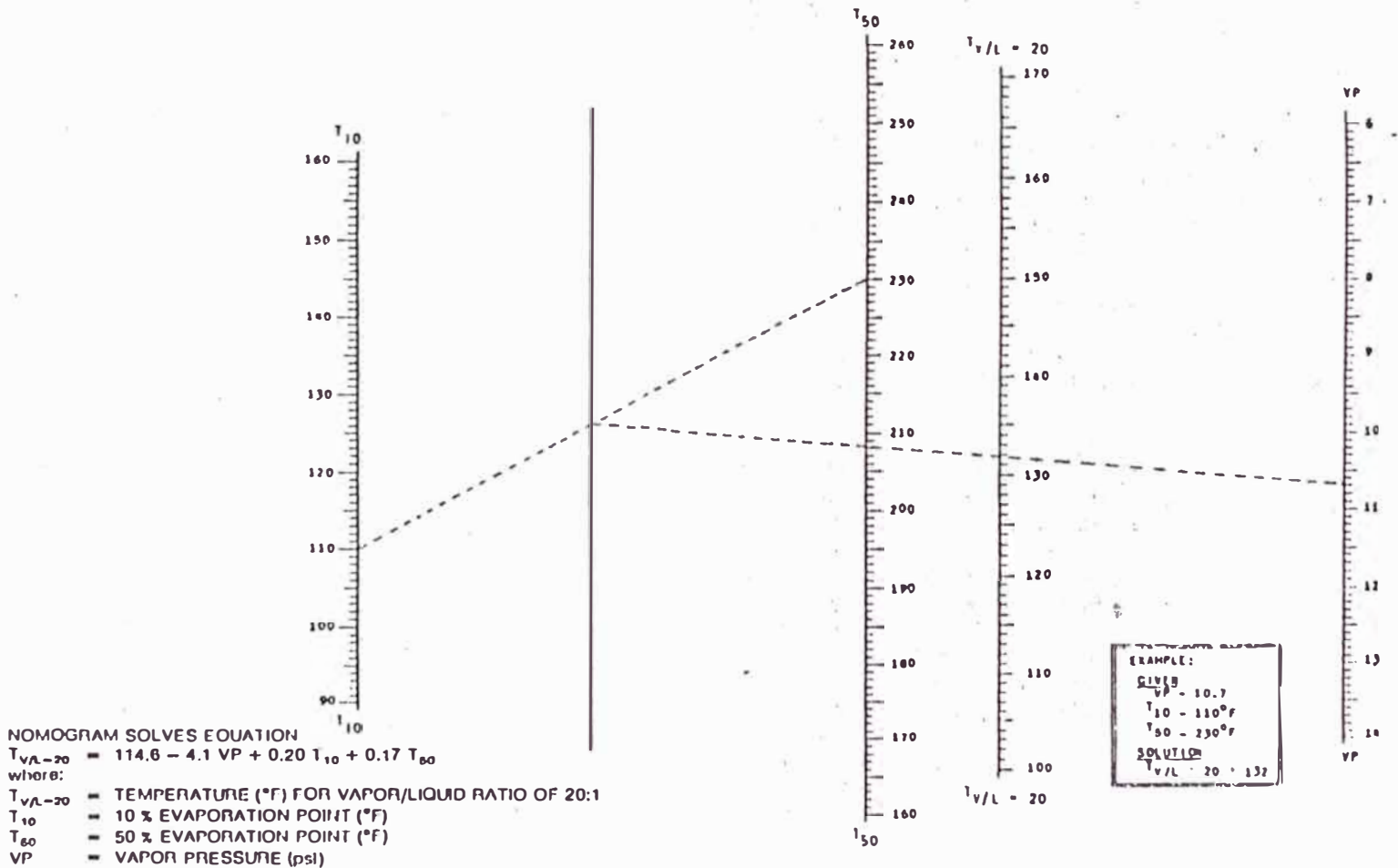


FIG. X2.10 Relationship Between Gasoline Volatility and Temperature for V/L Ratio of 20 at Sea Level—Inch-Pound Units

X3. SUMMARY OF EPA REGULATIONS APPLICABLE TO SPARK-IGNITION ENGINE FUEL

X3.1 EPA Applicable Vapor Pressure Standards

X3.1.1 Under authority of the Clean Air Act, the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) issued, effective May, 1992, vapor pressure control standards for unleaded and leaded gasoline and leaded and unleaded gasoline-oxygenate blends. Some states, notably California, have more restrictive vapor pressure limits.

X3.1.2 Details of the EPA regulations and test methods are available in Part 80 of Title 40 of the Code of Federal Regulations (40 CFR Part 80). For specific state vapor pressure regulations, the state of interest should be contacted.

X3.1.3 The EPA maximum vapor pressure limits of 7.8 psi and 9.0 psi are shown in Table 1 as Classes AA and A, respectively. The EPA requirements for each distribution area are shown in Table 4 for the period May 1 through September 15. For the month of May, the EPA limits only apply to finished gasoline and gasoline-oxygenate blend at refineries, importers, pipelines, and terminals. For the period June 1 through September 15, the EPA limits apply to all locations of the distribution system. Footnotes D through F of Table 4 indicate the ozone nonattainment areas which are limited to 7.8 psi maximum and the appropriate vapor lock protection class. California has controls that vary for the different air basins from as early as March 1 at refineries through as late as October 31. There are no EPA vapor pressure limits for the states of Alaska or Hawaii.

X3.1.4 EPA regulations allow 1.0 psi higher values for gasoline-ethanol blends than the EPA limits shown in Tables 1 and 4 for the period May 1 through September 15. To qualify, the gasoline-ethanol blends must contain 9 to 10 volume % ethanol. Higher vapor pressure limits for gasoline-ethanol blends under state regulations vary for other time periods, and specific states of interest should be contacted to determine if higher limits apply.

X3.2 EPA Lead and Phosphorus Regulations

X3.2.1 *Unleaded Fuel*—The intentional addition of lead or phosphorus compounds to unleaded fuel is not permitted by EPA. EPA regulations limit their maximum concentrations to 0.05 g lead per U.S. gallon (0.013 g/L) and 0.005 g of phosphorus per U.S. gallon (0.0013 g/L) (see Test Method D 3231), respectively.

X3.2.2 *Leaded Fuel*—EPA regulations after December 31, 1995, prohibit the sale, supply, dispensing, transporting, or introducing into commerce a fuel for use in any motor vehicle which is produced with the use of lead additives or which contains more than 0.05 g lead per U.S. gallon (0.013 g/L).

X3.2.2.1 The regulations define motor vehicle to include any self-propelled vehicle designed for transporting persons or property on a street or highway.

X3.2.2.2 The regulations do not prohibit the use of lead additives in fuel used in aircraft, racing cars, and nonroad engines, such as farm equipment engines and marine engines.

X3.3 EPA Oxygenate Regulations Applicable to Unleaded Gasoline-Oxygenate Blends

X3.3.1 *Substantially Similar Rule:*

X3.3.1.1 Section 211(f) (1) of the Clean Air Act prohibits introducing into commerce or increasing the concentration in use of, any fuel or fuel additive, which is not substantially similar to any fuel or fuel additive utilized for emissions certification of any model year 1975, or subsequent model year vehicle or engine, unless a waiver is obtained from the EPA.

X3.3.1.2 Gasoline-oxygenate blends are considered "substantially similar" if the following criteria are met.

(1) The fuel must contain carbon, hydrogen, and oxygen, nitrogen, or sulfur, or combination thereof, exclusively, in the form of some combination of the following:

- (a) Hydrocarbons;
- (b) Aliphatic ethers;
- (c) Aliphatic alcohols other than methanol;
- (d) (i) Up to 0.3 volume % methanol;
- (ii) Up to 2.75 volume % methanol with an equal volume of butanol, or higher molecular weight alcohol;

(2) The fuel must contain no more than 2.0 mass % oxygen except fuels containing aliphatic ethers and/or alcohols (excluding methanol) must contain no more than 2.7 mass % oxygen.

(3) The fuel must possess, at the time of manufacture, all of the physical and chemical characteristics of an unleaded gasoline as specified by Specification D 4814 - 88 for at least one of the Seasonal and Geographical Volatility Classes specified in the standard.

NOTE X3.1—Opinion varies as to whether the EPA "substantially similar" rule requires unleaded gasolines that do not contain oxygenates to meet ASTM specifications.

X3.3.2 *Waivers:*

X3.3.2.1 EPA has issued waivers for blends of gasoline and ethanol (gasohol), gasoline and ethanol with cosolvents, and gasoline and methanol with cosolvents that are less limiting than the "substantially similar" rule. For the latest listing of waivers, EPA should be contacted.

X3.3.2.2 Gasoline-ethanol blends are not required by EPA to meet Specification D 4814 volatility limits (see X3.1.4 for vapor pressure limits). EPA has specified in all other waivers that the volatility of the finished gasoline-oxygenate blend must comply with Specification D 439 or D 4814 climatic and geographical limits.

X3.4 EPA Reformulated Gasoline (RFG)

X3.4.1 Reformulated gasoline (RFG) is a spark-ignition engine fuel formulated to reduce motor vehicle emissions of toxic and tropospheric ozone-forming compounds. The Clean Air Act Amendments of 1990 require that RFG be sold in nine metropolitan areas with the worst summertime ozone levels. Other areas that do not meet ambient ozone standards may petition EPA to require RFG. The various RFG regulations have been established by the EPA. EPA has also placed limits on conventional gasoline sold in the rest of the U.S. to prevent RFG producers from using conventional gasoline as an outlet for undesirable fuel components (anti-dumping requirements). The EPA requirements became effective at the retail level on January 1, 1995.

X3.4.2 The characteristics of reformulated spark-ignition engine fuel, beyond those described by this specification, are described in the research report on reformulated spark-ignition engine fuel.² The research report also includes

information on California Air Resources Board Phase 2 gasoline requirements, which are more restrictive than the EPA RFG requirements and take effect at the retail level on June 1, 1996.

X4. METHOD FOR CALCULATING MASS PERCENT OXYGEN OF GASOLINE-OXYGENATE BLENDS

X4.1 Scope

X4.1.1 Test Method D 4815 provides a procedure for calculating the mass oxygen content of fuels using oxygenate concentration in mass percent. When oxygenate concentration in mass percent is not available, the oxygen concentration of these fuels can be determined indirectly by: (1) measuring the volume concentration of the oxygenates in the blend, which may be reported from Test Method D 4815 or equivalent method (2) measuring the density or relative density of the blend, (3) converting the oxygenate concentrations from volume to mass concentrations, and (4) converting the mass oxygenate concentrations to mass oxygen concentrations using the oxygen mass fractions of the oxygenates present.

X4.2 Procedure

X4.2.1 The following steps are used to determine the total mass oxygen concentration of gasoline-oxygenate blends when indirect calculation is necessary.

X4.2.1.1 Determine the volume concentrations of oxygenates in a gasoline-oxygenate blend (Test Method D 4815 or equivalent test method).

X4.2.1.2 Determine the density or relative density of the gasoline-oxygenate blend (Test Methods D 287, D 1298, or D 4052).

X4.2.1.3 The oxygen mass percent of the gasoline-oxygenate blend is calculated using the following general equation. The densities or relative densities and oxygen mass fractions of a number of pure oxygenates are provided in Table X4.1 for use in Eq (X4.1). The choice of density or relative density must be the same as determined in X4.2.1.2 for the gasoline-oxygenate blend.

Oxygen, Mass % =

$$\frac{V_1 \times d_1 \times O_1 + V_2 \times d_2 \times O_2 + \dots + V_n \times d_n \times O_n}{V_b \times d_b} \times 100 \quad (X4.1)$$

where:

- V_n = volume percent of oxygenates 1 through n,
- d_n = density or relative density of oxygenates 1 through n,
- O_n = mass fraction oxygen in oxygenates 1 through n,
- V_b = volume percent of gasoline-oxygenate blend = 100, and
- d_b = density or relative density of gasoline-oxygenate blend.

TABLE X4.1 Densities, Relative Densities, and Oxygen Mass Fractions of Pure Oxygenates

Oxygenate	Density, g/mL 20°C (68°F)	Relative Density 15.56/15.56°C (60/60°F)	Oxygen Mass Fraction
Methyl Alcohol	0.7913	0.7803	0.4993
Ethyl Alcohol	0.7894	0.7939	0.3473
n-Propyl Alcohol	0.8038	0.8080	0.2682
Isopropyl Alcohol	0.7855	0.7899	0.2682
n-Butyl Alcohol	0.8097	0.8137	0.2168
Isobutyl Alcohol	0.8016	0.8058	0.2168
sec-Butyl Alcohol	0.8069	0.8114	0.2158
tertiary-Butyl Alcohol	0.7866 ^A	0.7922 ^A	0.2158
Methyl Tertiary-Butyl Ether	0.7406	0.7460	0.1815
Ethyl Tertiary-Butyl Ether	0.7399	0.7452	0.1566
tertiary-Amyl Methyl Ether	0.7707	0.7758	0.1566
tertiary-Hexyl Methyl Ether	0.7815	0.7860	0.1377
Diisopropyl Ether	0.7235	0.7282	0.1566

^A Extrapolated, below freezing temperature.

X4.3 Example Calculation

X4.3.1 Assume that a gasoline-oxygenate blend is reported to contain 9.5 volume percent ethanol and 2.0 volume percent methyl tertiary-butyl ether and that the relative density of the blend is measured to be 0.7450, 15.56/15.56°C (60/60°F).

X4.3.2 Using the relative density and oxygen mass fraction data for ethanol and methyl tertiary-butyl ether from Table X4.1, the following mass percent oxygen is calculated for this gasoline-oxygenate blend.

Oxygen, Mass % =

$$\frac{9.5 \times 0.7939 \times 0.3473 + 2.0 \times 0.7460 \times 0.1815}{100 \times 0.7450} \times 100 = 3.88$$

X4.4 Precision

X4.4.1 The precision of this calculation method is a function of the individual precisions of density or relative density (Test Methods D 287, D 1298, or D 4052) and oxygenate analysis (Test Method D 4815 or equivalent). Because the repeatability and reproducibility vary with the analyses used, no estimate is provided.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

ANEXO 2

NORMAS LEGALES

Artículo 3°.- La presente resolución no otorga derecho a exoneración de impuestos o de derechos aduaneros, cualesquiera fuese su denominación o clase.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

Rúbrica del Ing. Alberto Fujimori
Presidente Constitucional de la República

DANIEL HOKAMA TOKASHIKI
Ministro de Energía y Minas
Encargado de la Presidencia
del Consejo de Ministros

7794

Autorizan viaje de asesor del PROMPEX a la ciudad de Santiago de Chile, en comisión de servicios

RESOLUCION SUPREMA
N° 386-98-PCM

Lima, 13 de julio de 1998

Visto el Oficio N° 036-98-PROMPEX/SG del Secretario General (e) de la Comisión para la Promoción de Exportaciones - PROMPEX; y,

CONSIDERANDO:

Que, el Proyecto de Apoyo a la Promoción de Exportaciones de las Pequeñas y Medianas Empresas - Unión Europea - PROMPEX ALA/93/57, en el marco del Programa de Actividades del Sector Mango del Proyecto ALA/93/57, ha previsto la realización de una Prueba de Venta en el Mercado Chileno, la misma que se llevará a cabo en la ciudad de Santiago de Chile - Chile, del 12 al 18 de julio de 1998, para efectuar un Programa de Promoción Comercial para el mango con la finalidad de dar inicio a su exportación en la próxima temporada 98/99;

Que, mediante esta actividad se contribuirá a consolidar el proyecto y a fortalecer el apoyo a las Pequeñas y Medianas Empresas peruanas;

De conformidad con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 053-84-PCM, Decreto Supremo N° 074-85-PCM, Decreto Supremo N° 135-90-PCM y Decreto Supremo N° 037-91-PCM;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar el viaje del ingeniero Dante Poggi Estremadoyro, Asesor del Proyecto de Apoyo a la Promoción de Exportaciones de las Pequeñas y Medianas Empresas - Unión Europea - PROMPEX ALA/93/57, a la ciudad de Santiago de Chile - Chile, del 12 al 18 de julio de 1998, para los fines expuestos en la parte considerativa de la presente resolución.

Artículo 2°.- Los gastos que ocasione el cumplimiento de la presente resolución, serán con cargo al Presupuesto del Proyecto de Apoyo a la Promoción de Exportaciones de las Pequeñas y Medianas Empresas - Unión Europea - PROMPEX ALA/93/57, Pliego 008 Comisión para la Promoción de Exportaciones, del Sector 01 Presidencia del Consejo de Ministros, Unidad Ejecutora 001 Comisión para la Promoción de Exportaciones, Función 11 Industria, Comercio y Servicio, Programa 040 Comercio, Subprograma 0110 Promoción Externa del Comercio, de acuerdo al siguiente detalle:

- Pasajes	: US\$	393.24
- Viáticos	: US\$	1,400.00
- Tarifa CORPAC	: US\$	25.00

Artículo 3°.- El representante del referido proyecto, en el término de diez (10) días útiles, contados a partir de su retorno al país, deberá elaborar y presentar un informe, a la Presidencia de PROMPEX, en el cual describirá las actividades desarrolladas y los resultados obtenidos en la citada prueba.

Artículo 4°.- La presente resolución no da derecho a exoneración de impuestos o de derechos aduaneros, de ninguna clase o denominación.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

Rúbrica del Ing. Alberto Fujimori
Presidente Constitucional de la República

DANIEL HOKAMA TOKASHIKI
Ministro de Energía y Minas
Encargado de la Presidencia del
Consejo de Ministros

7795

MTC

Disponen eliminar del mercado la oferta de Gasolina 95 RON con plomo y reducir el límite máximo de contenido de plomo en la Gasolina 84 RON

DECRETO SUPREMO
N° 019-98-MTC

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que atendiendo al rol del Estado en la determinación de la política nacional del ambiente y al acuerdo tomado por los Jefes de Estado en la última Cumbre de las Américas, se expidió la Resolución Suprema N° 057-97-MTC que constituyó la Comisión Multisectorial para la Gestión y Coordinación del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire y Retiro del Plomo de la Gasolina;

Que el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, a través del Viceministro de Vivienda y Construcción, tuvo a su cargo la coordinación de la Comisión designada, acorde con la Resolución Suprema N° 057-97-MTC, habiendo sido asistida por Comisiones Técnicas para apoyar el desarrollo de las actividades contempladas en dicho Programa, vinculadas a las áreas Normativa, Calidad del Aire y Monitoreo Ambiental y Especificaciones de Combustibles;

Que teniendo en cuenta el resultado de las acciones identificadas por la Comisión de Gestión, resulta pertinente establecer medidas concretas compatibles con el objetivo del Programa;

De conformidad con el inciso 8) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- En un plazo de noventa (90) días contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo, eliminase del mercado la oferta de Gasolina 95 RON con plomo, redúzcase el límite máximo de contenido de plomo en la Gasolina 84 RON, del valor actual de 1.16 a 0.84 gramos de plomo por litro.

Fíjase al 1 de julio del año 2003, la reducción del contenido de plomo a 0.14 gramos por litro de Gasolina 84 RON, siendo retirada la totalidad del plomo en dicho combustible el 31 de diciembre del año 2004.

Artículo 2°.- Para los efectos a que se contrae el artículo precedente, el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Hidrocarburos, actualizará las tablas de especificaciones de los combustibles en un plazo de (90) días computados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Artículo 3°.- El Organismo Supervisor de la Inversión en la Energía (OSINERG) se encargará de velar por el cumplimiento de lo dispuesto en los Artículos 1° y 2°, para tal efecto precisará las infracciones y sanciones pertinentes que establecerá en el reglamento respectivo.

Artículo 4°.- Establecer los nuevos límites para la calidad del aire que serán de aplicación en el ámbito nacional y tomar las acciones necesarias para el establecimiento de un Sistema de Medición de la Calidad del Aire, a partir del Reglamento Nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles.

En un plazo de noventa (90) días contados a partir de la vigencia de este Decreto Supremo, el Ministerio de

Boxta.- No será de aplicación lo dispuesto en el Artículo 4° del presente Decreto, a los mercaderías que, a la fecha de publicación del presente dispositivo, se encuentren amparadas en carta de crédito irrevocable y confirmada, a las que se encuentren embarcadas y a las pendientes de ingreso a los depósitos francos de ZOTAC, siempre que sean introducidas a la ZOTAC en un plazo no mayor de treinta (30) días calendario contados a partir de la fecha de publicación del presente dispositivo.

Por tanto, mando se publique y cumpla, dando cuenta al Congreso de la República.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintinueve días del mes de agosto de mil novecientos noventa y seis.

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI
Presidente Constitucional de la República

ALBERTO PANDOLFI ARBULU
Presidente del Consejo de Ministros

LILLIANA CANALE NOVELLA
Ministra de Industria, Turismo, Integración
y Negociaciones Comerciales Internacionales

JORGE CAMET DICKMANN
Ministro de Economía y Finanzas

Restablecen la importación de vehículos automotores usados a partir del 1 de noviembre de 1996

DECRETO LEGISLATIVO N° 843

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

POR CUANTO:

El Congreso de la República por Ley N° 26648 ha delegado en el Poder Ejecutivo, entre otras, la facultad de legislar en materia de generación de empleo, eliminación de trabas a la inversión, con énfasis en el incremento de las exportaciones, así como promover la inversión privada a través de la creación de Zonas de Desarrollo en el Eje Matarani-Ilo - Tacna;

Que, mediante Decreto de Urgencia N° 005-96 se dispuso la suspensión temporal de la importación de vehículos automotores usados con el fin de permitir el establecimiento de requisitos a fin de proteger la salud y vida de las personas, así como el medio ambiente;

Que, en tal virtud se ha visto por conveniente dictar las normas necesarias para reglamentar la importación de vehículos automotores usados, con énfasis en el desarrollo de los Centros de Exportación, Transformación, Industria, Comercialización y Servicios - CETICOS- de Ilo, Matarani y Tacna;

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros; y,
Con cargo de dar cuenta al Congreso de la República;

Ha dado el Decreto Legislativo siguiente:

Artículo 1°.- A partir del 1 de noviembre de 1996, queda restablecida la importación de vehículos automotores de transporte terrestre usados, de carga o pasajeros, que cumplan con los requisitos mínimos de calidad que se señalan a continuación:

a) Que tengan una antigüedad no mayor de cinco (5) años, con excepción de los vehículos automotores para el transporte de carga, con motores diesel, cuya antigüedad deberá ser no mayor de ocho (8) años. La antigüedad de los vehículos se contará a partir del año siguiente al de su fabricación.

b) Que no haya sufrido volcaduras.

c) Que no haya sufrido siniestro. Para estos efectos, se considera siniestrado a un vehículo cuando ha sufrido choques frontales, laterales, o traseros sustanciales.

d) Que tengan originalmente proyectado e instalado de fábrica el timón a la izquierda. No se permitirá, en consecuencia, el ingreso de vehículos de timón original a la derecha que hubieren sido transformados a la izquierda.

e) Que la emisión de monóxido de carbono de los vehículos automotores no supere el límite de 9% en volumen.

Por Decreto Supremo refrendado por los Ministros de Economía y Finanzas, y de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, se podrán modificar los requisitos establecidos en el presente artículo.

Artículo 2°.- Las empresas supervisoras autorizadas de acuerdo al Decreto Legislativo N° 659, para extender el Certificado de Inspección, deberán verificar en los lugares de exportación, antes del embarque, que los vehículos que se importen al país cumplan con los requisitos señalados en el artículo anterior.

El costo del servicio de verificación a que se refiere el párrafo anterior estará incluido en la tarifa que se paga de acuerdo al Decreto Legislativo N° 659 y su reglamento.

No se encuentran comprendidos en los alcances de lo dispuesto en el artículo anterior las donaciones que reciba el Sector Público.

Artículo 3°.- Lo dispuesto en los incisos c) y e) del Artículo 1° del presente dispositivo, no será de aplicación a los vehículos automotores desembarcados en los puertos de Ilo o Matarani que ingresen inicialmente a los CETICOS, previa verificación para los efectos de reparación o reacondicionamiento a fin de adecuarlos a las normas técnicas establecidas en la presente norma.

Solamente por los puertos de Ilo y Matarani se podrá desembarcar vehículos con timón original a la derecha para su posterior conversión a timón a la izquierda en los CETICOS o Centros de Reacondicionamiento.

Por Decreto Supremo refrendado por el Ministro de Economía y Finanzas se podrá autorizar el establecimiento de Centros de Reacondicionamiento en las zonas geográficas aledañas a los CETICOS a efectos que en dichos Centros se realicen labores destinadas a la reparación o reacondicionamiento de vehículos automotores usados.

Las empresas supervisoras autorizadas a que se refiere el Decreto Legislativo N° 659, efectuarán la inspección en destino de los vehículos reparados o reacondicionados al amparo de lo establecido en el presente artículo en los CETICOS, o Centros de Reacondicionamiento, para efectos de la verificación de los requisitos de calidad mencionados en el Artículo 1°, así como la determinación del valor de los vehículos, con anterioridad a la nacionalización de los mismos.

Artículo 4°.- Deróganse a partir del 1 de noviembre de 1996 el Decreto de Urgencia N° 005-96. Asimismo, quedan modificadas o derogadas las disposiciones legales que se opongan a lo señalado en el presente Decreto Legislativo.

Por tanto, mando se publique y cumpla, dando cuenta al Congreso de la República.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintinueve días del mes de agosto de mil novecientos noventa y seis.

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI
Presidente Constitucional de la República

ALBERTO PANDOLFI ARBULU
Presidente del Consejo de Ministros

JORGE CAMET DICKMANN
Ministro de Economía y Finanzas

ELSA CARRERA DE ESCALANTE
Ministra de Transportes, Comunicaciones,
Vivienda y Construcción

PCM

Designan miembro del Directorio de PETROPERU S.A.

RESOLUCION SUPREMA N° 307-96-PCM

Lima, 29 de agosto de 1996

Que, se encuentra vacante el cargo de miembro del Directorio de la Empresa Petróleos del Perú S.A. - PETROPERU S.A.;

Que, en consecuencia es necesario designar al funcionario que desempeñará dicho cargo;

De conformidad con la Ley N° 24948, Ley de la Actividad Empresarial del Estado y el Decreto Legislativo N° 560 - Ley del Poder Ejecutivo; y,

Estando a lo acordado;

SE RESUELVE:

Artículo Único.- Designar, a partir de la fecha, al señor Fritz Du Bois Freund, como miembro del Directorio de la Empresa Petróleos del Perú S.A. - PETROPERU S.A.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

Rúbrica del Ing. Alberto Fujimori
Presidente Constitucional de la República

ALBERTO PANDOLFI ARBULU
Presidente del Consejo de Ministros

DANIEL HOKAMA TOKASHIKI
Ministro de Energía y Minas

Director: Manuel Jesús Orbegozo

Lima, jueves 15 de junio de 2000



Ministerio de Transportes, Comunicaciones,
Vivienda y Construcción

ANTEPROYECTO DEL REGLAMENTO DE REVISIONES TECNICAS DE VEHICULOS AUTOMOTORES

Resolución Ministerial N° 261-2000-MTC/15.02

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, pone en consideración de las entidades públicas, instituciones privadas y personas interesadas, el contenido del referido anteproyecto a fin de que remitan sus opiniones y sugerencias a la norma, las cuales serán recibidas en nuestro local institucional sito en Av. 28 de Julio 800 Lima 1, o en el correo electrónico dlacruz@mtc.gob.pe, hasta el día 15 de julio de 2000.

**RESOLUCION MINISTERIAL
Nº 261-2000-MTC/15.02**

Lima, 14 de junio de 2000

CONSIDERANDO:

Que, la Ley Nº 27181 - Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre establece que para su implementación debe aprobarse entre otros el Reglamento Nacional de Vehículos, dentro del cual se deberá establecer los procedimientos técnicos y administrativos al sistema de revisiones técnicas;

Que, la Primera Disposición Final de la Ley Nº 27181 señala que los Reglamentos deben ser prepublicados previamente a su aprobación por el Poder Ejecutivo;

Que, el Artículo 23º de la Ley Nº 27181 señala que de ser necesario, la materia de regulación de los Reglamentos puede ser desagregada;

Que, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción de acuerdo a su competencia ha elaborado el Anteproyecto de Reglamento de Revisiones Técnicas de Vehículos Automotores;

Que, en consecuencia, resulta necesario autorizar la prepublicación del mencionado Reglamento;

De conformidad con el Decreto Ley Nº 25862 y la Ley Nº 27181;

SE RESUELVE:

Artículo Unico.- Autorizar la prepublicación del Anteproyecto de Reglamento de Revisiones Técnicas de Vehículos Automotores, el cual consta de cuarentiuno (41) artículos, dos (2) Disposiciones Finales y una (1) Disposición Transitoria.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALBERTO PANDOLFI ARBULU
Ministro de Transportes, Comunicaciones,
Vivienda y Construcción

**ANTEPROYECTO
REGLAMENTO DE REVISIONES TECNICAS**

INDICE

- I DISPOSICIONES GENERALES**
- II DE LAS REVISIONES TECNICAS**
- III DE LAS PLANTAS DE INSPECCION**
- IV DE LOS PROPIETARIOS DE VEHICULOS**
- V DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES**
- VI DISPOSICIONES FINALES**

ANTEPROYECTO REGLAMENTO DE REVISIONES TECNICAS DE VEHICULOS AUTOMOTORES

I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- El presente Reglamento de Revisiones Técnicas de Vehículos Automotores forma parte del Reglamento Nacional de Vehículos, de acuerdo con lo establecido en la Ley N° 27181 - Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre.

Artículo 2°.- La revisión técnica tiene por objetivo mejorar la seguridad en las vías y disminuir la contaminación ambiental; comprende la verificación de las condiciones mecánicas, de emisión de contaminantes y de ruidos, determinando si los vehículos reúnen las condiciones que permitan autorizar su circulación.

Artículo 3°.- El presente Reglamento establece el alcance y el procedimiento para la revisión técnica de los vehículos automotores, incluidos los remolques y semirremolques, destinados a circular por la vía pública; así como las normas básicas para la instalación y funcionamiento de las plantas de inspección que lleven a cabo dicho servicio.

Artículo 4°.- La revisión técnica es obligatoria para todos los vehículos automotores inscritos en el Registro de Propiedad Vehicular, incluidos los pertenecientes al Sector Público. Únicamente podrán circular en el territorio nacional aquellos vehículos que la hayan aprobado de acuerdo a lo establecido en el presente Reglamento.

Artículo 5°.- Los vehículos con matrícula extranjera que ingresen al territorio nacional, para realizar transporte internacional de personas y mercancías, se registrarán por los acuerdos internacionales vigentes sobre la materia.

Artículo 6°.- Las revisiones técnicas serán realizadas en plantas especializadas, denominadas plantas de inspección, autorizadas por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, de conformidad con el presente Reglamento, el Manual de Procedimientos para las Revisiones Técnicas de Vehículos Automotores, el contrato de concesión que se haya suscrito para tal efecto y las disposiciones complementarias que se emitan al respecto.

Artículo 7°.- El usuario del servicio elegirá la planta de inspección donde desee que su vehículo pase la revisión técnica.

Artículo 8°.- El certificado de inspección y el distintivo, son las únicas constancias de haber aprobado la revisión técnica.

II DE LA REVISION TECNICA

Artículo 9°.- Las revisiones técnicas de los vehículos automotores serán realizadas con las siguientes frecuencias, de acuerdo con su antigüedad:

Vehículo	Frecuencia	Antigüedad
De transporte particular de personas de hasta nueve asientos, incluido el conductor.	Anual	A partir del 2do. año
De transporte de carga, incluidos el remolcador o tracto camión, remolque y semirremolque.	Anual	A partir del 2to. año
	Semestral	A partir del 5to. año
De servicio público de transporte de personas, ambulancias, de transporte de mercancías peligrosas, vehículos que empleen gas como combustible y vehículos móviles, viviendas o casas rodantes autopropulsadas.	Semestral	A partir del 2do. año

Artículo 10°.- La antigüedad del vehículo se contará desde el año de su fabricación. En tal sentido, a partir de enero del año siguiente, el vehículo tendrá que pasar la revisión técnica según le corresponda en el calendario establecido para tal efecto.

Artículo 11°.- Las revisiones técnicas de los vehículos se realizarán, según el último dígito de su placa de rodaje, de acuerdo con el siguiente cronograma anual:

Vehículos sujetos a revisión anual		Vehículos sujetos a revisión semestral	
Ultimo dígito de la placa	Meses	Ultimo dígito de la placa	Meses
			1era 2da.
0	enero	0	enero julio
1	febrero y marzo	1	febrero agosto
2	Abril	2	febrero agosto
3	Mayo	3	marzo setiembre
4	Junio	4	marzo setiembre
5	Julio	5	abril octubre
6	Agosto	6	abril octubre
7	Setiembre	7	mayo noviembre
8	octubre y noviembre	8	Mayo noviembre
9	Diciembre	9	Junio diciembre

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción publicará en el Diario Oficial El Peruano y en un diario de los de mayor circulación en el país, la frecuencia y el cronograma de revisiones técnicas de los vehículos sin perjuicio de su difusión por otros medios. Dicha publicación se realizará en los meses de junio y diciembre de cada año.

Artículo 12°.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción podrá modificar la periodicidad y el cronograma de las revisiones técnicas, así como establecer revisiones y controles adicionales cuando las circunstancias así lo hagan aconsejable.

Artículo 13°.- Si vencido el plazo establecido en el cronograma citado en el Artículo 11° del presente Reglamento, el vehículo es sorprendido circulando sin haber sido presentado a la revisión técnica, su propietario será multado. Posteriormente, si el vehículo fuera nuevamente sorprendido en la misma situación, además de la multa correspondiente, el vehículo será internado en el Depósito Oficial y declarado fuera de servicio, retirándole la placa de rodaje; sólo podrá reingresar a la circulación y recuperar su placa de rodaje previa revisión técnica positiva y pago del valor total de las multas impuestas y la tarifa por internamiento.

Artículo 14°.- La revisión técnica aprobatoria del vehículo será requisito indispensable para la obtención o renovación de la autorización para el transporte de personas o mercancías.

Artículo 15°.- Previo a su inscripción en los Registros Públicos, los siguientes vehículos requerirán de revisión técnica: (i) usados importados directamente por su propietario o por importador autorizado; (ii) usados procedentes de subastas oficiales; y (iii) otros identificados normativamente. En estos casos, la revisión consistirá en la comprobación de que sus características técnicas responden a la presente norma y reglamentación vigente sobre la materia.

Artículo 16°.- Los derechos a cobrar por la revisión técnica de los vehículos y por otros servicios autorizados que se preste al usuario, vinculados a ella, incluirán la retribución a la planta de inspección por los trabajos prestados de revisión y el costo que, cuando la Administración del sistema de revisiones técnicas. Los derechos serán aprobados mediante resolución expedida por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción y establecidos por tipo de vehículo.

Los referidos derechos serán difundidos entre el público y exhibidos en un lugar visible desde el exterior del local de la planta de inspección.

Artículo 17°.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción aprobará los horarios de atención. Dichos horarios no necesariamente tienen que ser los mismos en todas las plantas de inspección instaladas en las diferentes localidades de la República.

Artículo 18°.- Al inicio de la revisión técnica se procederá a la identificación del vehículo, comprobando que sus características y los códigos o elementos de identificación del vehículo o sus componentes coincidan con las señaladas en la tarjeta de propiedad y se exigirá, según el caso, la presentación de los siguientes documentos:

a. Tarjeta de Propiedad

- b. Tarjeta de Circulación vigente a los vehículos destinados al servicio público de transporte de pasajeros.
- c. Autorizaciones o permisos especiales de circulación.
- d. Certificado de Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito.

Artículo 19°.- Durante el proceso de revisión técnica el propietario o conductor del vehículo no podrá intervenir en ella y en la planta de inspección no se podrá vender repuestos, ni reparar los vehículos que se presenten a dicha revisión.

Artículo 20°.- La revisión técnica de los vehículos deberá realizarse de acuerdo con lo establecido en el Manual de Procedimientos para la Revisión Técnica de Vehículos Automotores, en forma total y continua y sin desmontar piezas o elementos, cualquiera sea el tipo, marca o modelo de éstos.

Las operaciones de revisión, salvo las de identificación, tienen como finalidad principal detectar anomalías que afecten los componentes deenciales del vehículo comprometiendo el nivel de seguridad y la calidad del medio ambiente.

El Manual de Procedimientos para la Revisión Técnica de Vehículos Automotores establece las normas generales a tener en cuenta durante la revisión técnica, identifica los diferentes elementos y equipos de los vehículos que deben ser inspeccionados, describe el método para la inspección de cada uno de ellos y facilita los criterios que permiten determinar si el elemento o equipo en cuestión está o no en condiciones aceptables. El manual estará disponible para consulta de los usuarios del servicio en todas las plantas de inspección.

Artículo 21°.- Las deficiencias que se puedan identificar en los vehículos, durante el proceso de revisión, serán categorizadas y clasificadas en tres grupos:

- a. **leves**, que no exigen una nueva inspección, pero que deberán subsanarse antes de la siguiente revisión.
- b. **graves**, exigen una nueva inspección en un plazo que no debe ser superior a treinta (30) días calendario, período en el cual el propietario deberá subsanar la(s) deficiencia(s) señalada(s). Si transcurrido el plazo, el vehículo no ha sido presentado a una nueva revisión, se aplicará el procedimiento establecido en el artículo 13° del presente Reglamento.
- c. **muy graves**, sólo permite la circulación para el traslado del vehículo al taller que el titular designe para reparar sus deficiencias y retornar a la planta de inspección, requiriendo una nueva revisión con resultado aprobatorio para ser autorizada su circulación. Si transcurridos sesenta (60) días calendario el vehículo no ha sido presentado a una nueva revisión, la planta de inspección informará al Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, quien procederá a declararlo no apto para circular y comunicará de tal situación a la respectiva Oficina de Registros de Propiedad Vehicular; si en ese período, el vehículo es sorprendido circulando, se seguirá el procedimiento establecido en el Artículo 13° del presente Reglamento.

Artículo 22°.- Los resultados de la revisión técnica serán anotados en el certificado de inspección correspondiente a cada vehículo, como constancia de su ejecución, indicando si el vehículo está autorizado o no para circular. Estos resultados serán informados al Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

El certificado lo expide la planta de inspección sólo después de haber pasado el vehículo dicha revisión y tendrá validez en toda la República.

Los certificados serán numerados, se entregarán en forma correlativa y sólo serán firmados por el encargado de la planta de inspección, el que podrá delegar esta función en otro trabajador de dicha planta y sólo para caso de ausencia o incapacidad temporal. Ambas personas deberán registrar su firma ante el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. En ningún caso la planta de inspección podrá mantener dichos certificados firmados en blanco.

En caso de requerir el propietario duplicado del certificado, la planta de inspección lo expedirá, bajo responsabilidad, verificando que conste el registro en su archivo; el derecho de este servicio será establecido por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Artículo 23°.- Si el vehículo es declarado **AUTORIZADO** se pegará en lugar visible del vehículo un distintivo numerado que será otorgado correlativamente, en el que se señalará, por lo menos, la fecha de vencimiento de la revisión y el número de matrícula del vehículo.

Artículo 24°.- En el caso que el vehículo no apruebe la revisión técnica y por tanto sea declarado **"NO AUTORIZADO"**, se anotará en el certificado las razones que motivaron el rechazo y el período que tiene para circular hasta una nueva revisión técnica, que deberá llevarse a cabo en la misma planta de inspección, una vez subsanada(s) la(s) deficiencia(s) y de acuerdo con lo señalado en los puntos b. y c. del Artículo 21° del presente Reglamento. En el caso de segundas revisiones sólo se inspeccionarán los puntos desfavorables que fueron señalados en el respectivo certificado de inspección.

Artículo 25°.- Si el resultado de la inspección técnica del vehículo acusara deficiencias de tal naturaleza que su utilización constituyese un peligro, tanto para sus ocupantes como para los demás usuarios de la vía pública, la planta de inspección informará al Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, quien procederá a declararlo no apto para circular y comunicará de tal situación a la respectiva Oficina de Registros de la Propiedad Vehicular.

Sólo a solicitud del propietario, el Ministerio dispondrá se realice un peritaje técnico especializado que determine si el vehículo está o no en condiciones para circular o establezca las limitaciones que debe superar para poder hacerlo. El derecho de este peritaje será establecido por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Semejante procedimiento se seguirá para el vehículo declarado hasta tres veces consecutivas "NO AUTORIZADO".

Artículo 26°.- El derecho a cobrar por la segunda revisión técnica será del 40% del precio de la primera, siempre que el vehículo se presente a esta revisión dentro del plazo de quince (15) días calendario contado a partir del día siguiente de la primera; vencido ese plazo, el precio de esa segunda revisión será del 100% del derecho.

El derecho de posteriores revisiones técnicas por haber sido declarado "NO AUTORIZADO" será de un 100% del derecho establecido.

Artículo 27°.- Las características del certificado de inspección y las del distintivo, así como la localización de este último en el vehículo, serán definidas por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Las plantas de inspección deberán adoptar las medidas necesarias para asegurar la debida custodia y seguridad de los formularios de certificados de inspección y los distintivos; del extravío o robo de uno o más de estos elementos deberá darse cuenta al Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción en un plazo máximo de veinticuatro (24) horas.

Artículo 28°.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción establecerá el procedimiento de atención a los reclamos, quejas o denuncias que formule el usuario u otro particular en relación con el servicio de revisiones técnicas.

III DE LAS PLANTAS DE INSPECCION

Artículo 29°.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción podrá delegar, a través de concesiones, la realización de revisiones técnicas en plantas de inspección que, previa licitación pública, sean debidamente autorizadas de conformidad con las normas pertinentes.

En estas concesiones podrá considerarse el empleo de plantas móviles para su utilización en aquellas localidades cuya demanda no justifique la instalación de una planta fija y permanente.

Artículo 30°.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, excepcionalmente, podrá autorizar en el interior del país o en ciudades donde no puedan implementarse rápidamente plantas especializadas para efectuar las revisiones técnicas, a que se refiere el artículo anterior, talleres u otras entidades especializadas de la zona, que ofrezcan las suficientes garantías de calidad para la realización de dicha revisión. El Ministerio establecerá las condiciones para la prestación del servicio de revisión técnica bajo la citada autorización.

Artículo 31°.- Tanto las plantas fijas como las móviles, u otras autorizadas al amparo del artículo anterior, deberán estar equipadas para revisar tanto vehículos ligeros como pesados, salvo disposición del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción autorizando la especialización de alguna de ellas, justificado por características de la demanda y sin que perjudique la atención del otro servicio.

Artículo 32°.- Las concesiones o autorizaciones para operar plantas de inspección se otorgarán a través de Resolución emitida por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Dichas concesiones o autorizaciones son intransferibles, salvo aprobación previa y expresa del Ministerio.

Artículo 33°.- El otorgamiento de las concesiones o autorizaciones para operar Plantas de Inspección requerirán de la entrega de una carta fianza bancaria, solidaria, irrevocable, incondicional, de realización automática y sin beneficio de excusión, extendida a favor del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, como garantía de fiel cumplimiento de las condiciones establecidas para tal efecto. Dicha carta fianza estará vigente durante todo el período de la concesión o autorización y podrá ser reajustada y renovada parcialmente; el Ministerio establecerá el monto y otras condiciones que deberá reunir la carta fianza.

Artículo 34°.- Están impedidos de obtener una concesión para prestar el servicio de revisión técnica: (i) transportistas o aquellos que tengan vinculación comercial con concesionarios de marcas automotrices o centros de reparación de vehículos y (ii) personal del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción que haya participado en el proceso de adjudicación de concesiones y tenga intervención o vinculación con los aspectos administrativos o técnicos de las revisiones técnicas.

Para efectos del presente reglamento, se entenderá por personal del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción a todos aquellos que independiente del régimen laboral en el que se encuentren, mantengan vínculo laboral o contractual de cualquier naturaleza con el Ministerio.

Artículo 35°.- El concesionario deberá proveer la realización de los siguientes servicios:

- Revisiones periódicas de todo tipo de vehículos automotores, tractores, tracto molques y sen (tramolques, sin limitación de capacidad, de acuerdo a lo establecido en los Artículos 9° y 11° del presente reglamento.
- Revisiones previas a la inscripción de vehículos.
- Revisiones especiales para vehículos de transporte escolar y menores.

- d. Revisiones especiales de vehículos de transporte de mercancías peligrosas.
- e. Revisiones voluntarias solicitadas por los propietarios de vehículos.
- f. Otras que se determine normativamente o que sean requeridas por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Artículo 36.- Los concesionarios deberán contar, sin ser excluyente, con el siguiente personal, instalaciones y equipos mínimos:

- a. El personal que efectúe las revisiones técnicas deberá tener estudios y experiencia en mecánica automotriz debidamente acreditada y estará supervisado por un jefe técnico, con título de ingeniero mecánico.
- b. Las plantas de inspección deberán estar ubicadas en zonas adecuadas a la calificación urbana, atendiendo a criterios de densidad del parque automotor, de fácil acceso a avenidas y calles y que permitan que el ingreso y salida de vehículos del local sean independientes, seguros y expeditivos, sin interferir con el tránsito vehicular normal, ni generar problemas de congestión.
- c. El local deberá ser apto para la espera y atención de los vehículos que serán revisados y sus instalaciones deben diseñarse e implementarse de manera que puedan prestar adecuadamente y en todo momento la cantidad de revisiones que el concesionario ofreció atender; así como dar facilidades al público usuario. Podrán prever espacios para actividades comerciales o publicitarias, siempre que no entorpezcan las tareas de provisión del servicio y observando la prohibición establecida en el Artículo 19° del presente Reglamento.
- d. Sistema informático integrado de registro, almacenamiento y transmisión de datos de las revisiones técnicas que realicen.

Artículo 37.- Las revisiones técnicas solo se efectuarán en el local autorizado para el funcionamiento de la planta de inspección. Por causa justificada, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción podrá permitir el cambio de local siempre que su ubicación y características sean superiores a las del local que se reemplaza.

Artículo 38.- Las plantas de inspección deberán tener cubiertas las responsabilidades civiles que pudieran derivarse de su actuación, mediante la respectiva póliza de seguros. Las características y la cuantía de esta póliza deberán quedar definidas en los términos de la concesión.

Artículo 39.- Las plantas de inspección serán supervisadas por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción o las entidades y/o empresas a las que se delegue tal facultad.

IV DE LOS PROPIETARIOS DE VEHICULOS

Artículo 40.- Son obligaciones y responsabilidades de los propietarios de vehículos: (i) mantenerlos en perfecto estado de funcionamiento y en condiciones que no atenten contra la seguridad de las personas y el medio ambiente; (ii) presentarlos a la revisión técnica de acuerdo con el cronograma mencionado en el Artículo 11° del presente Reglamento; (iii) exhibir el distintivo correspondiente; y (iv) portar permanentemente el certificado de inspección y mostrarlo cuando sea solicitado por la autoridad encargada del control.

V DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES

Artículo 41.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción establecerá mediante Decreto Supremo, las acciones u omisiones que puedan ser consideradas como infracciones así como las sanciones correspondientes a las disposiciones contenidas en el presente Reglamento. Dicho decreto señalará la forma mediante la cual se aplicarán las sanciones correspondientes.

El incumplimiento de cualquiera de las cláusulas estipuladas en el contrato de concesión dará lugar a la imposición de multas, suspensión de la concesión o la resolución del contrato, según la gravedad de la falta; dichas sanciones serán establecidas en el respectivo documento contractual.

VI DISPOSICIONES FINALES

Primera.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción mantendrá actualizados los criterios técnicos de revisión y de calificación de defectos conforme a los avances que se produzcan en el ámbito nacional e internacional y acorde con la mejora del estado general del parque automotor nacional.

Segunda.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción o la entidad autorizada por éste, podrá realizar inspecciones selectivas en la vía pública. Si el vehículo no cumpliera con las normas establecidas en el Manual de Procedimientos para la Revisión Técnica de Vehículos Automotores tendrá que someterse a una nueva revisión, sin perjuicio de las acciones que se inicien contra el propietario del vehículo o la planta de inspección según corresponda.

Tercera.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, dictará las disposiciones complementarias para la mejor aplicación del presente Reglamento.

VII DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera.- El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción establecerá el cronograma de implementación de las revisiones técnicas en el territorio nacional.

ANEXO 3

NORMA DIGESA

6.4. METODOLOGIA DE MUESTREO Y ANALISIS DE PLOMO TOTAL

A. METODO DE MUESTREO

Empleamos la Metodología estandarizada de la EPA descrita en el Capítulo 50, en el Apéndice G.

B. EQUIPO UTILIZADO

Empleamos el Muestreador de Altos Volúmenes para el muestreo de plomo total presentes en las partículas en suspensión.

C. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

Consta de:

- A. Una caseta de aluminio anodizado.
- B. Un colector de muestras, suficiente para aspirar aire a través de un filtro limpio de fibra de vidrio de 8"x 10", a un flujo constante de 40 a 60 cfm.
- C. Ventilador de turbina, tipo industrial.
- D. Manómetro Metálico con escala en pulgadas de agua.
- E. Medidor de flujo con graficador.

D. CALIBRACION DEL MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN

Se emplea la UNIDAD DE CALIBRACION DE ORIFICIO, que consta de placas de resistencia de 18, 13, 10, 7, y 5 orificios y el calibrador de orificio, las placas se colocan de mayor a menor en el muestreador y se realizan las lecturas en el manómetro del calibrador obteniéndose el flujo real y las lecturas en el manómetro del muestreador se obtiene el flujo observado.

Las lecturas del flujo real son comparadas con la curva de calibración enviada por el fabricante del equipo y se obtiene un flujo real verdadero. Se grafica estos valores de flujo real verdadero versus el flujo observado. La calibración del muestreador de alto volumen se realiza a condiciones estándar de presión y temperatura; si las mediciones de partículas en suspensión se realizan a condiciones diferentes a las estándar se debe efectuar la corrección respectiva.

Un ejemplo de calibración se presentó en la Metodología de Muestreo y Análisis de Partículas en Suspensión y en la metodología de muestreo y análisis de hidrocarburos totales.

E. CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

Se muestrea las partículas de plomo total suspendidas en el aire en los filtros de fibra de vidrio y cada muestra es analizada.

E.1 CARACTERISTICAS

Tiempo de Muestreo : 24 horas.

Flujo de muestreo : 1.5 m³/min

Ubicación del muestreador de alto volumen: Se ubica el muestreador en una estación a una altura de 1.50 m sobre el nivel del suelo. Alejada a más de 10 m de cualquier obstáculo de más de 3 m de altura y de cualquier fuente contaminante cercana.

E.2 ANALISIS DE LAS MUESTRAS

E.2.1 MATERIAL Y EQUIPO

Erlenmeyer de 250 ml

Vasos de 150 ml

Pipetas graduadas de 15 ml

Pipetas volumétricas de 1 ml

Pipetas volumétricas de 5 ml

Pipetas volumétricas de 10 ml

Pipetas volumétricas de 20 ml

Pipetas volumétricas de 25 ml
Fiolas de 200 ml
Fiolas de 500 ml
Fiolas de 1000 ml
Fiolas de 25 ml
Fiolas de 10 ml
Fiolas de 100 ml
Fiolas de 50 ml
Embudos de 50 ml
Filtros de celulosa WHATMAN N° 42
Plancha de Calentamiento
Espectrofotómetro por Absorción Atómica
Lámpara de Cátodo Hueco de Plomo
Balanza Analítica para pesar filtros de fibra de vidrio
Cinta parafilm

Lunas de reloj
Pinza de 30 cm
Tijeras
Regla de 30 cm
Guantes descartables

E.2.2 REACTIVOS

Agua destilada
Acido Nítrico HNO_3 P.A.
Nitrato de Plomo $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ P.A.

E.2.3 SOLUCIONES

Solución de Acido Nítrico 3 M
Diluir 19.2 ml de ácido nítrico concentrado en 50 ml de agua destilada y enrasar a 100 ml en una fiola.

Solución de ácido nítrico 0.5 N

Diluir de la solución de ácido nítrico 3 M, 16.7 ml en agua destilada y enrasar a 100 ml en una fiola.

Solución estándar de Nitrato de Plomo de 1000 ppm
Pesar 1.598 g y disolver en ácido nítrico 0.5 N en una fiola de 1000 ml y enrasar.

Solución de trabajo de nitrato de plomo de 20 ppm
Diluir 4 ml de la solución estándar de nitrato de plomo de 1000 ppm en una fiola de 200 ml para obtener una solución de nitrato de plomo de 20 ppm, empleando una solución de ácido nítrico de 0.5 N en la dilución.

Solución de trabajo de nitrato de plomo de 5 ppm
Diluir 25 ml de la solución de nitrato de plomo de 20 ppm con ácido nítrico 0.5 N en una fiola de 100 ml.

Solución de trabajo de nitrato de plomo de 3 ppm
Diluir 15 ml de la solución de nitrato de plomo de 20 ppm, empleando ácido nítrico 0.5 N en una fiola de 100 ml.

E.2.4 ANALISIS DE LAS MUESTRAS

Los filtros con las muestras, después de efectuar la pesada final, se toma una alícuota ó porción de la muestra equivalente a aproximadamente 50,000 μ g de muestra, para lo cual se divide la longitud de la muestra en el filtro entre el número de veces que la muestra contenga 50,000 μ g .

Esta alícuota es cortada en porciones menores y colocada en un erlenmeyer de 250 ml .

Se coloca en la campana extractora para ácidos y se añade 15 ml de la solución de ácido nítrico 3 M y se coloca para su ataque químico en una plancha de calentamiento a una temperatura que permita una ebullición suave de la muestra hasta llegar a un volumen de solución de ácido en la muestra de aproximadamente de 3 a 5 ml. Evitar evaporar la muestra a sequedad.

Alejar de la plancha de calentamiento la muestra y dejarla enfriar hasta que obtenga la temperatura ambiente, luego filtrar empleando agua destilada en los enjuagues sobre un vaso de precipitados empleando para ello filtro whatman N° 42 hasta que la solución en el erlenmeyer sea clara.

Evaporar el filtrado en la plancha de calentamiento hasta lograr un volumen de aproximadamente 7 ml.

Enrasar éste volumen logrado a una fiola de 25 ml empleando para ello una solución de ácido nítrico de 0.5 N

E.2.5 LECTURA DE LAS MUESTRAS

Para efectuar las lecturas de las muestras se emplea el Espectrofotómetro por Absorción Atómica el cual se utiliza de la siguiente manera:

- 1° Se enciende la compresora para la producción de aire.
- 2° Se enciende el estabilizador y el equipo.
- 3° La longitud de onda empleada es de 283.3 nm, con llama alta, abertura de ventana de 0.7, y se instala la lámpara de plomo.
- 4° Se programa el equipo con los parámetros de: 10 mili amperios logrando encender la lámpara al programar éste amperaje; se programa la curva de calibración empleando para ello las concentraciones de 5 ppm y de 3 ppm; se programa para lograr una calibración

representada en una ecuación lineal, se programa realizar lecturas por duplicado.

- 5° Se programa ahora en el parámetro : energía, el alineamiento de la lámpara para lograr la mayor energía de ella.
- 6° La programación en : gráfico continuo representada en la absorbancia es ahora programada y con el desplazamiento del quemador se ubica la mejor posición del haz de luz de la lámpara, obteniendo cero de absorbancia
- 7° Se enciende la llama de aire-acetileno y se calibra el espectrofotómetro con la solución de 20 ppm de nitrato de plomo, logrando en una gráfica continua 0.18 de absorbancia para ésta solución, lo cual se realiza regulando los gases de la llama, regulando el ingreso de la solución al atomizador .
- 8° Una vez calibrado el equipo se efectúa la curva de calibración leyendo en calibración 1, el estándar 1 que es la solución de 3 ppm.
- 9° Leyendo en Calibración 2 el estándar 2 que es la solución de 5 ppm.
- 10° Ahora el equipo ya está calibrado y se procede a realizar las lecturas de las muestras.
- 11° Las lecturas se realizan presionando el botón leer y se observa en la pantalla la concentración de la misma en ppm.
- 12° Esta es una lectura promedio en concentración.

F. EXPRESION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en ppm ó en $\mu\text{g}/\text{ml}$, correspondiente a la muestra que estamos tomando por ejemplo:

Lectura de la muestra : 4.45 ppm

Volumen de la fiola : 25 ml

Concentración en microgramos de la solución : 111.25 microgramos de plomo en la solución.

En la muestra N° 118 – 98 de fecha de muestreo : 05 – 03 – 98, se tiene una muestra de 453,100.00 microgramos, por lo cual se tomó una alícuota de 1/ 9 del filtro que representan aproximadamente 50,000.00 microgramos de muestra.

Entonces se tendrá que considerar que los 111.25 miligramos de la solución corresponden a 1/ 9 de la muestra total por lo que se debe multiplicar este valor por 9, logrando un valor de:

Microgramos de plomo en la muestra = 1,001.25 microgramos de plomo.

A éste resultado se le resta los microgramos de plomo que pudiera tener el blanco de reactivos y el blanco del filtro de fibra de vidrio y es: 16.25 microgramos de plomo.

Microgramos de plomo = 985.00 μ g de plomo.

Debido a que seguimos con el mismo ejemplo de la metodología de Partículas en Suspensión, el volumen muestreado es igual a : 1,350.1829 metros cúbicos.

Tendremos entonces :

**Concentración de plomo en la muestra = 0.73 μ g de plomo /
 m^3**

De la misma manera se calculara para los demas metales Fierro,Cromo,Magnesio, etc,usando para esto las longitudes de onda de los mismos.El cuadro de longitud de ondas se presentara a continuacion.