LA GASOLINA SIN PLOMO, EL MEDIO AMBIENTE Y LA ECONOMIA

por

José Toledo Ordóñez

Guatemala, 4 de Octubre de 1993

AUSPICIADO POR

PRO ECO

Programa Ecológico
en Centroamérica

Swisscontact

PROLOGO

Existen medidas prácticas, factibles técnicamente y desde el punto de vista socioeconómico para disminuir la contaminación atmosférica en las ciudades. Esto es el mensaje principal de la obra de J. Toledo. Lo que se requiere es un esfuerzo de voluntad política para ponerlo en práctica.

La contaminación de las ciudades por las emisiones automotrices en Centro América es alarmante y creciente. Esto afecta a la salud de la población, a la ecología local, a la ecología mundial por las emisiones de CO_2 con su efecto invernadero en el planeta y también afecta a la economía de los países con sus costos directos por la baja eficiencia en la utilización de energéticos y por los costos indirectos de problemas de salud, disminución de calidad de vida y ecología.

El programa ProEco de la Fundación Suiza para el Desarrollo Técnico SWISSCONTACT, ha lanzado a principios de 1993 una inciativa para mejorar esta situación y se ha propuesto disminuir la contaminación de vehículos a través de un programa integral de asesoría, capacitación e información a la población y a los gobernantes. Con un control y mantenimiento regular de los vehículos no sólo se puede llegar a una disiminución de las emisiones vehiculares (entre un 30 y 40%), sino reducir también el uso de carburantes (entre 5 y 10%). Para llegar a esta meta se capacita a instructores y mecánicos en centros de formación técnica, se asesora a talleres automotrices, se capacita a agentes de tránsito, se monitorea la calidad del aire en centros urbanos y se trabaja estrechamente con el gobierno en reglamentos de tránsito que regulen un control periódico efectuado por talleres privados autorizados por el gobierno. En una primera fase el programa se ejecuta en Costa Rica, Guatemala y Honduras para

después extenderse a otros países. El financiamiento proviene del gobierno de Suiza y fondos nacionales contrapartes.

La gasolina sin plomo es un elemento muy importante dentro de la estrategia de mejorar las condiciones ambientales. No sólo reduce las emisiones nocivas de plomo, sino constituye un elemento indispensable para una disminución considerable de las emisiones de los vehículos de gasolina a través de la introducción de catalizadores. Con la utilización de catalizadores se puede reducir substancialmente las emisiones automotrices. La introducción de gasolina sin plomo constituye de esta manera el punto de entrada para una atmósfera más limpia en las ciudades. Guatemala ha mostrado que una introducción de golpe es factible, realizable y sin perjuicios - pero sí con muchas ventajas. Se ahorra no sólo costos, sino es la única forma de garantizar la máxima utilización de gasolina sin plomo y la rápida introducción de catalizadores.

Experiencias de otros países vendiendo gasolina sin plomo a mayor precio que la gasolina regular han sido bastante desfavorables al respecto. La obra de J. Toledo nos muestra claramente que las desventajas de una introducción masiva son casi nulas en países de Centroamérica, con ventajas muy considerables.

SWISSCONTACT quiere felicitar a J. Toledo por esta valiosa contribución, por lo cual también decidimos patrocinar esta edición. Estamos convencidos que la obra sirve como texto de referencia aclarando las dudas que existen sobre este tema y que también sirve como elemento para introducir en más países la gasolina verde en forma masiva mejorando la salud, la ecología y la economía de los países y así aumentando la calidad de vida a sus poblados.

Dr., Jürg Grütter
Coordinador para Centro América
Por Eco / SWISSCONTACT

INDICE GENERAL

INDICE DE GRAFICAS

INTRODUCCION

El empleo de los recursos naturales siempre va acompañado de transformaciones en el medio ambiente, produciendo en muchos casos efectos adversos que pueden llegar a causar daños irreparables en la salud de la población. Los servicios de transporte y principalmente los vehículos automotores son los mayores responsables de la contaminación ambiental.

En el caso de Guatemala el problema principal ha sido causado por una flota cada vez más grande de los llamados vehículos "rodados", diseñados para el uso de gasolina sin plomo, la cual por sugerencias que paralelo a esta investigación se hicieron al Ministerio de Energía y Minas, estuvo disponible en nuestro país a partir del mes de mayo de 1991. Las consecuencias de no haberla tenido antes han sido daños a los motores, mayor consumo de combustible y un alto índice de contaminación ambiental. Por el otro lado no existía regulación alguna para que los vehículos importados

al país estén equipados con controles de emisiones de gases y convertidores catalíticos o catalizadores, como se les llama comunmente.

Los países desarrollados siempre toman en cuenta los efectos que pueda tener en el medio ambiente la utilización de los recursos, evaluando las posibles soluciones y adoptando las más favorables, que desafortunadamente no siempre resultan ser las más económicas. Estados Unidos fue el primer país en hacer disponible y luego obligatoria la gasolina sin plomo y los controles de emisiones de gases, seguido inmediatamente por el Japón.

La venta de vehículos con motores de tecnología moderna está restringida a países que comercializan la gasolina sin plomo. La participación en el mercado mundial de la gasolina con plomo disminuye año con año. En otras palabras, si no se hubiera introducido la gasolina sin plomo, no sólo nos habríamos quedado rezagados en la lucha por conservar nuestro medio ambiente, sino que estaríamos importando mecanismos cada día más obsoletos. Guatemala no puede seguir ignorando el constante deterioro de nuestro ambiente ni posponiendo las medidas necesarias para detenerlo, así como tampoco puede sustraerse de una corriente que nos dejará cada día más aislados del resto del mundo.

A lo largo de este estudio se pretende demostrar que la

introducción de gasolina sin plomo a Guatemala traerá incalculables beneficios socioeconómicos al país. Se demostrará que es un programa ambiental que, a diferencia de otros, va de la mano con la economía. Asimismo se demostrará que conlleva ahorro en respuestos y consumo de combustible, lo que lo convierte en un proyecto rentable con invaluables beneficios al medio ambiente y a la salud de la población.

Pero nuestro objetivo no es solamente demostrar esta tesis. También se pretende que esta obra pueda ser un incentivo y a la vez servir como guía para cualquier otra nación que quiera hacer el cambio a gasolina sin plomo. Cuando finalmente, por acciones llevadas a cabo paralelas a esta investigación y con el apoyo decidido del Ministerio de Energía y Minas se logró un cambio estructural en el mercado de los combustibles eliminando por completo la gasolina con plomo, más de alguna persona hizo el comentario: "Si era tan sencillo, ¿por qué no se había hecho antes?". Pues la razón es muy simple. Aparte de vencer la natural resistencia al cambio que existe en nuestros países, se necesitaba dar respuesta a una serie de interrogantes, tales como: ¿Se puede usar gasolina sin plomo en cualquier vehículo? ¿Será más costosa? ¿Se puede producir localmente? ¿Qué pasará con los equipos de distribución? ¿Es indispensable colocar un catalizador al usar gasolina sin plomo? Y muchas más.

El estudio inicial que se elaboró, apoyado por una serie

de conferencias, entrevistas y artículos en los diferentes medios de comunicación cumplió el propósito de despejar estas interrogantes y convencer a las autoridades de turno de traer gasolina sin plomo a Guatemala. Ahora se presenta esta tesis, enriquecida con la experiencia adquirida durante el tiempo que duró la investigación, la cual se considera que podrá ser de gran utilidad para otros países.

Uno de los principales problemas que se encontró fue el hecho de que si bien se contó con expertos en petroquímica, en mecánica automotriz, en ecotoxicología, en medicina, y demás disciplinas que intervienen en este estudio, generalmente cada uno de ellos tiene conocimiento sobre aspectos aislados y no en forma global acerca de la problemática del uso de plomo en la gasolina. Por esta y otras razones es necesario adentrarse en una serie de conceptos y datos que si bien son elementales para los expertos en cada una de estas disciplinas, a quien no conoce este tema le podrán parecer demasiado técnicos.

Por la dualidad investigación-acciones realizadas que se da en esta tesis, se ha decidido comenzar presentando los textos de una de las campañas que fueron diseñadas para la educación y concientización al público. De manera que en el primer capítulo el lector se podrá formar una idea global del problema, y el resto de la obra estará más cargado de detalles técnicos.

Para asegurar el éxito de un programa ambiental de esta naturaleza, es indispensable que vaya acompañado de una campaña masiva de concientización al público y de educación a centros de servicio y diferentes instituciones relacionadas con los vehículos automotores. De otra manera, se podría repetir la experiencia de otros países donde la gasolina sin plomo fue lanzada al mercado sin mayor información y el progama ambiental fracasó o sus beneficios se vieron enormemente reducidos.

En Guatemala, esta campaña fue posible gracias al apoyo económico de la Gremial de Distribuidores de Vehículos Automotores, y también al apoyo del Ministerio de Energía y Minas y de la Secretaría de Relaciones Públicas de la Presidencia.

CAPITULO I

CAMPAÑA DE EDUCACION Y CONCIENTIZACION

Este primer capítulo se inicia con los Objetivos del Programa de Introducción de la Gasolina Sin Plomo a Guatemala. Le sigue un artículo titulado "La Verdad sobre la Gasolina sin Plomo", que fue publicado en diferentes periódicos y revistas, el cual en pocos párrafos trata de dar al lector una idea global del problema.

Finalmente, se presenta un resumen de la obra que sirvió de base para un ciclo de conferencias que comenzó por una conferencia de prensa y otras que se dictaron en diferentes foros tales como universidades, colegios, empresas privadas, e instituciones ambientalistas.

Introducción de la Gasolina sin Plomo a Guatemala

Sus beneficios

1.1. La gasolina sin plomo es indispensable para el adecuado funcionamiento de los vehículos "rodados" y para cualquier vehículo equipado con controles de emisiones de gases. De esta manera se evitarán daños al catalizador o filtro ambiental de gases, al sensor de oxígeno que controla el consumo de combustible y al motor en general, ya que el plomo los afecta en forma directa.

1.2. Es una mejor gasolina. La mayoría de los vehículos aunque estén diseñados para gasolina con plomo pueden usar gasolina sin plomo y obtener beneficios significativos tales como mayor duración en el aceite del motor, las candelas, los pistones, los anillos y el tubo de escape.

1.3. Se elimina en forma directa el plomo tóxico como uno de los cuatro principales contaminantes de la gasolina. Los efectos indirectos del plomo son aún mayores por el hecho de que inutiliza los catalizadores, los cuales son el único mecanismo hoy en día capaz de controlar el resto de los contaminantes de la gasolina.

1.4. Se dejan sentadas las bases para establecer un control de emisiones obligatorio para los otros tres principales contaminantes de los motores de gasolina, que

son los hidrocarburos no quemados, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

1.5. Permite que el país se acople a una corriente a nivel mundial que ya es irreversible, de manera que los motores de nueva tecnología que son diseñados exclusivamente para el uso de gasolina sin plomo estén al alcance de nuestros mercados.

La verdad sobre la Gasolina sin Plomo

El presente artículo pretende dar al lector información básica sobre un tema tan importante y tan desconocido en la poblemática de la contaminación ambiental en nuestro medio, como lo es el de la gasolina sin plomo. Muchas personas creen que el único beneficio de este combustible es ambiental. La verdad es que la gasolina sin plomo es una mejor gasolina en general, pues su beneficio es doble: por un lado, en el aspecto ecológico al permitir el uso de controles de emisiones de gases y por el otro lado en el aspecto económico, al permitir ahorro en repuestos de motor y consumo de combustible.

El plomo se añade a la gasolina para elevar el grado de octanaje. Al eliminarlo se sustituye por otros aditivos, por técnicas de refinación o por una combinación de ambos.

El plomo tiene la tendencia a acumularse en el cuerpo

humano, y por su naturaleza tóxica puede causar desde un cólico hasta una encefalitis. En los niños el efecto es mayor, ya que inhibe las enzimas necesarias para el desarrollo normal del sistema nervioso y del cerebro.

Sin embargo, muchos países industrializados han prohibido el uso del plomo en la gasolina no tanto por ser un contaminante en sí sino por el hecho de que no es compatible con los catalizadores. Estos son el único dispositivo hoy en día capaz de controlar el resto de los contaminantes, que son los hidrocarburos no quemados, el monóxido de carbono y los óxidos nítricos.

El catalizador es el más importante de los controles de emisiones de gases. Va colocado en el tubo de escape y solamente es compatible con gasolina sin plomo. Otros controles consisten en aditamentos externos y modificaciones internas del motor. Estos controles no se pueden poner después de fabricado el vehículo. Por el otro lado, cualquier intento de desconectarlos resulta en aumento en el consumo de combustible y en las emisiones del motor.

Los catalizadores modernos no le quitan fuerza al motor. Esto fue cierto con los primeros modelos fabricados en los años setenta, ya que se tapaban con facilidad. Al eliminarlos el ruido del motor puede subir a un nivel tan alto que puede ser necesario instalar un segundo silenciador en el tubo de escape, además de que se pierde su función

ambiental.

El plomo además de subir el octanaje de la gasolina tiene la característica de que lubrica a su paso los asientos de las válvulas del motor, por lo que al introducir la gasolina sin plomo en 1971 la mayoría de fabricantes cambiaron el material de estas piezas de manera que no necesitan de esta lubricación directa. Los carros antiguos que aún no han sido modificados podrían sufrir deterioro en los asientos de las válvulas si se usaran en condiciones extremas, tales como manejo a altas velocidades o con carga durante períodos largos de tiempo. Como en Europa existen muchas autopistas donde no hay límite de velocidad, fue necesario seguir vendiendo gasolina con plomo al mismo tiempo que se introducía la gasolina sin plomo. Es obvio que este no es el caso de Centroamérica, ni tampoco nos podemos dar el lujo de manejar tres o cuatro gasolinas. La solución es eliminar por completo el plomo en la gasolina.

Este posible daño en los asientos de las válvulas ha sido muy discutido ya que cuando ocurre es a kilometrajes tan altos que se confunde con el desgaste normal del motor. De cualquier manera existen en el mercado aditivos para la gasolina sustitutos del plomo como lubricante.

Los carros traídos de los Estados Unidos están equipados con catalizadores y si se usan con gasolina con plomo sufren serios desajustes. El catalizador se daña de inmediato. A

mediano plazo se descontrola el sensor de oxígeno que regula la mezcla de combustible del motor, causando en la mayor parte de los casos un aumento gradual en el consumo que puede llegar hasta un 20% adicional. A largo plazo el efecto abrasivo del plomo en la gasolina causa graves daños en los pistones, los anillos y las válvulas del motor, cuyas superficies no están preparadas para el uso de este combustible. También afecta la duración del aceite, las bujías y los tubos de escape.

Si un carro "rodado" ha sido usado constantemente con gasolina con plomo, para recuperar el consumo original de combustible el sensor de oxígeno debe de ser reemplazado por uno nuevo. Para recuperar la función de los controles de emisiones de gases se debe cambiar el catalizador.

Si un catalizador es usado accidentalmente con un solo tanque de gasolina con plomo, después de cuatro o cinco tanques de la gasolina correcta puede recuperar un 80% de su capacidad. Dos o tres tanques lo arruinan por completo.

Estadísticas de servicio nos muestran una duración promedio de 160,000 kilómetros de recorrido en el motor de un carro de agencia y solamente 90,000 en el caso de los traídos de los Estados Unidos, usando gasolina con plomo. Usando sin plomo, ambos motores podrían llegar a los 200,000 kilómetros. Esta es una de las principales razones por la que en Centroamérica los motores no alcanzan los mismos kilometrajes que en los Estados Unidos.

Hacer disponible la gasolina sin plomo es solamente el primer paso. Después hay que reglamentar para que todos los carros de gasolina importados en el futuro estén equipados con catalizadores y demás controles de emisiones de gases. Como podemos ver, la gasolina sin plomo es rentable. Ahora bien, el beneficio que puede brindar a la salud de la población y al medio ambiente es invaluable.

Gasolina sin Plomo - Información Importante

Debemos usar gasolina sin plomo porque es indispensable para los vehículos "rodados" y mejor para todo tipo de vehículo en general. Además nos permite lograr un ahorro sustancial en repuestos, en consumo de combustible y nos permite controlar los gases contaminantes.

La gasolina sin plomo es una mejor gasolina, pues su beneficio es doble. Por un lado en el aspecto ambiental al reducir las emisiones de gases contaminantes y por el otro lado porque reduce los costos de operación de los vehículos automotores en general.

En primer lugar nos permite ahorrar en piezas. Al usarla los vehículos de agencia y sobre todo los "rodados" pueden tener una mayor duración en los pistones y anillos del motor, así como en el aceite, las candelas y el tubo de

escape, ya que el plomo los afecta en forma directa.

Luego nos permite ahorrar combustible. En el caso de los carros "rodados" evita el desperdicio de combustible, ya que permite un adecuado funcionamiento del sensor de oxígeno que regula la mezcla.

El uso de plomo se está eliminando de la gasolina porque además de ser un contaminante en sí, no es compatible con los catalizadores, sin los cuales es imposible controlar el resto de los contaminantes. Estos son los hidrocarburos no quemados, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, todos ellos cancerígenos. El plomo se añade a la gasolina para elevar el grado de octanaje. En la gasolina sin plomo se sustituye por otros aditivos, por técnicas de refinación o por una combinación de ambos.

Los controles de emisiones de gases son dispositivos para controlar las emisiones, entre los cuales el más importante es el convertidor catalítico o catalizador colocado en el tubo de escape. Los controles de emisiones también consisten en diferente diseño de piezas internas del motor tales como pistones, eje de levas, etcétera y van de la mano con la gasolina sin plomo.

Eliminar estos controles es contraproducente. En primer lugar no se pueden eliminar totalmente, ya que tendría que cambiarse todo el motor. Algunos talleres desconectan o

arrancan los dispositivos externos de control de emisiones en espera de un mejor funcionamiento. El resultado es que se afecta la calibración del motor provocando pérdida de fuerza, aumento en el consumo de combustible y por supuesto mayor contaminación.

El motor de un carro "rodado" es diferente al de uno importado por las agencias. Los carros "rodados" tienen controles de emisiones de gases y solamente pueden usar gasolina sin plomo. Los carros de agencia no tienen controles de emisiones de gases y fueron originalmente fabricados para usar gasolina con plomo, pero la mayoría fueron rediseñados y a partir de 1971 también pueden usar gasolina sin plomo.

Los vehículos fabricados antes del año 1971 son diferentes. El plomo además de mejorar el octanaje tiene la propiedad de lubricar directamente los asientos de las válvulas y los motores antiguos fueron diseñados para esta gasolina. Sin embargo, a partir de ese año los fabricantes en Estados Unidos y Japón usaron metalurgia más moderna, que hace innecesaria la lubricación directa del plomo. Posteriormente otros fabricantes del mundo les siguieron. En la mayoría de los casos el material de las piezas de repuesto para estos motores ya ha sido modificado para aceptar gasolina sin plomo.

Si se usa gasolina sin plomo en modelos anteriores al año

de 1971 en condiciones normales, no habrá problema. En condiciones severas en que el vehículo es sometido continuamente a recorridos largos a altas velocidades o con cargas pesadas, los asientos de las válvulas del motor podrían sufrir deterioro a largo plazo. Como en Guatemala no tenemos autopistas, es prácticamente imposible que se puedan dar estas condiciones de manejo. Si este fuera el caso, el problema se podría evitar añadiendo algún aditivo a la gasolina para lubricar las válvulas. Existen tablas donde se puede consultar en qué modelos es aconsejable usar aditivos en estas condiciones.

Actualmente se están importando a Guatemala motores usados desde Japón. Estos motores fueron fabricados con controles de emisiones de gases y deben de usar exclusivamente gasolina sin plomo.

Al usar gasolina con plomo en un carro "rodado", el primer daño es al medio ambiente, ya que el catalizador deja de funcionar de inmediato. A corto plazo, el plomo afecta al sensor de oxígeno que regula la mezcla de combustible, generalmente enriqueciéndola y aumentando gradualmente el consumo y las emisiones de gases a niveles de hasta un 20% adicional. A largo plazo los efectos serán mayores, pues el efecto abrasivo del plomo de la gasolina causará graves daños en las partes mecánicas del motor, tales como las válvulas, pistones y anillos que no están preparados para el uso de este combustible.

Para recuperar el consumo normal de combustible en un carro "rodado" se debe cambiar el sensor de oxígeno del motor.

Al usar gasolina con plomo, con cuatro o cinco tanques el catalizador quedará inutilizado por completo. Si accidentalmente se usara un solo tanque de gasolina con plomo, después de unos cinco tanques de la gasolina correcta el catalizador puede recuperar un 80% su capacidad.

El catalizador no le quita potencia al motor. Esto fue cierto con los primeros catalizadores fabricados a finales de los años setenta, ya que se tapaban con facilidad. Los catalizadores modernos no quitan fuerza, y al eliminarlos el ruido del motor puede subir a un nivel tan alto que puede hacerse necesario instalar un segundo silenciador en el tubo de escape. Recordemos que el ruido también es contaminación.

<u>La Gasolina sin Plomo, el Medio Ambiente y la Economía Conferencia</u>

1. Introducción

El propósito de esta plática es demostrar los beneficios socioeconómicos y ambientales de nuestra Propuesta para un

Programa de Control de Emisiones de Gases en Centroamérica, así como discutir algunos aspectos técnicos de este cambio.

El empleo de los recursos naturales siempre va acompañado de transformaciones en el medio ambiente, produciendo en muchos casos efectos adversos que pueden llegar a causar daños irreparables en la salud de la población.

Los servicios de transporte son los principales responsables de la contaminación ambiental. En Centroamérica, uno de los problemas principales ha sido causado por una flota cada vez más grande de los llamados vehículos "rodados" o traídos desde los Estados Unidos, diseñados para el uso de gasolina sin plomo la cual no está disponible en la mayoría de países del área. El resultado se traduce en daños a los motores, alto consumo de combustible y un alto índice de contaminación ambiental.

Por el otro lado, los mecanismos modernos se diseñan tomando en cuenta las regulaciones de emisiones de los países desarrollados, lo que limita su disponibilidad a países que no comercializan la gasolina sin plomo.

En otras palabras, no sólo nos hemos quedado rezagados en la lucha por conservar el medio ambiente sino que hemos estado desperdiciando divisas e importando mecanismos cada día más obsoletos.

Antes de entrar en detalle sobre los efectos del uso inadecuado de combustibles en Centroamérica, es conveniente que revisemos los conceptos de los elementos que entran en juego.

2. Clasificación de combustibles.

Los combustibles automotores convencionales pueden ser básicamente clasificados en gasolina y diesel. Entre los llamados combustibles alternos los más comunes son el gas natural comprimido, el gas propano y el metanol.

En el mercado las gasolinas se clasifican en base al octanaje, y generalmente en Centroamérica se comercializan en dos grados: la "regular" y la "superior". Las dos gasolinas han contenido plomo, la "superior" en mayor cantidad que la "regular".

La gasolina que usamos es de excelente calidad. Si contiene plomo y causa problemas ambientales es porque así la hemos pedido.

El número de octanos es una forma de medir la habilidad de la gasolina a resistir la detonación, la cual se manifiesta como lo que en nuestro medio llamamos "cascabeleo" del motor. Mientras mayor sea la compresión del motor mayor será su eficiencia y mayores serán los requerimientos de octanaje.

Anteriormente para subir el octanaje se añadía plomo a la gasolina, pero como se demostró que no es compatible con los nuevos sistemas de control de emisiones se empezó a eliminar su uso a partir de 1971.

Los fabricantes tuvieron que construír motores de menor compresión hasta que ya por el año de 1980 el desarrollo de nuevos métodos permitió nuevamente subir la compresión y nuevamente se usó gasolina de alto octanaje.

Para fabricar gasolina sin plomo se puede prolongar el proceso de refinación, añadirle aditivos o una combinación de ambas cosas.

Es importante hacer ver que el aditivo que se use para sustituir al plomo no debe de ser nocivo para la salud al ser quemado sin catalizador. Considerando las ventajas y las desventajas de cada uno de los aditivos, el más aconsejable es el llamado MTBE o Metil Terciario Butil Eter.

Los combustibles alternos como el gas propano tienen un uso limitado, principalmente para operaciones de flotillas. Para operar con estos combustibles se requieren modificaciones en los vehículos, y su producción y comercialización en gran escala es aún dificultosa, sobre todo cuando se trata de derivados de productos agrícolas que están sujetos a variaciones estacionales.

3. Clasificación de Vehículos.

Para propósitos de esta charla vamos a clasificar los vehículos en dos grandes grupos:

Se le llama carros "rodados" en nuesto medio a aquellos producidos para el mercado de los Estados Unidos, y que posteriormente son traídos a nuestros países. Hoy en día cualquier vehículo fabricado o importado a los Estados Unidos está diseñado para el uso exclusivo de gasolina sin plomo, y está equipado con un catalizador y demás controles de emisiones de gases.

Paradójicamente estos vehículos son los que han causado mayor contaminación en Centroamérica, ya que al ser usados con gasolina con plomo sufren serios desajustes.

Los carros de agencia en su gran mayoría son fabricados para gasolina con plomo y no tienen controles de emisiones de gases, a excepción de los importados a Guatemala a partir del primero de marzo de 1993 que por ley ya son controlados.

4. Los contaminantes.

Entre los procesos usados por el hombre, el uso de combustibles fósiles es el mayor generador de contaminación, siendo el sector transporte uno de los principales responsables. Veamos cuáles son los contaminantes producidos por este sector.

La combustión perfecta de un combustible de hidrocarburo puro produce solamente dióxido de carbono y agua. Sin embargo, el proceso de combustión casi nunca es completo, y de allí es donde vienen el resto de contaminantes.

En el caso de un motor de gasolina, los principales contaminantes son los siguientes: Hidrocarburos no quemados, Monóxido de Carbono y Oxidos de Nitrógeno.

Otro contaminante que nunca se especifica en las medidas de emisiones pero que no por eso deja de ser menos importante, es el plomo en la gasolina. La razón por la que no se le incluye es muy simple: a la fecha no existe ninguna forma práctica de medirlo.

5. Los controles.

Motivado por la celebración del primer Día de la Tierra en 1970, el gobierno de los Estados Unidos aprobó la Ley del Aire Limpio, creando al mismo tiempo la Agencia de Protección del Medio Ambiente, con amplias facultades para establecer estándares para el máximo permisible de emisiones de gases en los vehículos.

De esta forma se desarrollaron numerosos dispositivos para controlar las emisiones de gases, entre los cuales el más importante es el catalizador, ya que es el único mecanismo

hoy en día capaz de controlar al mismo tiempo las emisiones de hidrocarburos no quemados, de monóxido de carbono y de óxidos de nitrógeno. Los controles de gases, el catalizador y la gasolina sin plomo van de la mano.

El plomo en la gasolina inutiliza el catalizador porque deposita deposita impurezas en su superficie. Esta fue la principal razón por la que la gasolina sin plomo se hizo obligatoria en muchos países.

En lo que respecta a motores no convencionales, no se espera que aporten ninguna reducción significativa en la contaminación en los próximos años.

La turbina de gas por su elevado costo será en un principio rentable solamente en vehículos pesados. Los motores de vapor aún tienen problemas de lubricación a altas temperaturas. Y los automóviles eléctricos sólo han tenido éxito en tareas especiales a distancias cortas. El problema principal sigue siendo el tamaño, costo y duración de las baterías.

6. Antecedentes históricos.

La gasolina sin plomo y el uso de catalizadores son obligatorios en los Estados Unidos, Canadá y Japón desde 1975, y serán obligatorios para los países de la Comunidad Económica Europea a partir de 1992.

A nivel lationamericano, la gasolina sin plomo ya está disponible en México, Santiago de Chile, Guatemala, El Salvador y Costa Rica. Sin embargo, a excepción de Guatemala y como se hizo en la mayoría de los países industrializados, se comenzó a comercializar la gasolina sin plomo al lado de la gasolina con plomo y con diferente precio.

Esto ha dado lugar a problemas de contaminación en los depósitos, a veces en forma intencional para aprovechar la diferencia de precio, con lo cual se "envenenan" los catalizadores y se reduce considerablemente la efectividad del programa ambiental.

Se estima que una vez recibida la gasolina sin plomo los depósitos se limpian solos al ser llenados cuatro o cinco veces. El período de descontaminación puede llevar de tres a cuatro meses en lo que este proceso se efectúa en toda la cadena de distribución. Acto seguido, la gasolina será ya segura para el uso de catalizadores.

Una vez culminado el proceso las emisiones de plomo ya no serán problema para la salud del hombre. En ese momento estaremos listos para combatir el resto de los contaminantes.

Permítanme por un momento referirme a la forma en que se

desarrolló el Programa de Emisiones de Gases en Guatemala. A partir del mes de mayo de 1991 solamente se importa gasolina sin plomo.

Es interesante hacer ver que Guatemala es el primer país del mundo que eliminó de golpe el uso del plomo en la gasolina, ya que después de un profundo estudio se determinó que se daban las condiciones necesarias para poder hacerlo.

Por el otro lado, la manera más práctica de introducir la gasolina sin plomo fue mantener un esquema de dos gasolinas, para que las petroleras no tuvieran que hacer inversión en infraestructura.

El cambio fue acompañado con una campaña de concientización al público y de información a los centros de servicio.

Posteriormente se promulgó en el Congreso el Decreto 20-92 en el cual se establece que a partir del primero de marzo de 1993 todas las importaciones de vehículos de gasolina modelo 93 en adelante deben estar equipados con catalizador y controles de emisiones de gases.

La gasolina sin plomo se vende con los mismos octanajes y al mismo precio que se vendía la gasolina con plomo.

7. Efectos en el medio ambiente.

Si bien es difícil establecer en una forma confiable cuál es la demanda y el uso de las fuentes primarias de energía, es aún más difícil efectuar un cálculo preciso de la cantidad y origen de los contaminantes, debido a la diversidad de equipos usados, los diferentes grados de tecnología y los diferentes modos de operación.

Los métodos usados para generar datos toxicológicos se refieren generalmente a pruebas en organismos individuales de una especie determinada. Poca atención se ha dado a la importancia que tiene la evaluación de los efectos químicos en un ecosistema.

Cuando hablamos de un ecosistema no nos referimos simplemente a un grupo de especies en un sitio determinado, sino al proceso funcional que se verifica entre los seres vivientes y el ambiente en que se desarrollan.

La vegetación es la fuente principal de alimento para el hombre y los animales, y juega un papel muy importante en transferir los químicos al sistema.

La contaminación afecta el proceso de la fotosíntesis y la vida de las hojas puede ser acortada. La resistencia a los parásitos disminuye. Especies muy sensitivas pueden morir y la biomasa total puede ser reducida, con la consecuente

reducción de la vegetación como purificadora del aire.

Es por esto que en el futuro se debe de prestar singular importancia al estudio de los efectos de la contaminación ambiental no sólamente a nivel de hombre sino al nivel de los diferentes ecosistemas en que se desenvuelve.

El plomo es un contaminante muy peligroso para el ser humano, ya que tiene la característica de acumularse en el cuerpo, principalmente en los huesos. La acumulación se inicia desde la vida fetal, ya que puede atravesar la placenta. Ha sido asociada con la esterilidad, abortos y muertes neonatales. Por su naturaleza tóxica puede causar desde un cólico hasta una encefalitis.

Los niños son los más afectados, ya que el plomo inhibe las enzimas necesarias para el desarrollo normal de el cerebro y el sistema nervioso.

Sin embargo, los argumentos más fuertes para restringir el uso del plomo en la gasolina no residen en los efectos directos que pueda tener en la salud, sino en el hecho de que inhibe por completo la acción de los catalizadores, que hasta ahora son el único mecanismo capaz de controlar los otros tres contaminantes.

En Centroamérica el problema de la contaminación ambiental por los vehículos automotores es proporcionalmente mucho mayor al de los países industrializados.

Los vehículos de agencia no tienen controles de emisiones, y los "rodados" que sí los tienen no han tenido la gasolina adecuada para funcionar eficientemente.

Por si esto fuera poco, muchos talleres pretendiendo lograr un mayor rendimilento desconectan los controles de externos de emisiones de gases sin saber que están afectando la calibración del motor lo que provoca pérdida de fuerza, aumento en el consumo de combustible y aumento en las emisiones de gases.

Como lo mencionamos anteriormente, es sumamente difícil cuantificar el impacto de la contaminación ambiental por un determinado sector o por un grupo específico de equipos.

Para formarnos una idea y como un punto de referencia, es interesante conocer que entre uno de los múltiples problemas que surgieron al reunificar las dos alemanias, se menciona el hecho de que los cuatro millones de automóviles que existían en Alemania Oriental producían más contaminación ambiental que los treinta millones de automóviles de la República Federal Alemana.

8. Efectos en la economía.

El uso de gasolina con plomo en un motor diseñado para gasolina sin plomo (caso actual de los vehículos "rodados"), ocasiona los siguientes problemas:

El catalizador deja de funcionar de inmediato como filtro de gases contaminantes. Esto provoca un daño puramante ambiental, ya que el catalizador no afecta el funcionamiento del motor.

A corto plazo se descontrola el sensor de oxígeno que regula la mezcla de combustible en el motor. Generalmente se incrementa el consumo y por consiguiente las emisiones en aproximadamente un 20%.

El plomo actúa como abrasivo y a largo plazo causará graves daños en las válvulas y pistones del motor, que necesitarían de un recubrimiento especial.
Adicionalmente, estos repuestos son más caros debido a que hay que obtenerlos en el mercado de los Estados Unidos y pasan por muchos intermediarios.

Estadísticas de servicio demuestran un promedio de duración de estos motores de solamente 90,000 kms. contra más de 160,000 kms. en un carro de agencia.

La mayoría de los vehículos fabricados a partir del año de 1971 pueden usar indistintamente gasolina sin plomo aunque estén diseñados para gasolina con plomo, y beneficiarse de una mayor duración del aceite del motor, así como de las candelas, los pistones, los anillos , y el tubo de escape.

La duración de los motores tanto de vehículos "rodados"

como de agencia podría extenderse sin problemas hasta 200,000 kms.

El plomo tiene la característica de lubricar directamente los asientos de las válvulas. Al eliminar su uso en vehículos anteriores a 1971 estas piezas pueden sufrir deterioro a largo plazo si son usados en condiciones extremas, tales como recorridos largos a alta velocidad o con mucha carga.

Si embargo, este daño es muy discutible y es difícil determinar si los asientos de las válvulas se deterioraron por falta de plomo o por desgaste normal por el kilometraje. Además, estas condiciones de manejo son casi imposibles de darse en Centroamérica, ya que no tenemos autopistas. Es por esto que en Guatemala se decidió eliminar el uso de plomo en la gasolina en forma definitiva.

9. Recomendaciones técnicas.

La gasolina sin plomo podrá ser usada en cualquier vehículo sin necesidad de hacer ningún ajuste. Si diera el caso de que un vehículo antiguo tenga que funcionar con gasolina sin plomo en situaciones extremas, el posible deterioro de los asientos de las válvulas se podría evitar con el uso de aditivos para la gasolina, los cuales están disponibles en el mercado a un costo razonable.

En el caso de los "rodados", si se desea recuperar el consumo normal de combustible se recomienda cambiar el sensor de oxígeno.

Si se desea recuperar la función puramente ambiental del catalizador habrá que cambiarlo, aunque antes será necesario verificar la condición del resto de los controles de emisiones. El catalizador no afecta el funcionamiento del motor exceptuando casos muy raros en que se obstruye.

10. Recomendaciones para introducir la gasolina sin plomo.

La manera más práctica de introducir la gasolina sin plomo es eliminando de golpe el uso de gasolina con plomo. En Centroamérica se dan las condiciones necesarias para poder hacerlo.

Acto seguido, se debe legislar para que todas las futuras importaciones de vehículos estén equipados con catalizadores y demás controles de emisiones de gases.

Finalmente, se deben establecer revisiones periódicas en centros de servicio privados debidamente calificados. Así se podrá verificar el buen funcionamiento de los motores de manera que no excedan los límites permitidos de emisiones de gases. Estas revisiones deben incluír también los vehículos diesel.

11. Conclusiones.

El programa de la introducción de gasolina sin plomo es un programa ambiental que, a diferencia de otros, va de la mano con la economía.

A pesar que la gasolina sin plomo tiene un costo inicial ligeramente más alto, el ahorro en piezas de mantenimiento, en reparaciones de motor y en consumo que proporciona este combustible lo hacen una inversión rentable.

Ahora bien, al beneficio que estarán recibiendo la salud de la población y el medio ambiente no se le puede poner precio.

Hacer disponible la gasolina sin plomo es solamente el primer paso, con lo cual se dejarán sentadas las bases para poder en un futuro establecer un control de emisiones obligatorio.

CAPITULO II

MARCO HISTORICO

Antecedentes a nivel mundial

La primera regulación para control de emisiones de gases de escape convertida en ley fue promulgada en el Estado de California (EUA) en 1960. Todo comenzó con la rápida urbanización de la ciudad de Los Angeles a partir de 1943, acompañada de una apreciable producción de "smog" fotoquímico. En 1952 A.J. Haagen de la Universidad de California señaló que la causa principal del "smog" fotoquímico era la acción de los rayos solares sobre los gases de escape de los automóviles. Fue así que en 1960 se establecieron regulaciones para el control de emisiones de hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono de los gases de escape en California. En 1968 se comenzó con las

regulaciones a nivel federal para estos dos gases[1].

Motivado por la celebración del primer Día de la Tierra en 1970 y por iniciativa del senador Edmund Muskie, el gobierno de los Estados Unidos aprobó la Ley del Aire Limpio (Clean Air Act), creando al mismo tiempo la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA-Environmental Protection Agency), con amplias facultades para establecer estándares para el máximo permisible de emisiones de gases en los vehículos tanto fabricados como importados al mercado de los Estados Unidos.

La ley en 1970 especificaba una reducción de las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono del orden de 90% para 1975, y una reducción de los óxidos de nitrógeno en la misma proporción para 1976. Cumplir con los dos primeros requerimientos fue relativamente fácil para los fabricantes, pero se encontraron con serios problemas tratando de eliminar los óxidos de nitrógeno. Los mecanismos que reducían las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono, al mismo tiempo incrementaban las emisiones de óxidos de nitrógeno. Considerando las dificultades, se dió una extensión de un año a los fabricantes para llegar a los mencionados niveles de reducción. La única solución técnica

---

[1]Sistema de Control de Emisiones. Pub. No. TTM 204S, Toyota Motor Corporation.

factible resultó ser el uso de catalizadores, los cuales no son compatibles con la gasolina con plomo.

En esa época el método usado para elevar el octanaje de la gasolina era la adición de plomo, por lo cual se tomó la decisión de eliminar este aditivo de la gasolina. En el año de 1971 se hizo disponible la gasolina sin plomo, teniendo las estaciones de combustible la obligación de ofrecer para el año de 1974 por lo menos un grado de octanaje de este combustible. Como de momento no existía otro método práctico para elevar el octanaje, los fabricantes de automóviles en los Estados Unidos empezaron a producir motores de baja compresión a partir de 1971. Para cumplir con los estándares de 1975 todos los vehículos tuvieron que ser equipados con catalizadores, y por supuesto diseñados para el uso de gasolina sin plomo[2].

Considerando que los vehículos en los Estados Unidos son deshechados a los pocos años de uso, en el mediano plazo la mayor parte de la flota funcionaba ya con gasolina sin plomo. Allá por el año de 1980 la nueva tecnología permitió el desarrollo de sustitutos aceptables del plomo para subir nuevamente el octanaje de la gasolina, y nuevamente se incrementó la relación de compresión de los motores,

---

[2] Technigram, Boletín Informativo. Exxon Company, USA, Abril 1, 1974.

mejorando su eficiencia en general.

Japón se unió desde un principio a los Estados Unidos en la lucha contra la contaminación ambiental, teniendo a la fecha el control más estricto del mundo para óxidos de nitrógeno[3]. En Europa la gasolina sin plomo se encuentra disponible desde hace varios años y los catalizadores son obligatorios en todos los vehículos nuevos importados o producidos para los países del Mercado Común Europeo desde el año 1992. En Latinoamérica la gasolina sin plomo ya está disponible en los siguientes lugares: México, Guatemala, Costa Rica y la ciudad de Santiago de Chile.

La tecnología moderna ha permitido desarrollar motores más eficientes. Esto quiere decir con mayor potencia, menor consumo de combustible y menores emisiones de gases contaminantes. Estos motores están diseñados para funcionar con gasolina sin plomo, lo que ha limitado su disponibilidad a los mercados en donde no se comercializa este combustible. En otras palabras, la gama de vehículos disponible para países que no tienen gasolina sin plomo es cada año más reducida y más obsoleta.

Hasta ahora en todos los países en que se comenzó a comercializar la gasolina sin plomo se hizo al lado de la

---

[3] Oil & Gas Journal, Agosto 27, 1990.

gasolina con plomo y en muchos de ellos con diferente precio. Esto ha dado lugar a problemas de contaminación en los depósitos, a veces en forma accidental y otras en forma intencional para aprovechar la diferencia de precio, con lo cual se "envenenan" los catalizadores y se reduce considerablemente la efectividad del programa ambiental.

Antecedentes en Guatemala

Guatemala al igual que muchos países del Tercer Mundo se caracterizaba por la total carencia de programas concretos para emprender la lucha para purificar el ya contaminado aire que respiramos, principalmente en la Ciudad Capital. Los archivos periodísticos abundan en artículos y noticias acerca de simposios y todo tipo de reuniones para combatir el humo negro, sin resultados positivos.

Respecto a la gasolina sin plomo, existían inquietudes en el Ministerio de Energía y Minas, entre los petroleros y entre los distribuidores de automóviles, pero no pasaban más allá. Paralelo a esta investigación se propuso un programa completo para combatir las emisiones de gases, con la esperanza de que con el entendimiento y la activa participación de los sectores interesados se pudieran alcanzar soluciones en el corto plazo. En busca de apoyo, estas ideas fueron presentadas a La Gremial de Distribuidores de Vehículos Automotores, donde desde un principio mostraron interés por el proyecto, el cual fue

presentado a nivel nacional en una conferencia de prensa que fue dictada el 9 de mayo de 1990 en el Club Industrial.

A pesar de haber logrado el patrocinio y la representación de la mencionada Gremial, las gestiones ante el gobierno anterior fueron infructuosas y el Día de la Tierra fue recibido con actividades puramente conmemorativas. No pretendemos restarle importancia a los beneficios que a largo plazo puede rendir la concientización del público, pero lo que más necesitamos son hechos concretos.

El 9 de Octubre de 1990 se publicó la "Ley del Humo Negro", según Acuerdo Gubernativo Número 1017-90, donde se fija un plazo de tres meses para que los propietarios de los vehículos accionados por combustibles procedan a ajustar sus motores o dotarlos de dispositivos que minimicen las emanaciones de humo. Se sugirió que para evaluar las emanaciones de humo se prescindiera de equipos sofisticados, los cuales son difíciles de adquirir, de mantener y de operar en nuestro país; a cambio se propuso un control visual, por medio del cual se pueden controlar considerablemente las emanaciones. Aún en un país industrializado como los Estados Unidos se usaba control visual en el año de 1970 para las emisones de los motores diesel. Fue de esta manera que las emanaciones quedaron clasificadas en dos grupos:

a) Emanaciones de humo poco apreciables.

b) Emanaciones de humo altas.

Actualmente se discute la operatividad de esta ley, ya que entró en vigor el 15 de enero de 1991 con poca o ninguna acción por parte de las autoridades.

El entonces Ministro de Energía y Minas, Ingeniero Carlos Hurtarte Castro, acogió desde un principio y con mucho entusiasmo el Proyecto de Introducción de Gasolina sin Plomo a Guatemala que se le presentara a nombre de la Gremial de Distribuidores de Vehículos Automotores. Por primera vez se inició en Guatemala un programa ambiental revolucionario, efectivo y de gran envergadura. No contento con eso, el Señor Ministro decidió marcar la pauta a nivel mundial, y según el histórico acuerdo número OM-051-91 publicado en el Diario Oficial el 16 de abril de 1991, prohibió la comercialización de gasolina con plomo en el país. En Guatemala, como en algunos otros países, se dan las condiciones necesarias para eliminar el uso de plomo en la gasolina de una sola vez. Sin embargo, ningún país del mundo lo había hecho antes. Es por esto que llamamos revolucionario a este programa.

El cambio a gasolina sin plomo fue acompañado de una campaña de concientización e información al público. Se mantuvo un esquema de dos gasolinas, con los mismos octanajes y al mismo precio que se vendía la gasolina con plomo. Los primeros embarques fueron recibidos en el mes de

mayo de 1991 y después de un período de descontaminación de los sistemas de distribución se anunció oficialmente su distribución a partir del mes de octubre del mismo año.

El más perjudicial de los contaminantes de la gasolina ya está controlado. Teniendo la disponibilidad de gasolina sin plomo estuvimos listos para entrar de lleno en una segunda etapa para controlar las emisiones de gases de los motores de gasolina. Esta etapa consiste en obligar al uso de catalizadores para poder así controlar el resto de los contaminantes. Para este propósito se presentó una propuesta a la Comisión del Medio Ambiente del Congreso. Debido al entusiasmo de los diputados Arabela Castro de Comparini y Arturo Amiel, el 31 de marzo de 1992 se aprobó el decreto 20-92 que obliga a que todos los vehículos importados al país a partir del primero de marzo de 1993 estén equipados con catalizadores y demás controles de emisiones de gases. Esta ley afecta solamente a los modelos 1993 en adelante sin importar si son nuevos o usados. Como lo mencionara anteriormente el programa no se hizo retroactivo. Básicamente es un programa a largo plazo y afortunadamente en Guatemala aún estamos a tiempo.

Teniendo en cuenta que la duración promedio de un vehículo en Guatemala es de diez años en ese mismo período habremos cambiado un 50% de la flota y en veinte habremos controlado prácticamente el 100% de los vehículos automotores de gasolina en el país[4]. Algo con lo que hoy en día no se

puede ni soñar en la mayoría de países del mundo.

Una vez que el país cuente con una importante flota de vehículos equipados con catalizadores, éstos deben ser revisados periódicamente para verificar su buen funcionamiento. Los vehículos con motor diesel también deben ser incluídos. Esta última medida solamente será efectiva a nivel de centros de servicio privados calificados para el efecto, los cuales estarían facultados para extender certificados de revisión. En muchos países industrializados se revisan periódicamente emisiones de gases y aspectos de seguridad.

---

[4] Proyecto de Planificación Energética. GUA/81/002).

CAPITULO III

LOS COMBUSTIBLES

El Petróleo

El petróleo en su estado natural, llamado también "aceite crudo", es un líquido espeso y negruzco formado en cavidades subterráneas a lo largo de millones de años por los restos de plantas y animales sujetos a grandes presiones por las capas de la tierra. Es de esta forma que el petróleo crudo se constituye de una mezcla de agua con fango y arena, hidrocarburos, gas, azufre, nitrógeno, compuestos oxidados y trazas de compuestos metálicos. Aunque la cantidad de azufre y otros adulterantes varía según la localización de los pozos de petróleo, la distribución es típicamente la siguiente: carbón entre un 83 y un 87%; hidrógeno entre un 11 y un 14%; azufre, menos del 5%; nitrógeno, menos del 1%;

oxígeno, menos del 1% y compuestos metálicos de 0.001 a 0.050 %[5].

Los Hidrocarburos[6]

Un hidrocarburo o hidrocarbono es un compuesto orgánico cuya estructura química está formada de carbono e hidrógeno.

El hidrógeno (H) es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el elemento más ligero y arde con llama incolora muy caliente. Las mezclas de hidrógeno y oxígeno o de hidrógeno y aire, al inflamarse arden de modo explosivo, como el gas detonante que se produce en la carga de baterías de plomo.

El carbono (C) es un componente esencial de los carbones naturales (hulla, lignito). Estos han sido formados por la descomposición de las plantas bajo la acción del calor y presión en ausencia de aire. Contienen además de carbono, principalmente hidrógeno. El carbono puro se presenta en la naturaleza en las formas cristalográficas de grafito y diamante. El grafito es gris, blando, brillante y tiene tacto grasoso. Es difícil de fundir, conduce la electricidad y el calor y tiene buenas propiedades de deslizamiento. El hollín (humo negro) es un grafito de

---

[5] Automotive Petroleum Products. Pub. No. GST 004E, Toyota Motor Corporation.

[6] Tecnología del Automóvil. Gerehchler, Stuttgart.

cristales muy finos; se presenta en los casos de combustión incompleta de combustibles y carburantes. El carbón vegetal, el carbón de huesos de animales y también el carbón activo (carbón vegetal o de huesos tratado con vapor de agua o cloruro de zinc) son capaces de absorber y retener gases y se emplean por lo tanto como sustancia filtrante. Por ejemplo, el carbón activo de las caretas antigases.

Composición Molecular de los Combustibles[7]

Los combustibles automotores convencionales pueden ser básicamente clasificados en gasolina y diesel. Entre los llamados combustibles alternos, los más comunes son el gas natural comprimido, el gas propano y el metanol.

Como ya vimos, el petróleo es básicamente una mezcla de muchos hidrocarburos diferentes, entre los cuales hay componentes ligeros (gasolinas), pesados (gasoil, lubrificantes) y asfálticos (bituminosos), que se diferencian entre sí por la estructura de sus moléculas. La estructura y la magnitud de las moléculas así como la relación numérica de sus átomos de hidrógeno y de carbono

---

[7] Manual de la Técnica del Automóvil Bosch. Tablas de la Técnica del Automóvil. Hamm, Burk. Tecnología del Automóvil. Gerschler, Stuttgart.

determinan esencialmente el comportamiento de los combustibles en el momento de quemarse en el motor. Cada átomo de carbono puede combinarse con cuatro de hidrógeno.

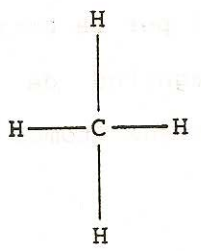
El petróleo crudo contiene cuatro familias de hidrocarburos: Los alcanos o parafinas, los alquenos u olefinas, los cicloalcanos o naftenos y los aromáticos.

1. Los alcanos o parafinas

El hidrocarburo de molécula más sencilla es el metano, el cual es el componente fundamental del gas natural.

Los hidrocarburos con estructura lineal en forma de cadena se llaman alcanos o parafinas, las cuales son el principal componente del petróleo.

Molécula de Metano (CH_4)

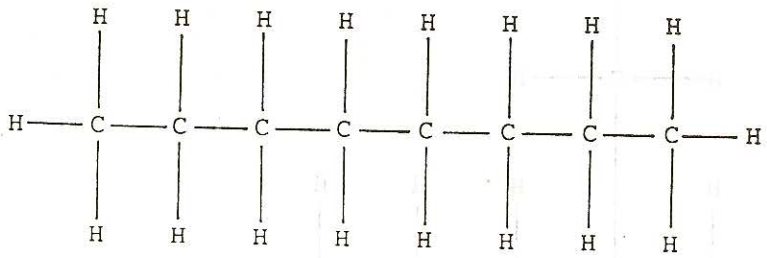


Cuando las cadenas son rectas se les llama alcano. Estas largas moléculas son relativamente inertes y no son muy

apropiadas para un motor de combustión.

El octano (C_8H_{18}) sin ramificaciones tiene un punto de ebullición de 126 grados centígrados y es poco resistente a la detonación en el motor.

Molécula de Octano (C_8H_{18})



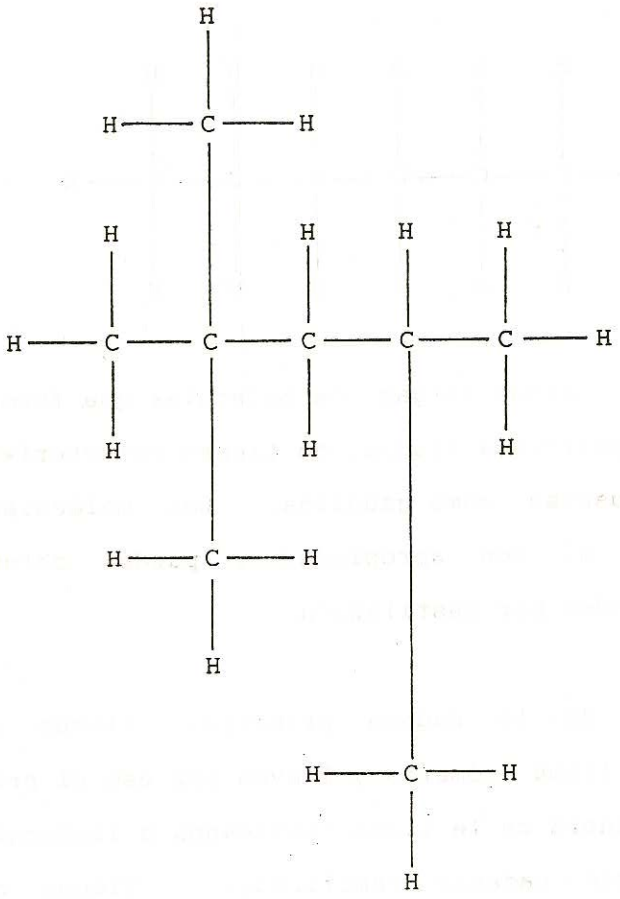
Los alcanos con cadenas largas de moléculas que forman el grueso de muchos petróleos crudos, no tienen características adecuadas para usarse como gasolina. Las moléculas de cadenas pequeñas sí son apropiadas y pueden obtenerse separando las grandes por destilación.

Cuando además de la cadena principal tienen ramas laterales, se les llama isómeros y llevan por eso el prefijo "iso". De esta manera se le llama isoalcanos o isoparafinas a los alcanos con cadenas ramificadas. Tienen otras propiedades y son mucho más resistentes a la detonación en el motor.

El isooctano (C_8H_{18}) tiene un punto de ebullición de 98

grados centígrados y es muy resistente a la detonación en el motor, al grado que se le usa como combustible para determinar el índice de octano.

Molécula de Isooctano (C_8H_{18})



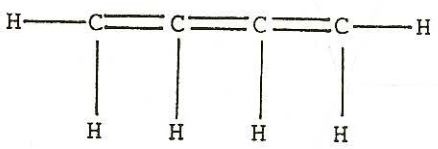
2. Los alquenos u olefinas

Las olefinas son un componente valioso de la gasolina por

su resistencia a la detonación en el motor. Se presentan en poca cantidad en el petróleo pero se pueden transformar convirtiendo las moléculas grandes en moléculas pequeñas mediante desdoblamiento o "cracking".

En este proceso se producen los alquenos u olefinas, que son cadenas no saturadas de átomos de carbono con menos átomos de hidrógeno que los alcanos correspondientes. En lugar del átomo de hidrógeno que le falta, tiene un doble enlace entre los átomos de carbono.

Como ejemplo, veamos la molécula del Butadieno (C_4H_6)

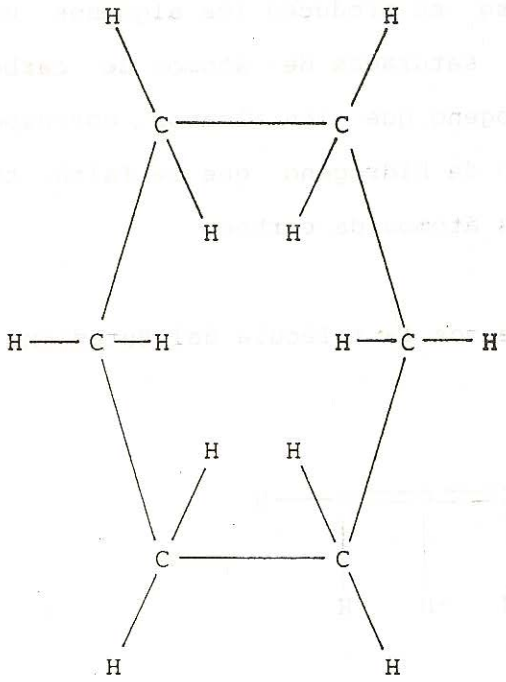


3. Los cicloalcanos o naftenos

Los naftenos son hidrocarburos con estructura de anillo, el cual está formado por cinco o seis átomos de carbono (raramente 7 y 8), con o sin ramificaciones. Forman parte de todas las gasolinas y petróleos.

Las cadenas de parafinas se pueden convertir en un anillo, ya que se cierran tras suprimir dos átomos externos de hidrógeno.

Como ejemplo, veamos la molécula del Ciclohexano (C_6H_{12})



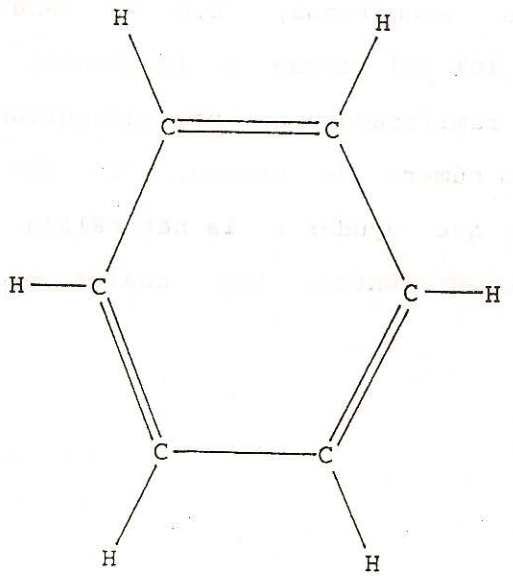
4. Los aromáticos

El petróleo tiene pocos aromáticos. Dado que proporcionan a la gasolina cualidades muy valiosas tales como alta potencia y resistencia a la detonación en el motor, las gasolinas destiladas son parcialmente convertidas en hidrocarburos aromáticos en el proceso de reformado. El combustible que resulta tiene un olor aromático y de allí proviene su nombre. La misma constitución tiene el benzol,

que se obtiene del carbón mineral y se mezcla con la gasolina.

Los hidrocarburos aromáticos son compuestos de carbono e hidrógeno que tienen como componente más simple el núcleo del benceno. Los demás aromáticos constan de anillos de benceno con una o más cadenas laterales. El benceno puro no es adecuado como carburante. Su punto de congelación es de cinco grados centígrados. Por eso, se le mezcla con los aromáticos tolueno y xileno y a la mezcla resultante se le llama benceno para motores.

Molécula de Benceno (C_6H_6)



Proceso de Producción de los Combustibles

Los combustibles no se obtienen solamente del petróleo bruto, sino del carbón o de otros materiales orgánicos, así como de gases que se encuentran en la tierra.

En el petróleo crudo se encuentran muchos elementos que actúan desfavorablemente en el proceso de combustión y deben de ser eliminados.

Por el otro lado, los alcanos normales que forman el grueso de muchos petróleos crudos no tienen características adecuadas para usarse como gasolina. Muchos de ellos hierven a temperaturas muy superiores a la gama deseada y al igual que los cicloalcanos, tienen bajo número de octano. Unicamente los aromáticos, que a menudo solamente constituyen un 10% del crudo, y la pequeña proporción de isoalcanos muy ramificados que se encuentran en el crudo poseen un alto número de octano. Es por esto que el refinador tiene que ayudar a la naturaleza por medio de diferentes procedimientos, los cuales explicaremos a continuación[8].

1. Destilación

---

[8]Ciencia y Tecnología Shell. Revista 34627/10/9.89. Tablas de la Técnica del Automóvil. Hamm, Burk. Tecnología del Automóvil. Gerschler, Stuttgart.

En la destilación, el petróleo es fraccionado en varios grupos de hidrocarburos. El petróleo se calienta en un calentador sin entrada de aire y luego es conducido a una columna de destilación. Allí se vaporiza la mayor parte y los compuestos que siguen en estado líquido se reúnen en el fondo de la torre.

Los componenetes evaporados del aceite crudo se separan mediante enfriamiento, agrupándolos según sus puntos de ebullición a diferentes alturas donde pueden así ser recogidos en pisos separados unos de otros.

De esta manera en la parte superior de la columna se recogen gases compuestos (propano, butano, etc.), y en orden descendente se recogen gasolinas ligeras, gasolinas pesadas, querosene (aceite parafinado), gasoil ligero (combustible diesel), gasoil pesado y en el fondo se recoge aceite residual (crudo recocido).

El aceite residual se destila posteriormente a una presión menor que la atmosférica por medio de un proceso llamado Piroescisión Catalítica y de allí se obtiene la materia básica usada para producir varios lubricantes.

La gasolina ligera que se obtiene de la destilación tiene un número de octano relativamente alto. El componente sulfúrico se quita por medio de refinado y luego se le añaden aditivos. A la gasolina pesada con un valor menor de octanos se le quita el componente sulfúrico por el refinado y se le añade un reformado catalítico para aumentar el valor

en octanos antes de añadirle aditivos.

2. Reformado

Consiste en la reformación catalítica de los alcanos en isoalcanos con moléculas ramificadas, y de los cicloalcanos en aromáticos.

Esto se logra sometiendo la gasolina pesada a altas temperaturas y presiones, expuesta a un catalizador junto con grandes cantidades de hidrógeno. En el proceso la gasolina es liberada del azufre. Cuando se usa platino como catalizador al proceso se le llama "Platforming". También se usa para estos fines el cobalto y el molibdeno.

La reformación catalítica es el proceso más importante para la producción de gasolina. Una gasolina "superior" de verano típica contiene alrededor de 70% de reformado.

3. Craqueo Catalítico o "Cracking"

La importancia de este proceso radica en que convierte los alcanos en alquenos, con lo que se aumenta el rendimiento de la gasolina.

Se entiende por craqueo la desintegración de hidrocarburos por medio del calor en presencia de un catalizador, rompiendo las grandes moléculas de aceite residual con un

alto punto de ebullición y tranformándolas en moléculas más pequeñas. Se logra a alta temperatura con alta presión o a presión normal bajo el efecto de un catalizador.

De esta manera se forman olefinas no saturadas y moléculas ramificadas con alto número de octano. El proceso se realiza en una planta "Cat-cracker".

4. Hidrocraqueo

En una unidad "Hydrocracker" se obtiene gasolina hidrocraqueada, rompiendo las moléculas grandes pero a la vez agregando hidrógeno. El producto resultante contiene principalmente alcanos de bajo número de octano que no son adecuados directamente para la gasolina, pero constituyen una buena alimentación para la reforma catalítica.

5. Hidrogenación

Consiste en la adición de átomos de hidrógeno a olefinas no saturadas, para formar isoparafinas resistentes al autoencendido. El proceso se realiza mediante el desdoblamiento de moléculas y la simultánea adición de hidrógeno producido separadamente, a alta presión y en presencia de catalizadores.

6. Polimerización

Los hidrocarburos gaseosos formados en el craqueo y en el reformado se unen mediante catalizadores para formar macromoléculas (principalmente isoparafinas). Si se transforman alcanos de cadena lineal en ramificados, a este proceso se llama isomerización.

7. Alquilación

Los isoalcanos de molécula pequeña como el isobutano, obtenidos de destilación primaria, se unen con los alquenos de molécula pequeña como el buteno, obtenido en el "Cat-cracker", para producir componentes de alto número de octano.

8. Coquificación

De la coquificación del la hulla o carbón de piedra sale otro combustible importante el cual es calentado en cámaras especiales sin oxígeno. Mientras que por la acción del hidrógeno el carbón se transforma en coque, de esta manera se forman gases, benzoles y brea, ricos en hidrógeno, así como el coque, pobre en hidrógeno.

Los gases pueden convertirse en combustibles líquidos mediante la hidrogenación o polimerización. Los benzoles mediante la refinación por presión y la brea por destilación o hidrogenación. El benzol es agregado frecuentemente a la gasolina.

La fórmula típica de una gasolina es C_8H_{15}. Hemos visto una variedad de métodos para obtener gasolinas bastante resistentes al autoencendido, las cuales deben de ser tratadas posteriormente mediante refinación. Los restos gaseosos, el azufre y soluciones de resinas son separados de la gasolina, a la cual se le añaden diferentes aditivos para eliminar la tendencia a formar sedimentos, al cambio de color, a la formación de hielo, a la detonación y a la corrosión.

Existen otros combustibles con características antidetonantes. El gas butano, a menudo se vende como LPG o "liquified petroleum gas", que significa en español gas licuado de petróleo. Tiene alto número de octano y puede utilizarse directamente como combustible de automóviles. También se disuelve en otros componentes de la gasolina y proporciona volatilidad para el arranque en frío. Los compuestos oxigenados también pueden utilizarse como mejoradores del número de octano, o bien como extendedores de la gasolina. Estos son ciertos alcoholes y éteres que contienen carbono, hidrógeno, y generalmente un átomo de oxígeno.

Características de la Gasolina[9]

Las gasolinas para vehículos automotores son esencialmente mezclas de hidrocarburos derivados del petróleo, a las cuales se les añade ciertos aditivos que les dan caractertísticas específicas. Entre los aspectos cualitativos más importantes de las gasolinas, están la combustibilidad, la volatilidad y el rendimiento estable de oxidación y detergencia.

1. Combustibilidad

En el mercado las gasolinas se clasifican en base al número de octanos. El octanaje es una forma de medir la capacidad de la gasolina a resistir la detonación o golpeteo, que se manifiesta como lo que en nuestro medio llamamos "cascabeleo" del motor. Además de la molestia del ruido, este "cascabeleo" va acompañado de preignición sin control y altas temperaturas en la cámara de combustión, y puede dañar seriamente la cabeza de los pistones y eventualmente otras piezas. Además causa disminución en la potencia del motor y aumento en el consumo de combustible.

La detonación ocurre cuando se enciende espontáneamente la gasolina (autoencendido) en algún lugar distinto de la

---

[9] Automotive Gasoline, SAE J312b Report. Automotive Petroleum Products, Pub. No. GST004E. Toyota Motor Corporation.

cámara de combustión antes de que la bujía suelte la chispa. Esto hace que la mezcla aire-combustible se queme demasiado rápido, causando una subida súbita de presión dentro de la cámara de combustión. Esto, a su vez, genera una onda de choque que se transmite hacia afuera, en donde la detonación es audible. De manera que necesitamos de una gasolina cuya combustión dure más tiempo (de alto octanaje) para evitar la detonación. La gasolina "regular" tiene una combustión más espontánea que la "superior". La combustión es también más rápida mientras más cercano al nivel del mar se produzca, debido a la mayor presencia de oxígeno.

Aumentar la relación de compresión es el método más efectivo de mejorar la eficiencia termal de un motor. Los motores de alta compresión tienen mejor rendimiento, tanto en potencia como en economía de combustible. Mientras mayor es la compresión del motor mayores son los requerimientos de octanaje. Si no contáramos con gasolina de alto octanaje, solamente podríamos usar motores de baja compresión, los cuales son menos eficientes.

El número de octanos se determina en el laboratorio por varios métodos estandarizados usando un motor de prueba de un cilindro especialmente diseñado para este propósito, y luego comparando la cantidad de detonación producida con una gasolina de referencia cuyas características como antidetonate son ya conocidas.

Las gasolinas de referencia están hechas mezclando en varias proporciones al iso-octano, un hidrocarburo al que se

le ha asignado un número de 100 octanos y al heptano-n (heptano normal), que tiene un número de 0 octanos. Por ejemplo, si cierta gasolina tiene características antidetonantes iguales a una gasolina de referencia que está hecha con un 90% de iso-octano y 10% de heptano-n, se le asigna un número de 90 octanos.

El llamado RON o "research octane number", que significa en español número de octano por investigación, se determina con el acelerador a fondo a baja velocidad, y es generalmente entre 6 y 12 unidades mayor que el número de octano del motor.

El método llamado MON o "motor octane number", que significa en español número de octano del motor, se determina con el acelerador a fondo a alta velocidad y con el acelerador a media carrera tanto en baja como en alta velocidad.

Finalmente, el "road octane number", que significa en español número de octano en carretera, se determina usando un procedimiento estandarizado en un vehículo propiamente, con un número de octanos generalmente situado en el promedio de los dos métodos anteriores:

$$\text{No.Octano en carretera} = \frac{\text{No.oct. por inv.} + \text{No.oct. motor}}{2}$$

En base al número de octanos, las gasolinas en Guatemala han sido clasificadas en dos grados: "regular" y "superior".

La "regular" tiene 87 octanos y la "superior" 95, medidos con el método RON. En los Estados Unidos donde solamente se utiliza gasolina sin plomo, se distribuye gasolina con tres valores de octano diferentes: 87, 89 y 92, medidos con el método (RON+MON)/2. La gasolina "superior" distribuída en Guatemala con un valor de 95 RON equivale a la de 89 octanos (RON+MON)/2 distribuída en los Estados Unidos. O sea que nuestra gasolina "superior" tiene un octanaje equivalente al de la gasolina intermedia de los Estados Unidos.

2. Volatilidad

La gasolina tiene que ser capaz de evaporarse fácilmente para lograr la debida mezcla de aire/combustible, aún cuando se arranque el motor en frío. O sea que se requiere alta volatilidad para un buen arranque, pero al mismo tiempo se requiere baja volatilidad para evitar otros problemas.

Si la gasolina es muy volátil puede tener la tendencia a causar congelación dentro del carburador a bajas temperaturas y obstrucciones de vapor en el sistema de combustible a altas temperaturas. Pero la volatilidad es necesaria en el momento del arranque en frío. Para elevarla se aumenta la cantidad de gasolina en la mezcla por medio de

un estrangulador que se usa solamente durante el período de calentamiento.

La capacidad de gasificación de un carburante se mide por su presión de vapor a una temperatura dada adentro de un recipiente. La medida se denomina RVP o "Reid Vapor Pressure", que significa en español presión de vapor Reid o método Reid.

Para conseguir el balance debido, la volatilidad de la gasolina debe ser aumentada o disminuda según la temperatura ambiente del lugar donde se use.

La volatilidad puede ser cambiada en la formulación de la gasolina, lo cual generalmente se hace añadiendole butano.

De acuerdo a la presión de vapor, la ASTM (American Society for Testing and Materials) clasifica las gasolinas de la siguiente forma:

RVP	Tipo
9.0	A
10.0	B
11.5	C
13.5	D
15.0	E

En Guatemala usamos durante todo el año gasolina de tipo B, con un valor RVP de 10. En Estados Unidos, el RVP es

diferente para cada región y es cambiado durante el invierno. El RVP usado en el área del Golfo coincide con el de Guatemala solamente durante cuatro o cinco meses del año, lo que nos obliga a comprar la gasolina bajo pedido especial o de diferentes proveedores.

3. Estabilidad de Oxidación y Rendimiento de Detergencia

Al almacenarse la gasolina, el oxígeno disuelto en ella hace que se oxide (esto es, que el oxígeno se combine con la gasolina), formando con ello un sedimento de goma no volatilizable y ácidos corrosivos. Si este sedimento alcanza a depositarse en componentes del sistema de combustible, puede obstruír los conductos afectando la operación del motor. Es por esto que se añaden aditivos antioxidantes, deactivadores metálicos y dispersadores de detergente a la gasolina, para evitar el deterioro durante el almacenaje.

CAPITULO IV

LOS CONTAMINANTES

La Atmósfera

La atmósfera de la tierra, a la cual comunmente llamamos "aire", está formada principalmente por dos gases: oxígeno (O_2) que ocupa el 21% en volumen de la atmósfera, y nitrógeno (N_2) que ocupa el 78%. Del 1% restante, el 0.95% está formado por pequeñas cantidades de gases nobles, principalmente argón, helio, neón, criptón, xenón y radón, los cuales no representan tendencia a formar combinaciones químicas. Finalmente, el 0.05% restante está compuesto por muchas sustancias indeseables creadas por el hombre[10]

---

[10] Sistema de Control de Emisiones. Pub. No. TTM204S, Toyota Motor Corporation.

denominadas "contaminantes del aire", los cuales están presentes principalmente en las ciudades o zonas industriales.

La Combustión

El oxígeno es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es la única sustancia que hace posible la combustión y la respiración. El hombre necesita según su ritmo de vida entre 8.5 y 30 litros de aire por minuto.

Si se combina una sustancia con oxígeno, el proceso recibe el nombre de oxidación y la combinación obtenida recibe el nombre de óxido. En toda oxidación se libera también calor. Cuanto más rápidamente se desarrolla la oxidación tanto más elevadas son las temperaturas que alcanzan. Una oxidación muy rápida, con fuerte desarrollo de luz y calor, recibe el nombre de combustión.

Podemos así definir la combustión como la rápida combinación de oxígeno con otras sustancias, principalmente carbón y la consecuente liberación de energía. La química del proceso de combustión es extremadamente compleja y a la fecha no ha sido comprendida en su totalidad[11].

---

[11] Tecnología del Automóvil. Gerschler, Stuttgart.

Contaminación Producida por los Automóviles[12]

El uso de los recursos naturales implica transformaciones en el medio ambiente que no solamente afectan la ecología sino que tienen consecuencias dañinas para la salud. Entre los procesos usados por el hombre, el uso de combustibles fósiles es el mayor generador de contaminación, siendo el sector transporte uno de los principales responsables por este fenómeno.

En este capítulo nos concretaremos a estudiar los contaminantes producidos por el proceso de combustión en los vehículos automotores. Los principales contaminantes derivados de la combustión en un motor de gasolina son los siguientes: Hidrocarburos no quemados, Monóxido de Carbono, Oxidos de Nitrógeno y Plomo. Hay otros contaminantes pero de menor importancia en lo que respecta a sus efectos dañinos en la salud del hombre. Todos estos contaminantes pueden dividirse en cuatro grandes grupos: Productos de la Combustión Completa, Productos de la Combustión Incompleta, Productos Secundarios de la Combustión y Oxidantes.

---

[12] Sistema de Control de Emisiones. Pub. No. TTM20S, Toyota Motor Corporation.

1. Productos de la Combustión Completa

La combustión perfecta de un combustible de hidrocarburo puro con la correcta cantidad de oxígeno produce solamente agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2). Este es un gas incoloro, inodoro e insípido, algo más pesado que el aire. No es venenoso, se deposita en el suelo de pozos y bodegas y desplaza al aire. Imposibilita la respiración y apaga la llama.

Al dióxido de carbono o anhídrido carbónico se le llama también aunque erróneamente ácido carbónico. Se produce en la respiración y en la fermentación alcohólica. También es uno de los componenetes de los gases de escape de los motores de combustión interna, y se disuelve en agua produciendo ácido carbónico.

2. Productos de la Combustión Incompleta

El proceso de la combustión casi nunca es completo y las sustancias que en él participan casi nunca son puras, lo cual incrementa los efectos de la contaminación. Si la cantidad de oxígeno es menor que la necesaria, parte de la gasolina escapará al proceso de oxidación en forma parcial o total y habrá monóxido de carbono e hidrocarburos entre los productos de la combustión, así como otros productos resultantes.

El monóxido de carbono (CO), es un gas incoloro e inodoro. Es muy venenoso y también peligroso ya que constituye una gran proporción del total de las sustancias nocivas de los gases de escape.

Los hidrocarburos no quemados (HC) están constituidos por diferentes combinaciones de hidrógeno y carbono. Fomentan el cáncer y son causa del mal olor de los gases de escape.

3. Productos Secundarios de la Combustión

El aire que normalmente provee el oxígeno para la combustión también provee nitrógeno, del cual una pequeña cantidad reacciona con el oxígeno para formar diferentes óxidos de nitrógeno. Se les llama así a diferentes compuestos moleculares formados por nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2), tales como NO, NO_2, N_2O, N_2O_3, etc. Se les llama óxidos de nitrógeno u óxidos azoicos, y por conveniencia son expresados como NOx. Mientras más alta es la temperatura en la cámara de combustión mayor será la formación de óxidos de nitrógeno.

El dióxido de nitrógeno (NO_2) de color pardo o rojizo constituye un veneno activo y en concentraciones superiores a 50 ppm produce fuerte irritación en los órganos respiratorios. Es una de las causas de la lluvia ácida.

El azufre también forma parte de los carburantes como componente del petróleo. Al quemarlo en el motor se produce un gas de olor picante llamado dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso (SO_2), que se disuelve en agua y da ácido sulfuroso (H_2SO_3). Esto provoca corrosión y "lluvia ácida", aunque en las concentraciones en que se encuentra en los gases de escape no puede considerarse como veneno activo o nocivo para el ser humano.

Finalmente, tenemos el plomo (Pb). Este es un metal blando y maleable, muy pesado, de color gris opaco. Su número atómico es 82 y su peso atómico 207.21. De él se obtienen el tetraetilo y tetrametilo de plomo que se añaden a la gasolina como antidetonantes. Al ser quemados en el motor producen óxidos de plomo y haluros de plomo, sustancias altamente tóxicas para el ser humano.

4. Oxidantes ("Smog" Fotoquímico).

Cuando los hidrocarburos no quemados y principalmente los óxidos de nitrógeno se concentran en la atmósfera y chocan con los rayos del sol, ocurre una reacción fotoquímica que produce compuestos químicos llamados oxidantes, tales como el ozono (O_3), peróxidos orgánicos, y nitratos de peroxiacilo. El resultante es una niebla espesa con humo; el fenómeno es conocido como "smog" fotoquímico, el cual es cancerígeno e irrita los órganos respiratorios.

CAPITULO V

LOS CONTROLES

Patrones de Emisión[13]

La cantidad de contaminantes que emite un automóvil depende de un número de factores, incluyendo el diseño y la condición del motor, la modalidad en que está operando y la composición de la gasolina. Los patrones de emisión de un vehículo de gasolina sin controles son los siguientes:

Hidrocarburos no quemados:

15% - Por el tanque de gasolina y el carburador.

20% - A través de los anillos del motor hacia el compartimento del cigueñal.

65% - Por el escape.

---

[13] The Air Environment.

Monóxido de carbono:

100% por el escape.

Oxidos de nitrógeno:

100% por el escape.

Plomo: 100% por el escape.

Mecanismos de Control[14]

Actualmente existen numerosos mecanismos para controlar las emisiones de gases, pero nos limitaremos a mencionar los más importantes. Haremos siempre referencia al desarrollo que han tenido en los Estados Unidos ya que fue en este país donde tuvieron su origen, por la preocupación causada por el deterioro del medio ambiente debido al alto grado de industrialización.

1. Ventilación del Cárter (PCV- Positive Crankshaft Ventilation).

El primer paso fue incorporar mecanismos para reducir las

---

[14] Outline of Toyota Catalyst System TTC-C. Toyota Motor Corporation. Mayo 21, 1975.

emisones de hidrocarburos no quemados por el compartimiento del cigueñal. Los motores fueron provistos de tuberías y válvulas para permitir la salida de vapores del motor, los cuales son reingresados por el sistema de admisión.

2. Válvula de Recirculación de Gases (EGR - Exhaust Gas Recirculation).

Los óxidos de nitrógeno fueron disminuídos reduciendo la temperatura de combustión del motor al recircular parte de los gases de escape por el sistema de admisión.

3. Inyección de Aire (Air Injection).

Los productos de la combustión incompleta, principalmente los hidrocarburos no quemados y el monóxido de carbono fueron rebajados inyectando aire en la salida del escape, con lo cual son oxidados hasta convertirlos en sus productos finales: agua y dióxido de carbono.

El Convertidor Catalítico (Catalytic Converter)[15]

---

[15] Outline of Toyota Catalyst System TTC-C, Toyota Motor Corporation, Mayo 21, 1975. Sistema de Control de Emisiones, Pub. No. TTM204S, Toyota Motor Corporation.

El convertidor catalítico o catalizador es el más importante de los mecanismos de control de emisiones de gases por lo que le dedicaremos un subcapítulo por aparte. Su importancia es tal que hoy en día decir que un vehículo

está equipado con catalizador es sinónimo de decir que está equipado con controles de emisiones de gases. La gasolina sin plomo, el catalizador y los controles de emisiones de gases van de la mano.

Los investigadores se toparon con el problema de que los mecanismos que reducían el nivel de hidrocarburos no quemados y de monóxido de carbono también elevaban el nivel de óxidos de nitrógeno, debido a las temperaturas de combustión más altas que producían. El convertidor catalítico demostró ser la única solución técnica viable para resolver el problema. Por definición un catalizador es una sustancia que acelera las reacciones químicas sin alterarse o destruírse a sí mismo. Sin embargo, en este estudio le llamamos catalizador al convertidor catalítico por conveniencia, ya que ése es el nombre genérico con que comúnmente se le designa.

1. Convertidor Catalítico de Dos Vías (Two-way Catalytic Converter).

A la primera generación de catalizadores se les llamó de dos vías, porque solamente controlaban dos gases (HC y CO).

Estos reactores fueron instalados físicamente en la salida del tubo de escape para hacer pasar los gases sobre un metal noble catalizador (en este caso el platino). El proceso de oxidación de los hidrocarburos y el monóxido de carbono es acelerado en presencia del catalizador. El metal noble era depositado sobre unas pelotitas porosas ("pellets") fabricadas con alumina activa (Al_2O_3) con un diámetro entre 2 y 4 mm, que proveen una superficie de soporte muy grande. En un convertidor catalítico promedio se utilizaban 1-2 gramos de platino, con una superficie de 150,000 metros cuadrados. Para funcionar eficientemente un catalizador necesita de temperaturas superiores a los 400 grados centígrados.

La formación de óxidos nitrosos era reducida ajustando la mezcla de gasolina a un nivel más rico y las cantidades más altas que resultaban por este ajuste de hidrocarburos no quemados y de monóxido de carbono eran oxidadas en el reactor,lo que a su vez no afecta la emisión de óxidos de nitrógeno. Para funcionar correctamente un catalizador de dos vías debe de trabajar con exceso de oxígeno. Requiere de modificaciones de motor, sistema de recirculación de gases y sistema de inyección de aire. Los catalizadores de esta primera generación le restaban fuerza al motor y por el material usado eran muy propensos a obstruírse.

Los catalizadores se hicieron obligatorios en los Estados Unidos en 1975. En California donde el problema de la

contaminación del aire siempre ha sido más crítico, se instalaron retroactivamente catalizadores de dos vías en vehículos de años recientes.

2. Convertidor Catalítico de Tres Vías (Three-way Catalytic Converter)

A esta segunda generación de catalizadores se les llamó de tres vías porque controlan al mismo tiempo tres gases (HC, CO, NOx). Para funcionar requieren de una mezcla perfecta en todo momento, para lo cual se combina un Sensor de Oxígeno (Oxygen Sensor) con un carburador equipado con válvulas eléctricas de control de flujo o bien con un Sistema de Inyección Electrónica (EFI-Electronic Fuel Injection).

El Sensor de Oxígeno o Sonda Lambda es un bulbo que consiste en un elemento de zirconio (ZrO_2) recubierto de platino que se coloca en la salida del escape. El sensor compara la concentración de oxígeno de los gases de escape con el aire de afuera. El grado de diferencia causa un cambio en la resistencia de la conductividad del sensor, que amplificado por el platino manda una señal a una computadora para que ajuste la entrega de combustible al nivel deseado.

Los materiales de estos catalizadores también han sido cambiados, y en lugar de las pelotitas se utiliza una

estructura parecida a un panal de abejas fabricada de cerámica. Se llaman convertidores monolíticos, se calientan rápidamente y son bastante livianos. También se usan catalizadores colocados directamente en el múltiple de admisión, con lo cual el período de calentamiento es menor.

Estos catalizadores modernos no le restan fuerza al motor y es muy difícil que se tapen. Forman parte de nuevos sistemas de combustible que incluyen un sensor de oxígeno y otros más que continuamente mandan información de las condiciones de manejo a un cerebro que la procesa y entrega la cantidad precisa de combustible. De esta manera se mejora la potencia del motor y se reducen las emisiones y el consumo de combustible.

3. Incompatibilidad de la Gasolina con Plomo y los Catalizadores.

En la actualidad todos los motores diseñados para el mercado de los Estados Unidos incorporan sistemas de controles de emisiones de gases y catalizadores. El plomo en la gasolina deposita impurezas en la superficie del catalizador y lo cubre, desactivándolo por completo. El daño es casi inmediato, ya que bastan solamente cuatro o cinco tanques de gasolina con plomo para inutilizar el catalizador.

Esta fue la principal razón por la que se introdujo la

gasolina sin plomo en los Estados Unidos y posteriormente se hizo obligatoria para todos los modelos nuevos importados o fabricados en el país a partir de 1975.

El plomo también afecta al sensor de oxígeno, en la mayor parte de los casos haciéndolo producir una mezcla de combustible rica en gasolina, lo cual incrementa el consumo y por lo tanto las emisiones de gases.

Aplicación de Controles de Emisiones (EUA)[16]

Cuando se establecen estándares para el control de emisiones de HC, CO y NOx se hacen en gramos por milla de estos tres contaminantes. Otro contaminante que nunca se especifica en las medidas de emisiones pero que no por eso deja de ser menos importante son las emisiones que produce el plomo en la gasolina. La razón por la cual no se les incluye es muy simple: a la fecha no existe ninguna forma práctica de medirlo.

Los estándares se aplican a emisiones promedio durante la vida del vehículo (100,000 millas) y los procedimientos incluyen pruebas para medir el grado permisible de deterioro gradual de los sistemas de control conforme aumenta el millaje del motor. La durabilidad de los sistemas de

---

[16] The Air Environment.

control se determina manejando varios vehículos por 50,000 millas efectuándoles pruebas de emisiones cada 4,000 millas. Un catalizador después de 80,000 millas aún debe de conservar un 80% de su capacidad.

Veamos ahora quién es el responsable de aplicar los controles en los Estados Unidos. Estos han sido establecidos en dos niveles: federal y estatal.

A nivel federal la Agencia para Protección del Medio Ambiente (EPA) ha sido facultada para fijar estándares de emisiones para los vehículos automotores, los cuales deben de pasar diferentes pruebas previo a su certificación. Estos estándares se aplican a prototipos de motores más que a vehículos propiamente y se fijan sobre la base de pruebas de aceleración en modelos representativos realizadas tanto por los fabricantes como por la EPA.

El control de las emisiones de los vehículos en operación es responsabilidad de cada estado de acuerdo a su estrategia general de control. Como es imposible medir las emisiones de escape de cada vehículo, los controles estatales se reducen por lo general a revisiones selectivas en las carreteras, siendo responsable el propietario de que su vehículo cumpla con los estándares de emisión de gases.

Para prevenir el uso inadecuado se hicieron obligatorias boquillas especiales en las bombas de las estaciones de

combustible, de manera que no se podía servir gasolina con plomo en los nuevos vehículos.

Con la gasolina sin plomo nació otro tipo de control, que consiste en el uso de incentivos fiscales al precio mismo de la gasolina y a los vehículos adquiridos con catalizador. Este procedimiento se ha usado con éxito en algunos países de Europa.

Los controles visuales no deben de despreciarse. Como referencia, siendo los Estados Unidos un país industrializado introdujo controles visuales para las emisiones de los vehículos diesel en 1970.

5. Motores Alternos[17]

Los motores convencionales son el motor Otto de gasolina y el motor Diesel. No se espera ninguna reducción significativa en la contaminación causada por los vehículos automotores en los próximos años debido a la introducción de motores no convencionales. A mediano plazo hay más esperanzas con los motores de vapor y las turbinas de gas. Es posible que posteriormente el automóvil eléctrico sea más atractivo.

---

[17] The Air Environment.

La turbina de gas puede usar un gran número de combustibles y es bien conocida en el desarrollo de automóviles, pero en los próximos años será económicamente factible solamente en vehículos pesados, donde su alto costo inicial puede ser aceptado. La clave está en el desarrollo de materiales de cerámica.

El desarrollo de motores de vapor en masa está más retrasado. Problemas de tamaño, peso y poca potencia se suman entre otros al de lubricación a altas temperaturas y se requerirán varios años de desarrollo antes de que puedan ser considerados como una alternativa seria.

Los automóviles eléctricos no parece que se vayan a poder producir a un costo aceptable, excepto aquellos dedicados a tareas especiales en distancias cortas, tales como carros de golf o montacargas. El problema principal sigue siendo el tamaño, el costo y la duración de las baterías.

Los motores solares también tienen que usar baterías de almacenamiento para los días nublados y hasta ahora la potencia que desarrollan es demasiado limitada.

CAPITULO VI

EL DIESEL

Hoy en día es frecuente escuchar discusiones acerca del mayor o menor grado de gases contaminantes que emiten los motores diesel en comparación a los de gasolina, y en realidad el origen de estas diferencias de opinión reside en el hecho de que la respuesta es ambigüa. Todo depende de qué tipo de equipos estamos hablando y cuál es su modo de operación.

A diferencia de la gasolina el diesel no contiene plomo. Además de las emisiones de gases, el diesel produce partículas de hollín a las que llamamos "humo negro", que no solamente es muy molesto sino que se deposita en los bronquios de los pulmones causando enfermedades respiratorias. Esta es una de las causas del porqué somos más propensos a resfriados y a ataques de asma en la ciudad.

Por el otro lado, los motores diesel producen los mismos contaminantes básicos que la gasolina, que son los hidrocarburos no quemados, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno. Sin embargo, debido al uso de una mezcla de combustión más pobre los motores diesel emiten estos contaminantes en mucho menor cantidad, aunque los óxidos de nitrógeno son mucho más difíciles de controlar. El diesel también tiene un contenido de azufre mayor que la gasolina[18].

El problema principal consiste en que aún no han sido desarrollados comercialmente dispositivos efectivos para controlar las emisiones del diesel, mientras que para los motores de gasolina ya se cuenta con mecanismos muy sofisticados.

Actualmente se hacen ensayos con trampas de hollín al final del tubo de escape, pero tienen el inconveniente de que se obstruyen demasiado rápido. Además, su costo es demasiado elevado. Por esta misma razón ha sido imposible el uso de catalizadores. Por lo general las emisiones de diesel son reducidas a través de mejoras en los sistemas de inyección, en los pistones, en las cámaras de combustión y en los turbocargadores.

---

[18] Manual de la Técnica del Automóvil Bosch.

Existe un problema similar a la relación inversa que hay entre ciertos contaminantes. En los motores diesel las medidas dirigidas a reducir el nivel de hollín por el escape aumentan las emisiones de óxidos de nitrógeno y viceversa.

La válvula de recirculación de gases reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno, pero causa mucho humo negro. Además afecta la durabilidad del motor, debido a que produce exceso de carbón que se mezcla con el aceite y también produce corrosión cuando el ácido sulfúrico que se forma en la combustión es quemado en el motor.

En la actualidad se está difundiendo el uso de diesel con bajo contenido de azufre, el cual produce menos emisiones de óxidos de nitrógeno[19].

Resumiendo, si un motor de gasolina tiene controles de emisiones de gases es más "limpio" que un motor diesel y si no los tiene es más contaminante. Por supuesto que estamos hablando de una comparación entre motores ajustados.

Los motores diesel han sido considerado como los que tienen menos potencialidad de ser controlados. Sin embargo, ya se encuentran en el mercado algunos motores diesel con

---

[19] Commercial Carrier Journal. Marzo, 1989.

sistemas de inyección electrónica que son muy prometedores.

Hoy por hoy y mientras no entre en vigor el control de emisiones de gases en Guatemala, los motores de gasolina son los más contaminantes. Bajo estas circunstancias, el humo negro del diesel podrá ser más molesto, pero el "smog" invisible de los motores de gasolina es más peligroso para la salud.

En la siguiente tabla comparamos las emisiones de un motor Otto de gasolina con un motor Diesel, ambos sin tratamiento posterior de gases de escape, y en tres diferentes modalidades de operación. Los valores están dados en Vol %.

COMPARACION DE EMISIONES MOTORES DE GASOLINA Y DIESEL

Modalidad	Marcha en Ralentí	Carga Parcial	Carga Máxima
Emisiones de HC			
Motor Gasolina	0.010-0.050	0.010-0.020	0.010-0.030
Motor Diesel	0.005-0.060	0.010-0.035	0.020-0.060
Emisiones de CO			
Motor Gasolina	2.000-4.500	0.200-1.000	2.000-5.000
Motor Diesel	0.010-0.045	0.010-0.060	0.035-0.200
Emisiones de NOx			
Motor Gasolina	0.005-0.030	0.250-0.350	0.150-0.450
Motor Diesel	0.005-0.025	0.025-0.080	0.060-0.150

Fuente: Manual de la Técnica del Automóvil - Bosch

Por supuesto que estamos hablando de una comparación entre dos motores ajustados, pues si comparamos un motor diesel

que por desajustes está emitiendo grandes cantidades de humo negro con un motor de gasolina que no produce humo, no hay duda de que el motor diesel será más contaminante.

Hasta este punto solamente nos hemos referido a la calidad de las emisiones, pero otro aspecto muy importante es el volumen de las mismas. En la actualidad el 80% del parque automotor de Guatemala está conformado por vehículos con motor de gasolina y también el 80% de los vehículos son de uso particular. Es por estas razones que fue necesario comenzar por controlar las emisiones de los motores de gasolina, aunque un programa de emisiones de gases debe siempre incorporar soluciones para los motores diesel.

Mientras que los fabricantes buscan mecanismos más efectivos para controlar las emisiones de diesel, debemos de buscar soluciones locales que nos ayuden a combatir el problema. Hemos logrado identificar tres áreas en las cuales creemos que con un poco de buena voluntad se pueden lograr excelentes resultados:

1. Administración: Los dueños de flotilla deben tener programas de mantenimiento controlados e historiales de servicio para cada vehículo así como unidades de reserva o "comodines" para sustituir a aquéllas que envían al taller.
2. Mantenimiento: Se recomienda limpiar constantemente el filtro de aire y cambiarlo cuando sea necesario. Si el

mantenimiento normal no soluciona los problemas, se deben revisar los inyectores y la bomba de inyección y además se debe verificar la compresión del motor.

3. Malas Costumbres: Debemos evitar las malas costumbres, como por ejemplo enriquecer la mezcla de combustible moviendo el ajuste exterior de la bomba de inyección con el objeto de lograr más potencia. Esto produce más humo negro, mayor contaminación, mayor consumo de combustible y menor duración del aceite del motor. También se debe evitar sobrecargar el vehículo.

Muchas personas culpan por el humo negro a la mala calidad del diesel, lo cual es falso. En nuestro país es común ver un bus nuevo produciendo grandes cantidades de humo negro. El negocio consiste en viajar a los Estados Unidos a comprar camiones usados con más o menos medio millón de kilómetros recorridos los cuales son adquiridos por un precio promedio de apenas US$ 2,500. Luego se les coloca una carrocería nueva hecha en Guatemala. El resultado es un bus "nuevo" que produce grandes emisiones de humo negro. En ese momento nada más conveniente que echarle la culpa a la mala calidad del diesel para confundir a la opinión pública. El diesel que se distribuye en Guatemala es de buena calidad, como lo comprueban miles de vehículos que usan este combustible y circulan sin producir humo negro.

Otro problema consiste en que el gobierno siempre ha subsidiado, o como es el caso actual, incentivado el consumo

del diesel a través de menos impuestos en comparación con la gasolina. Pero no estamos solos: la totalidad de países en América Latina, desde México hasta la Argentina cometen el mismo error de subsidiar al diesel[20]. Por cierto que es la misma lista de países que ha pasado por gobiernos estatistas, intervencionistas y populistas que han llevado a la ruina a sus economías y al desastre ambiental a sus grandes urbes. De manera que el gobierno incentiva el uso del combustible que tiene menos potencialidad de ser controlado y del cual más se abusa ambientalmente hablando.

Finalmente, nuestro gobierno también se ha dado a la tarea de cobrar impuestos excesivos a los vehículos de pasajeros y bajos impuestos a los vehículos comerciales. Estos últimos en su mayoría tienen motores diesel y además son motores más grandes que producen mayor volumen de emisiones.

---

[20] OLADE, Boletín. Sistema de Información Económica Energética (SIEE), Octubre de 1990.

CAPITULO VII

LOS COMBUSTIBLES ALTERNOS

Los combustibles alternos son un tema de moda como una posible solución a la contaminación ambiental y a una eventual escasez de los combustibles convencionales. Muchos investigadores han vuelto los ojos a estos combustibles. Mientras más se investiga sobre ellos, es más evidente la cantidad de cosas que desconocemos de los mismos. El precio es por supuesto uno de los factores más importantes, pero también se deben de considerar otros factores tales como la composición química de las emisiones de gases, los métodos de producción, la comercialización, el tipo de recipiente a usarse, el rendimiento por galón, etc.

En la actualidad los combustibles alternos más comunes son el gas natural, el gas propano y el metanol. El propano (LPG - Liquifed Petroleum Gas) es el más popular para uso automotriz y en la actualidad existen aproximadamente 4

millones de vehículos en el mundo que lo usan. Le sigue el gas natural comprimido (CNG - Compressed Natural Gas) y por último del metanol, el cual con excepción de algunos lugares de California aún no existe como un combustible automotriz servido en bomba en los Estados Unidos.

El gas natural como su nombre lo dice, se encuentra en esta forma adentro de la tierra. Su componente principal es el metano por lo que también se le llama así. No solamente es un combustible en sí, sino que es la fuente de la mayor parte del propano y materia prima para elaborar metanol. La mayor parte del propano es un subproducto del gas natural, aunque también puede obtenerse del petróleo. El metanol se fabrica a partir del gas natural.

El gas natural permanece en forma gaseosa aún comprimido a presiones de 3,000 psi, mientras que el propano se licúa a presiones de solamente 128 psi a 80 grados F. Un regulador lo convierte nuevamente en gas antes de meterlo al motor. El metanol es líquido como la gasolina.

En el caso del gas natural y del propano existen conversiones en el mercado, aunque por su poca disponibilidad se usan alternamente con gasolina, lo que limita la posibilidad de modificar el motor para aprovechar el alto octanaje que proporcionan estos gases. El metanol no se puede usar en un vehículo normal más que como aditivo y actualmente no existen conversiones en el mercado.

Si los motores fueran modificados para el uso de estos combustibles de manera que se pudiera obtener su máximo rendimiento, los mejores equipos de propano podrían proporcionar la misma potencia que la gasolina, los de gas natural tendrían una merma de un 10% y los de metanol un incremento de un 10%. Si los motores no se modifican, como es el caso de las conversiones para gas y gasolina, tanto el consumo como la potencia se verán afectados adversamente.

Galón por galón, el metanol contiene la mitad de energía que la gasolina, por lo que en teoría se necesita del doble de galones para recorrer la misma distancia. El gas natural contiene solamente una cuarta parte de energía que el mismo volumen de gasolina y el propano contiene entre 26 y 28 por ciento menos energía que la gasolina. Con estos datos podemos visualizar porqué para usar estos gases en un automóvil se requiere de cilindros de presión muy grandes y pesados, sobre todo para el gas natural.

Al usar gas propano el consumo por galón puede subir hasta niveles de un 25% mayor comparado a la gasolina, pero el precio de este combustible más que compensa por la diferencia. Lo mismo sucede con el gas natural, donde a pesar de que el consumo es mayor es compensado por una diferencia de precio aún más grande. En el caso del metanol, la mayor parte del tiempo tiene un precio comparable o ligeramente menor al de la gasolina,

dependiendo siempre de las fluctaciones en el mercado internacional.

En lo que respecta a emisiones de gases estos tres combustibles por su composición son menos contaminantes que la gasolina y debido a que su combustión es más eficiente la diferencia es más notable en operación en frío o a bajas revoluciones del motor.

Las emisiones del gas natural son bajas en lo que respecta a hidrocarburos no quemados y a monóxido de carbono, aunque los óxidos de nitrógeno deben de ser controlados. La emisiones de propano son también mucho menos contaminantes que las de la gasolina. Los efectos del metanol en el medio ambiente aún son inciertos. La producción de hidrocarburos no quemados es menor, pero aunque hasta hace poco se pensaba lo contrario, recientes investigaciones han demostrado que sus emisiones son más reactivas a la luz del sol que las de la gasolina, por lo que pueden producir más "smog" fotoquímico. El metanol también tiene lo propio: produce formaldehído, un cancerígeno potencial. Actualmente se hacen investigaciones para reducir estas emisiones indeseables e investigar sus efectos, pero si derivado de ellas resultan regulaciones tan estrictas como las de la gasolina, perderá su atractivo como combustible alterno.

El gas propano requiere de otro tipo de precauciones para su buen funcionamiento. Muchos fabricantes de conversiones de

gasolina a gas propano lo anuncian como un combustible que prolonga la vida del motor y del aceite. Si se quiere obtener alguna ventaja de este tipo, la formulación del aceite lubricante se vuelve crítica. Como el gas propano no forma depósitos de carbón en su combustión no contiene aditivos para removerlos, lo cual puede causar dos diferentes problemas: Primero, si el motor consume aceite el carbón resultante formará grandes depósitos en la cámara de combustión que terminarán quemando las válvulas. Para evitar esto se requiere de un aceite especial que no contenga calcio ni bario. Segundo, el aceite se oxidará prematuramente. Al no haber carbón en la combustión el aceite casi no se ensucia y el propietario querrá extender los períodos de cambio. El aceite se evaporará aumentando el índice de viscosidad, lo cual puede ser subsanado con el uso de inhibidores de oxidación en la formulación, tales como aditivos de fósforo y zinc. En otras palabras, si el aceite no es especificado para el uso de gas propano se pueden esperar problemas mecánicos. Este tipo de aceite generalmente no está disponible en el mercado.

Los combustibles alternos también tienen problemas de seguridad. Para almacenar gases se usan sistemas sellados bajo presión. Para los automóviles se requiere de cilindros con válvulas de seguridad muy diferentes a los de uso casero. En el caso del propano, los tanques solamente se deben de llenar en un 80% para permitir la expansión con los cambios de temperatura y deben de tener una válvula de

seguridad que impide el llenado más allá de esta proporción. También deben de tener una válvula que libere el gas en caso de que el cilindro sea comprimido en un accidente. Como el propano es más pesado que el aire, en caso de fugas puede formar "piscinas" potencialmente explosivas dentro del vehículo y en parqueos cerrados. Los problemas del metanol son diferentes. Como se quema sin llama, por seguridad hay que añadirle un 15% de gasolina y a esta mezcla se le llama M85.

Los alcoholes y los éteres pertenecen a lo que le llaman compuestos oxigenados. Se les llama así porque contienen carbono, hidrógeno y generalmente un átomo de oxígeno. Los éteres se usan solamente como aditivos. Entre los alcoholes están el metanol -que ya lo mencionamos- y el etanol. Este último se obtiene de la fermentación de biomasa. En Brasil se fabrican motores para el uso exclusivo de metanol, pero por lo general los alcoholes se usan como aditivos que mezclados con la gasolina actúan como mejoradores de octanaje.

Ambientalmente hablando producen menos contaminantes que la gasolina a excepción del caso que ya mencionamos del metanol, que produce formaldehído.

El etanol y el metanol tienen la característica de absorber agua lo que provoca que se desfase de la gasolina, además de causar corrosión; también pueden causar daño a las

partes plásticas y de hule del sistema de combustible. Al usarlos como aditivos, la gasolina debe tener cosolventes para prevenir la separación de fases e inhibidores para proteger el sistema de combustible contra la corrosión y prevenir el daño a las partes de hule. Además se requiere cuidados especiales en los equipos de distribución[21].

La mayoría de fabricantes no garantiza los vehículos que usan gasolina con proporciones mayores de 10 por ciento de etanol. En el caso del metanol no permiten proporciones mayores a cinco por ciento, siempre que la gasolina contenga los cosolventes e inhibidores necesarios[22].

Por su lado las compañías petroleras se encuentran empeñadas en una carrera por hacer sus combustibles fósiles tan libres de contaminantes como los combustibles alternos. En julio de 1991 la compañía Atlantic Richfield anunció la gasolina Arco EC-X (Emission Control-Experimental), la cual alega reduce las emisiones tóxicas en un 50%. El precio será de 16 centavos de dólar más que la gasolina convencional. Esto ha sido logrado cambiando la mezcla de destilados y añadiendo compuestos que son más caros de refinar. El uso de esta gasolina no requiere modificaciones en los motores. California se encuentra en el proceso de

---

[21] Revista Autoweek. Diciembre 17, 1990.

[22] Manuales de propietario 1992: Toyota 4 Runner, GMC Truck.

exigir nuevos estándares que requerirán que todas las compañías petroleras reformulen sus gasolinas o se cambien a combustibles alternos[23].

En conclusión, los combustibles alternos presentan muchas posibilidades para el futuro, pero actualmente tienen un uso limitado principalmente a operaciones de flotillas. Para operar con estos combustibles se requiere de modificaciones en los vehículos y su producción y comercialización en gran escala es aún dificultosa, sobre todo cuando se trata de derivados de productos agrícolas que están sujetos a variaciones estacionales. Se espera que los combustibles convencionales en la forma de gasolina reformulada sigan siendo la principal fuente de energía para los vehículos automotores en los próximos años.

---

[23] Revista TIME. Julio 22, 1991.

CAPITULO VIII

EL PLOMO EN LA GASOLINA Y OPCIONES PARA SUSTITUIRLO

Gasolina sin Plomo

1. Definición de Gasolina sin Plomo

Se define como gasolina sin plomo aquella a la cual no le ha sido añadido plomo intencionalmente, siendo el nivel máximo permisible de 0.05 gramos por galón. Este bajo nivel de plomo permitido ha sido establecido considerando la posible contaminación en los sistemas de distribución, la cual será paulatinamente reducida conforme desaparezca del mercado la gasolina con plomo[24].

---

[24] Technigram, Boletín Informativo. Exxon Company, USA. Abril 1, 1974.

La gasolina con plomo tiene niveles de hasta 3 gramos por galón. Las dos gasolinas distribuídas en Guatemala contenían plomo, la "superior" en mayor cantidad que la "regular". La gasolina que se distribuye en nuestro país es de excelente calidad. Si contenía plomo y causaba problemas ambientales es porque así la pedíamos.

2. Porqué se Añade Plomo a la Gasolina

Anteriormente a todas las gasolinas se les añadía compuestos de tetraetilo o tetrametilo de plomo, como un forma sencilla y económica de mejorar el octanaje. Debido a que se demostró que el plomo daña los sistemas de control de emisiones que se planeaba introducir en el año 1975 en los Estados Unidos, se empezó a eliminar su uso a partir del año 1971. Los fabricantes tuvieron que construír motores de menor compresión, hasta que la nueva tecnología les permitió nuevamente subir la compresión y al mismo tiempo cumplir con los requerimientos de control de emisiones de gases[25].

El plomo además de ser un antidetonante tiene la característica de lubricar a su paso en forma directa los asientos de las válvulas del motor en los motores de

---

[25] Technigram, Boletín Informativo. Exxon Company, USA. Abril 1, 1974.

gasolina de cuatro tiempos. Cuando se introdujo la gasolina sin plomo en 1971, la mayoría de fabricantes cambió el material de los asientos de las válvulas por asientos templados de metalurgia más moderna, que no necesitan de la lubricación directa del plomo[26]. El resto de los fabricantes realizaron el cambio en los años subsiguientes. Existen tablas de aplicación de gasolina sin plomo de acuerdo al tipo de motor, a la marca y al año. Para fomentar el uso de la gasolina sin plomo, la compañía Esso en Noruega se ha atrevido a ofrecer garantía a los motores que estén en las tablas de aplicación y que sean usados con gasolina sin plomo.

Al usar gasolina sin plomo en un motor antiguo que no tenga asientos de válvula templados y en condiciones severas, como lo son mucha velocidad por mucho tiempo o mucha carga por mucho tiempo, a largo plazo puede ocurrir un desgaste anormal en los asientos de las válvulas, conocido como "recesión del asiento"[27]. Este problema es propio de países que tienen autopistas, donde es común manejar un vehículo durante varias horas a velocidades superiores a los 150 kilómetros por hora. Los tractores, las lanchas y los aviones con motor de cuatro tiempos también están sujetos a períodos largos de uso con mucha carga o a mucha velocidad.

---

[26] Ciencia y Tecnología Shell. Revista 34627/10/9.89.

[27] Car, Revista. Julio, 1989.

La cantidad de plomo necesaria para lubricar los asientos de las válvulas es mínima (0.1 gramos por galón), pero suficiente para dañar un catalizador, que no soporta concentraciones superiores a los 0.05 gramos por galón. Para efectos de lubricación, también bastaría alternar un tanque de gasolina con plomo cada cuatro o cinco tanques de gasolina sin plomo[28].

3. Substitución del Plomo Como Agente Lubricante

En el caso de que deba usarse un vehículo antiguo que no tenga asientos de válvula templados con gasolina sin plomo y bajo condiciones severas, pueden usarse aditivos que minimizan los posibles daños, aunque ninguno es tan bueno como el plomo. Estos aditivos están disponibles en el mercado a un precio razonable y generalmente su nombre genérico es "lead substitute" o "substituto de plomo". Generalmente basta con usarlos cada tres o cuatro tanques de gasolina. Estos aditivos también pueden ser añadidos en la formulación de la gasolina por las compañías petroleras. No se les debe confundir con otros aditivos que son simplemente lubricantes de válvula. Generalmente el envase dice: "upper valve lubricant"[29].

---

[28] Ciencia y Tecnología Shell. Revista 34627/10/9.89.

[29] Conf. por Salvatore J. Rand. Guate, 11 Sep. 1990.

4. Substitución del Plomo Como Antidetonante

Como vimos en el capítulo anterior, los combustibles alternos aunque tienen un futuro promisorio, hoy por hoy solamente nos presentan soluciones parciales, y mientras más investigaciones se hacen sobre este tema se hace más evidente lo poco que sabemos de ellos. A falta de mejores opciones tenemos que seguir trabajando con lo que tenemos, o sea con los combustibles convencionales.

Para substituir al plomo en la gasolina o mejor dicho para lograr niveles altos de octanaje sin añadir plomo, se puede prolongar el proceso de refinación para lograr moléculas con una estructura tal que se comporten como antidetonantes; también se pueden añadir numerosas clases de aditivos o una combinación de ambas cosas, que es lo más usual.

Prolongar el proceso de refinación se vuelve poco rentable cuando se quiere obtener gasolina de alto octanaje, lo que obliga al uso de una combinación con diferentes aditivos. Lo que se busca a través de los diferentes procesos de refinación es incrementar el contenido principalmente de benceno y otros aromáticos, para mejorar las características antidetonantes de la gasolina. Estos procesos ya fueron discutidos en el capítulo de combustibles, por lo que nos concentraremos en el estudio de los diferentes aditivos antidetonantes, cuya escogencia como veremos más adelante

puede ser crítica.

Agentes Antidetonantes

1. Antidetonantes a Base de Plomo

Los antidetonantes a base de plomo son el tetraetilo y tetrametilo de plomo (TEL-Tetraethyl Lead, TML-Tetramethyl Lead). Debido principalmente a su bajo costo de fabricación se comenzaron a usar desde 1920, aunque posteriormente se demostró que presentan serios inconvenientes. Además de ser el plomo un contaminante altamente tóxico para el ser humano, impide el funcionamiento de los catalizadores, que hoy en día son la única forma de controlar el resto de los gases contaminantes. Adicionalmente, cuando un motor es usado con gasolina con plomo necesita de mayor mantenimiento, independientemente de su diseño. Finalmente, si se usa gasolina con plomo en un vehículo diseñado para gasolina sin plomo, pueden ocurrir serios daños en las partes mecánicas del motor así como aumento en el consumo de combustible. En los capítulos titulados "Efectos en el Medio Ambiente" y "Efectos en la Economía" explicamos con mayor detalle los inconvenientes de los antidetonantes a base de plomo.

2. Metilciclopentadienil Manganeso Tricarbonil

(MMT-Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonil)

Este antidetonante a base de manganeso se usó en algunos países hasta que se descubrió que tiene el grave inconveniente de que al ser quemado sin catalizador se convierte en un contaminante altamente cancerígeno.

3. Compuestos Oxigenados

Se le llama compuestos oxigenados a ciertos alcoholes y éteres que contienen carbono, hidrógeno y generalmente un átomo de oxígeno. Estos tienen un número de octano alto y por consiguiente buenas características antidetonantes.

Los alcoholes comprenden el metanol (CH_3OH), que se obtiene de gas natural o de carbón, el etanol (C_2H_5OH), que se obtiene de la fermentación de la biomasa y los alcoholes sintéticos superiores, tales como el alcohol butílico terciario (TBA-Tertiary Butyl Alcohol, C_4H_9OH). Para poder usar mezclas de gasolina y alcohol el sistema de combustible debe de estar completamente libre de agua, ya que si ésta alcanza un nivel crítico de concentración de 0.5%, se producirá un desfase en dos capas, en donde la gasolina flotará por encima de la mezcla de agua y alcohol. Los alcoholes pueden causar corrosión en el sistema de combustible, dañar las partes de hule del mismo y aumentar

la volatilidad de la gasolina. El etanol presenta todos estos problemas en mayor grado que el metanol, por lo que es aconsejable usarlo en combinación con un alcohol superior cosolvente, como por ejemplo el TBA. Como también vimos en el capítulo de combustibles alternos el metanol produce formaldehído, un potencial cancerígeno.

El Metil Terciario Butil Eter (MTBE-Methyl Tertiary Butyl Ether, $C_4H_9OCH_3$) es el éter más conocido, y se fabrica en la industria química a partir de isobutileno y metanol. Aunque su costo de fabricación es un poco elevado en parte por su gran demanda, se considera como el más conveniente entre todos los aditivos mencionados anteriormente, considerando las ventajas y las desventajas de cada uno de ellos. El MTBE se puede usar en proporciones de hasta un 20% y no produce mayor contaminación al ser quemado sin catalizador. Este es el aditivo que actualmente se está usando en Guatemala[30].

4. Combinaciones de Antidetonantes

Al comenzar un programa ambiental para evitar la contaminación del aire se debe de tener mucho cuidado con las posibles combinaciones que se usen como antidetonantes.

---

[30] Ciencia y Tecnología Shell. Revista 34627/10/9.89.

Por supuesto, el programa no se puede comenzar sin hacer disponible la gasolina sin plomo. Dependiendo de la forma en que se promocione la gasolina sin plomo (ofrecer incentivos fiscales o hacerla obligatoria) es posible que se use vehículos que no tiene catalizador o que su catalizador está inservible.

Elevar el contenido de benceno y otros aromáticos es conveniente pero solamente hasta cierto grado, ya que por su estructura más "rica", las moléculas de los aromáticos no solamente proveen de mayor energía sino que provocan mayores cantidades de emisiones, principalmente de monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados. Para evitar esto el contenido de benceno deber de ser limitado a 3% en peso; el contenido del resto de aromáticos debe limitarse a 30%; finalmente, deben ser combinados con la mayor cantidad de MTBE posible (de 10 a 15%). No se aconseja usar más de 15% de MTBE ya que arriba de esa proporción puede causar pérdida de potencia y más consumo de combustible.

A continuación presentamos un ilustrativo ejemplo con dos marcas de gasolina distribuidas en Italia. La gasolina con plomo "super" obviamente tiene un contenido bajo de benceno y otros aromáticos, pero a cambio contiene plomo tóxico como antidetonante. En el caso de la gasolina Mobil sin plomo se logró llegar a 96 octanos RON a base de aromáticos y sin añadir MTBE. El nivel de aromáticos es alto: 4.66% en peso

para el benceno y 58.66% para los otros aromáticos. Esta gasolina no contiene plomo pero producirá más cantidad de contaminantes al ser quemada sin catalizador. Un programa ambiental a base de este combustible pagaría un alto precio inicial, mientras que el país donde se efectúe logre "coleccionar" un buen porcentaje de vehículos equipados con catalizador. Por supuesto que aún esto es mejor que no hacer nada y continuar usando gasolina con plomo. Finalmente, veamos el caso de la gasolina Agip. Con añadir un contenido relativamente bajo de MTBE (4.45%) el contenido de benceno prácticamente es el mismo en comparación a la gasolina Mobil, pero el contenido de otros aromáticos fue disminuido significativamente, de 58.66 a 40.73%.

COMBINACIONES DE ANTIDETONANTES

Marca	Octanaje	Plomo	Benceno	Aromáticos	MTBE
"SUPER"	97.0	Con	1.70%	30.00%	----
MOBIL	96.3	Sin	4.66%	58.66%	----
AGIP	96.0	Sin	4.64%	40.73%	4.45%

Fuente: Revista Quattroruote, Agosto de 1988

Nota; Los porcentajes están expresados en peso del combustible y el octanaje en unidades RON. En el caso de la

gasolina "super" con plomo se usaron los valores promedio del mercado).

Como podemos ver, decir gasolina sin plomo abarca una serie de posibles combinaciones de combustibles que si no son escogidos cuidadosamente, pueden resultar contraproducentes ambientalmente hablando. Al menos, al principio. Como una regla de dedo podemos decir que a mayor cantidad de MTBE menor cantidad de aromáticos y menos contaminación al quemar la gasolina sin catalizador. En Guatemala se estará usando una proporción de aproximadamente entre 10 y 15% de MTBE, lo cual garantiza la eficacia del programa ambiental.

CAPITULO IX

CLASIFICACION DE VEHICULOS

Clases de vehículos

Para propósitos de este estudio clasificaremos los vehículos de acuerdo al lugar de compra para su posterior exportación a Guatemala, independientemente del lugar de fabricación. De acuerdo a este criterio podemos dividir el parque automotor de Guatemala en dos grandes grupos, así:

1. Vehículos importados por las agencias distribuidoras autorizadas por el fabricante. Estos son vehículos nuevos traídos en su gran mayoría por vía marítima.

   Los fabricantes se refieren a nuestro mercado como Mercado General, el cual comprende básicamente los países del Tercer Mundo.

   Los motores fabricados para este mercado carecen de controles de emisiones de gases y están diseñados para el

uso de gasolina con plomo.

2. Vehículos comprados principalmente en el sur de los Estados Unidos y traídos al país para su posterior venta.

La mayor parte de estos vehículos son usados e importados por la vía terrestre. Se les conoce en el mercado como vehículos "rodados" y para mayor facilidad así les llamaremos en el resto de este estudio.

Los importadores de este tipo de vehículos pueden ser los llamados "predios" de carros nuevos y usados o particulares. Entre los particulares tenemos a los que realizan importaciones en forma regular y a los casuales, tales como los inmigrantes, estudiantes y aún turistas que regresan al país trayendo su propio vehículo.

Estos vehículos son fabricados especialmente para el mercado de los Estados Unidos, están equipados con controles de emisiones de gases y con motores diseñados para el uso exclusivo de gasolina sin plomo.

Antes del año de 1975 no existían diferencias sustanciales entre los vehículos fabricados para el mercado de los Estados Unidos y los fabricados para el mercado general.

Apenas se diferenciaban en algunos aditamentos básicos para el control de las emisiones de gases y equipos obligatorios de seguridad.

El porqué de la flota de carros "rodados" en Guatemala

Entre las principales razones que dieron origen al mercado de vehículos "rodados" en Guatemala podemos citar las siguientes:

1. Bajos costos de comercialización:

   Los importadores de vehículos "rodados" compiten con ventaja contra los distribuidores autorizados ya que sus costos fijos de operación son mucho menores o carecen de ellos, como por ejemplo la inversión en servicio y en repuestos, gastos de mercadeo, gastos en local, etc.

2. Bajo costo en los Estados Unidos de los vehículos usados:

   En Estados Unidos los vehículos son deshechados con relativamente pocos años de uso, creando un gran mercado de vehículos usados que es aprovechado por los compradores de nuestros países que acuden principalmente a las subastas en los estados del sur.

3. Evasión fiscal:

   El importador de vehículos "rodados" en la mayor parte de los casos pertenece a la llamada economía "submarina" y por lo tanto no paga impuesto sobre la renta, etc. Por el otro lado, este tipo de importación se presta a evasión de derechos arancelarios por medio de subfacturación, soborno, alteración de documentos, etc.

4. Importación eventual:

Los importadores eventuales son los inmigrantes, estudiantes e inclusive turistas que regresan al país trayendo su propio vehículo.

5. Altos derechos arancelarios:

La importación de vehículos "rodados" carecía de importancia hasta que los aranceles de importación fueron "quetzalizados" de un tipo de cambio de Q 1.00 por US$ 1.00 a Q 3.66 por US$ 1.00, de conformidad con el Decreto Ley 146-85 promulgado el 1o. de enero de 1986.

En el caso de los automóviles la escala de derechos era progresiva y llegó a tasas hasta del 154 %. Los precios subieron drásticamente, provocando una verdadera explosión en el mercado de vehículos "rodados" que llegó a tener una participación de más del 50% del total del mercado entre los años 1986 y 1989.

El arancel para la importación de vehículos aprobado en diciembre de 1989 no solamente es más racional en lo que respecta a discrepancias entre las tarifas aplicadas a los vehículos comerciales y a los de pasajeros, sino que la tarifa máxima es también más racional al haber sido situada en niveles del 40 %. Sin embargo, en este arancel están previstas rebajas progresivas por cada año de uso para los vehículos usados con lo cual aún se incentiva su importación.

Vía la Reforma Tributaria aplicada en 1992 se redujo la tasa de impuesto a un máximo de 20% y por el otro lado se incrementó las rebajas a los carros usados. fue de esta forma que se siguió incentivando la importación de carros "rodados", que se mantiene en niveles de 50%. Si bien el actual arancel de importación de vehículos ha contribuído a reducir el contrabando también es la causa de que el país se esté llenando de chatarra rodante.

CAPITULO X

COMPOSICION DEL PARQUE AUTOMOTOR EN GUATEMALA Y USO DE COMBUSTIBLES

Recordemos que antes del año de 1975 no existía gran diferencia entre los vehículos fabricados para el mercado de los Estados Unidos y los vehículos fabricados para el mercado general. A partir de este año todos los vehículos fabricados para el mercado de los Estados Unidos estaban equipados con controles de emisión de gases y motores diseñados para operar con gasolina sin plomo. Es este tipo de vehículos el que definimos como "rodados".

La importación de vehículos "rodados" a Guatemala desde el año de 1975 a la fecha puede dividirse en dos períodos:

Primer período: de 1975 a 1985 cuando el nivel de importación de carros comprados en los Estados Unidos era relativamente bajo.

Segundo período: a partir del 1o. de enero de 1986 cuando mediante el decreto 146-85 se "quetzalizaron" los impuestos, pasando de Q 1.00 por US$ 1.00 a Q 3.66 por US$ 1.00, provocando un considerable incremento en la importación de vehículos "rodados".

A continuación trataremos de establecer los porcentajes de participación de los vehículos "rodados" en el mercado total de Guatemala para cada uno de estos dos períodos. La metodología a seguir será estimar estos porcentajes en base a las importaciones y de acuerdo a cada período y posteriormente aplicarlos al parque vehicular automotor en circulación por año para determinar el tamaño real de la flota de vehículos "rodados".

En el primer período se cuenta con estadísticas precisas de importación de carros de pasajeros nuevos y usados, cuya proporción perfectamente puede ser aplicada a vehículos comerciales. Es de hacer notar que prácticamente todos los carros "rodados" importados en esa época fueron introducidos al país bajo la partida de vehículos usados ya que de esta manera se beneficiaban de derechos arancelarios más bajos.

Para establecer la relación entre vehículos "rodados" e importados por agencias usaremos el promedio de la importación de vehículos de pasajeros en los últimos tres años del período.

IMPORTACION DE VEHICULOS DE PASAJEROS A GUATEMALA

NUEVOS Y USADOS

	1983	1984	1985	Total	%
Nuevos	2169	2276	2294	6739	85
Usados	244	416	502	1162	15
Total	2313	2692	2796	7901	100

Fuente: Estadísticas del Banco de Guatemala

Como podemos ver la importación de vehículos "rodados" en el primer período representa un 15% del total. Veamos ahora qué sucede en el segundo período.

La partida arancelaria de carros de pasajeros usados fue eliminada con la introducción de la Nomeclatura Arancelaria Uniforme Centroamericana (NAUCA II) en enero de 1986. A partir de esa fecha el mejor método para determinar las importaciones de vehículos "rodados" parece ser deducir las importaciones realizadas por las agencias autorizadas por los fabricantes del total de la importación.

El único año en que se dispone de estadísticas confiables de la importación por las agencias es 1987 y consideramos que la relación agencias/"rodados" en ese año es representativa de todo el segundo período.

IMPORTACION TOTAL DE VEHICULOS A GUATEMALA EN 1987

	Total	%
Agencias	10,000	44
"Rodados"	12,585	56
Total	22,585	100

Fuente: Gremial de Distribuidores de Vehículos Automotores.

Es de esta forma en que basándonos en las importaciones de vehículos al país hemos podido determinar los porcentajes de carros "rodados" para cada uno de los dos períodos, los cuales sintetizamos en el siguiente cuadro:

PORCENTAJE DE PARTICIPACION DE LOS VEHICULOS "RODADOS" EN EL MERCADO TOTAL

Importador	1er. Período 1975-1985	2do. Período 1986-1989
Agencias	85%	44%
"Rodados"	15%	56%
Total	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez establecidos los porcentajes de participación en

el mercado, el siguiente paso es deteminar el parque automotor de Guatemala para poder tener los valores de las cantidades reales de vehículos en circulación tanto de agencia como "rodados".

El Parque Automotor de Vehículos no Oficiales Registrados en Guatemala al 15 de marzo de 1990 es de 279,319 unidades. (Fuente: Departamento de Circulación de Vehículos del Ministerio de Finanzas)

Sin embargo, esta cifra es inexacta por diferentes motivos. En primer lugar, el citado Departamento de Circulación de Vehículos del Ministerio de Finanzas indican que cuando un vehículo es dado de baja por accidente, por robo o por que se desarmó para aprovechar las piezas usadas, el propietario deberá cumplir con la disposición de ir a entregar los documentos y las placas de circulación a Finanzas. Como muchos propietarios no lo hacen, esta institución supone que los vehículos siguen funcionando pero evadiendo el impuesto de circulación de vehículos y año con año publica cifras de esta supuesta evasión. Estos vehículos deben de ser deducidos del Parque Automotor. Por el otro lado, muchos vehículos destruídos "resucitan" cuando sus documentos son trasladados a un vehículo "rodado" que se quiere ingresar al país sin pagar el correspondiente impuesto de circulación. En este caso los números de bastidor ("chassis") y de motor son adulterados. También

tenemos que añadir los vehículos que circulan durante varios años con placas del extranjero, los que se usan en el área rural sin placas de circulación, las 4,000 matrículas reservadas para los vehículos oficiales y los vehículos del ejército.

Para llegar a datos más precisos nos reunimos con estadísticos del Ministerio de Energía y Minas que trabajaron en el Proyecto Energético. Estas personas también tuvieron problemas para trabajar con las cifras proporcionadas por el Departamento de Circulación de Vehículos de Finanzas y decidieron trabajar a base de una investigación de mercado con el auxilio de programas de computación proporcionados por las Naciones Unidas.

Cotejando con las cifras proporcionadas por la Gremial de Distribuidores de Vehiculos Automotores, añadiendo y deduciendo cifras y después de unificar los diferentes criterios, llegamos a determinar que el Parque Automotor de Vehículos en Circulación en Guatemala es de 250,000 unidades, calculados al 15 de marzo de 1990.

Obtener estadísticas en Guatemala es un calvario. Las pocas que hay disponibles son manejadas por muchos funcionarios con un celo enfermizo y como si fueran de su propiedad, sin tomar en cuenta que es el pueblo quien paga por ellas y tiene derecho a la información. Como una regla de dedo para futuros investigadores, aconsejamos deducir un

10% a la cifra de vehículos en circulación del Departamento de Circulación de Vehículos del Ministerio de Finanazas. También les aconsejamos asegurarse de que la cifra que les proporcione esta dependencia corresponda a vehículos automotores, haciendo las deducciones correspondientes a motocicletas, bicicletas y carretones sin motor que también usan placas de circulación.

Estamos ahora listos para calcular el total de vehículos "rodados" y de agencia en circulación.

Primer Período (1975-1985):

Total 11 años. Calculando un 5% anual [31] hacen un 55% del total de la flota de 250,000 unidades, para un subtotal de 137,500 unidades en circulación para este período, distribuídas así:

100%	Importador	Unidades
85	Agencias	116,875
15	"Rodados"	20,625
	Total	137,500

Segundo Período (1986-1989):

Total 4 años. Calculando un 5% anual[31] hacen un 20% del total de la flota de 250,000 unidades, para un subtotal de 50,000 unidades en circulación para este período, distribuídas así:

100%	Importador	Unidades
44%	Agencias	22,000
56%	"Rodados"	28,000
100%	Total	50,000

Sumando los dos períodos tenemos un total de 50,000 vehículos "rodados" circulando en el país, y que representan casi un 20% del parque automotor de Guatemala. (Ver Apéndice Gráfica No. 1)

Como otro dato de interés para este estudio, es conveniente mencionar que el promedio de vida de un vehículo automotor en Guatemala es de 10.23 años[31]. En términos muy generales esto significa que en 10 años se cambia la mitad de la flota, en 20 años se cambia casi la totalidad y cada año se cambia el 5%.

También es conveniente apuntar que los vehículos en circulación del año 70 y anteriores (de hace más de veinte años) representan poco menos del 10 % de la flota[31].

En lo que respecta al tipo de vehículos, el Parque Automotor en Guatemala está compuesto de la siguiente manera[32]:

---

[31] Fuente: Proyecto de Planificación Energética GUA/81/002.

[32] Fuente: Sieca, Marzo de 1990.

Automóviles Particulares	80.0 %
Vehículos de Carga	15.6 %
Autobuses	4.4 %

Como nuestro estudio se refiere al impacto tanto en la economía como en el medio ambiente causado por los vehículos de gasolina, debemos de considerar la distribución de vehículos por tipo de combustible en Guatemala. (Ver Apéndice Gráfica No. 2)

El renglón "Otros" corresponde a vehículos que usan conversiones de gasolina a gas propano. El uso de gas propano para vehículos tuvo mucho auge en la fecha en que se sacaron estas estadísticas, pero luego disminuyó debido a una serie de inconvenientes (ver capítulo de Combustibles Alternos).

USO DE COMBUSTIBLES EN LOS VEHICULOS AUTOMOTORES
EN GUATEMALA EN EL AÑO DE 1987

Gasolina	80%
Diesel	9%
Otros	11%

Fuente: Proyecto de Planificación Energética GUA/81/002
(Ver Apéndice Gráfica No.3)

Resumiremos ahora en un solo cuadro el parque automotor de vehículos en circulación en Guatemala, clasificados no solamente por su origen sino por el tipo de combustible que utilizan.

PARQUE AUTOMOTOR DE VEHICULOS EN CIRCULACION EN GUATEMALA POR LUGAR DE ORIGEN Y POR TIPOS DE COMBUSTIBLE

		Gasolina	Diesel	Otros	Total
	%	80%	9%	11%	100%
"Rodados"	20	40,000	4,500	5,000	50,000
Agencias	80	160,000	18,000	22,000	200,000
Total	100	200,000	22,500	27,500	250,000

CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN GUATEMALA AÑO 1989

Barriles

Servido en Bombas:	
Gasolina "superior"	1,018,800
Gasolina "regular"	1,459,400
Diesel	2,475,500
Consumo Total:	
Gasolina "superior"	1,055,600
Gasolina "regular"	1,637,300
Diesel	3,691,900

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

(Ver Apéndice Gráficas No.4 y No.5)

Para poder cuantificar los efectos en la economía del uso de plomo en la gasolina es importante conocer las estadísticas de consumo de combustibles en Guatemala.

Considerando barriles de 42 galones, y sumando las dos gasolinas servidas en bombas, tenemos un consumo total de 104,084,400 galones en el año 1989, de los cuales el 59% fueron gasolina "regular" y el 41% gasolina "superior".

CAPITULO XI

EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

Origen de los Contaminantes

Actualmente no se discute el hecho de que el uso de combustibles fósiles es el factor que más contribuye a la contaminación ambiental. A nivel global, el 95% de los requerimientos mundiales de energía es satisfecho por estos combustibles en las formas de carbón, petróleo y gas natural.

Se pueden identificar tres principales fuentes de contaminación: las fuentes estacionarias (incineradores, uso doméstico, etc.), las instalaciones industriales y los medios de transporte.

El tráfico de vehículos automotores contribuye al total de contaminantes producidos por el uso de combustibles fósiles

en la siguiente forma[33]:

50% de las emisiones de hidrocarburos (HC).

90% del monóxido de carbono (CO)

40% de los óxidos de nitrógeno (NOx)

También produce contaminantes tóxicos en la atmósfera provenientes del uso de plomo en la gasolina.

Si bien es difícil establecer en una forma confiable cuál es la demanda y el uso de las fuentes primarias de energía, es aún más difícil efectuar un cálculo preciso de la cantidad y origen de los contaminantes, debido a la diversidad de equipos usados, los diferentes grados de tecnología y los diferentes modos de operación[34].

Efectos a Nivel de Ecosistema

Saber la magnitud de las emisiones es solamente una cara de la moneda. Es importante saber los efectos que tienen en el hombre y en la naturaleza. Los métodos usados para generar datos toxicológicos se refieren generalmente a pruebas en organismos individuales de una especie determinada. Poca atención se ha dado a la importancia que

---

[33], [34] Pollutants and Their Ecotoxicological Significance, H.W. Nurnberg.

tiene la evaluación de los efectos químicos en un ecosistema. El ambiente natural consiste de varias categorías de ecosistemas (terrestres, de agua dulce, marinos) donde existen muchas combinaciones de seres orgánicos y minerales. Cuando hablamos de un ecosistema no nos referimos simplemente a un grupo de especies en un sitio determinado, sino a la compleja interacción que ocurre entre los seres vivientes y el ambiente en que se desarrollan.

La estructura de un ecosistema está determinada por la combinación de especies que viven en el mismo y está sujeta a un proceso normal de cambio con el paso del tiempo. Pero más importante que la estructura del sistema es el proceso funcional, de cuya continuidad depende que el sistema sea o no viable. Cuando hay disturbios en un ecosistema, éste responde con cambios tanto estructurales como funcionales los cuales obviamente no se darán en forma gradual. Como los ecositemas son tan complejos, la simple relación causa-efecto entre la introducción de un químico y la respuesta del sistema son muy difíciles de detectar en la mayoría de los casos[35].

La vegetación es la fuente principal de alimento para el hombre y los animales y juega un papel muy importante en

---

[35] Testing for Effects of Chemicals on Ecosystems. National Research Council. 1981.

transferir los químicos al sistema. La contaminación tiene efectos fisiológicos en el vigor de las plantas sin que necesariamente sean visibles. Por ejemplo, el proceso de la fotosíntesis es desacelerado y la vida de las hojas y las agujas de las coníferas puede ser acortada. La resistencia a los parásitos y a otros agresores disminuye. Especies muy sensitivas pueden morir y la biomasa total puede ser reducida, con la consecuente reducción de la vegetación como purificadora del aire[36].

Los gases producidos por la combustión de la gasolina en áreas de tráfico denso son los principales contaminantes del aire, la tierra y las plantas. Estas últimas sufren una mayor exposición cuando se cultivan cerca de las carreteras. Aproximadamente la mitad del plomo emitido por los automóviles se deposita dentro de un radio de 30 metros de distancia del lugar donde circulan[37].

Los gases de escape de los motores de combustión interna también contribuyen a causar otros problemas como el llamado "Efecto Invernadero", que consiste en un incremento gradual de la temperatura de la Tierra. Según muchos expertos, la

---

[36] Pollutants and Their Ecotoxicological Significance, H.W. Nurnberg.

[37] Det. de Residuos de Plomo en M. Prima y Productos Enlatados de Tomate y Frijol. M. Pinto P. USAC, Julio 1983.

acumulación de gases en la atmósfera impide la salida del calor reflejado en la corteza de la Tierra y aumenta la temperatura, al igual que ocurre con el techo de un invernadero. Esto podría causar a largo plazo problemas tales como el deshielo de los polos, inundaciones por aumento en el nivel del mar, destrucción de bosques, desplazamiento de enfermedades parasitarias, etc. La mitad de los gases que provocan el efecto invernadero corresponden al anhídrido carbónico; el resto está compuesto por gases como el metano (18%), los clorofluorocarbonos (17%), el ozono (9%), y cierto tipo de óxidos de nitrógeno (6%)[38]. Este efecto ha sido desestimado por varios científicos.

El ozono a baja altura es un contaminante. Sin embargo, la capa de ozono en la estratósfera nos protege de los rayos ultravioleta de la luz del sol, que de otra forma podrían provocar una mayor incidencia de cáncer en la piel. Entre las causas que pueden afectar la química y la temperatura de la estratósfera cambiando la concentración del ozono, la más importante es el uso de clorofluorocarbonos (CFC), los cuales tienen usos comerciales importantes como los refrigerantes, los aerosoles y los solventes. La emisión de óxidos de nitrógeno en la estratósfera también afecta la capa de ozono aunque en menor grado, y es causada por el escape de los aviones supersónicos que vuelan a gran altura.

---

[38] Revista Visión. Octubre 15, 1990.

Como podemos ver, son abundantes las razones por las que en el futuro se debe de prestar singular importancia al estudio de los efectos de la contaminación ambiental no sólamente a nivel de hombre sino al nivel de los diferentes ecosistemas en que se desenvuelve.

Efectos en la Salud del Hombre

Veamos ahora los efectos de los principales contaminantes de la gasolina en la salud del hombre.

1. Dióxido de Carbono (CO_2)

El dióxido de carbono o anhídrido carbónico es producto de la combustión perfecta de un combustible de hidrocarburo; se produce también en la respiración y en la fermentación alcohólica. No es venenoso, pero imposibilita la respiración y apaga la llama. Desplaza al aire y se deposita en el suelo de pozos y bodegas[39].

2. Monóxido de Carbono (CO)

---

[39] Pollutants and Their Ecotoxicological Significance. H. W. Nurnberg.

El monóxido de carbono, es el más común de los gases tóxicos. Es producto de la combustión incompleta y muy peligroso en áreas mal ventiladas. Es incoloro, inodoro y no es irritante, lo cual lo hace doblemente peligroso. Además, constituye una gran proporción en el total de las sustancias nocivas de los gases de escape.

La acción bioquímica del monóxido de carbono consiste en que se adhiere a la hemoglobina reduciendo la capacidad de la sangre de transportar el oxígeno. En niveles bajos produce dolor de cabeza, y en niveles más altos produce náusea, fatiga y deterioro del juicio; los desmayos y los colapsos son comunes. Una exposición severa al monóxido de carbono puede tener secuelas tales como desórdenes neuropsiquiátricos[40].

3. Hidrocarburos no Quemados (HC)

Los hidrocarburos no quemados son de los principales causantes del "smog" fotoquímico. Los hidrocarburos no quemados irritan los revestimientos de los órganos respiratorios y fomentan el cáncer; también son causa del mal olor de los gases de escape. Entre los principales

---

[40] Postgraduate Medical Journal. Vol. 65. No. 762. Abril, 1989.

cancerígenos liberados por el escape de los automóviles de gasolina, tienen efectos comprobados los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH)[41].

4. Oxidos de Nitrógeno (NOx)

Los óxidos de nitrógeno irritan los ojos, nariz y garganta; si la irritación es fuerte causan tos, dolores de cabeza y daño a los pulmones. Adicionalmente contribuyen a formar el "smog" fotoquímico.

El dióxido de nitrógeno (NO_2) de color pardo o rojizo constituye un veneno activo. En concentraciones de 3 a 5 ppm (partes por millón) despide olor irritante; de 10 a 30 ppm irrita los ojos y la nariz y en concentraciones de 30 a 50 ppm causa tos, dolor de cabeza y vértigo[42].

5. "Smog" Fotoquímico (Oxidantes).

El "smog" fotoquímico se forma cuando los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos no quemados se concentran en la atmósfera y chocan con luz del sol, de donde se producen diferentes compuestos químicos y oxidantes como el ozono (O_3). Este último tiene un olor penetrante y "picante", como el de un limpiador concentrado. El "smog" fotoquímico obstruye la visión, irrita los ojos, y es cancerígeno. Grados severos de inhalación pueden producir edema pulmonar y otros problemas[43].

Arriba de cierta concentración el "smog" puede ser observado desde los puntos altos de las grandes urbes. Se resenta como un niebla espesa con humo. En ciudades como México la concentración de ozono en la atmósfera se monitorea constantemente. Dependiendo del nivel encontrado las autoridades emiten diferentes niveles de alarma. Según la gravedad del problema se toman medidas tan severas como parar el funcionamiento de las industrias por grupos. En las escuelas se suspenden las clases y se recomienda a la población no hacer ejercicio ni practicar deportes.

6. Acido Sulfuroso (H_2SO_3)

El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso (SO_2) provoca corrosión y la llamada "lluvia ácida", aunque en las concentraciones en que se encuentra en los gases de escape no puede considerarse como veneno activo o nocivo para el ser humano[44].

7. Partículas[45]:

Las emisiones de partículas emitidas en el proceso de la combustión están formadas principalmente por el hollín o "humo negro" y son más dañinas para la salud al combinarse

---

[41-45] Polluntans and their Ecotoxicological Significance. H. W. Nurnberg.

en la atmósfera con anhídrido sulforoso. Pueden causar bronquitis, afectar la respiración y aumentar la susceptibilidad al asma y al resfriado común.

Efectos del Plomo en la Salud del Hombre

Por ser el tema central de este estudio, analizaremos los efectos del plomo en la salud del hombre por aparte.

1. Antecedentes[46]:

A pesar de que el plomo ha sido utilizado por el hombre para diversos fines desde hace miles de años no fue sino hasta este siglo que se descubrieron sus efectos altamente tóxicos en el ser humano. Algunos historiadores creen que una contaminación por plomo masiva contribuyó a la caída del Imperio Romano, donde este metal era usado en la vajilla, en las armas, en los cosméticos, en cañerías de agua y en acueductos, así como en el procesamiento del vino. Si estas conjeturas son ciertas, puede haber causado esterilidad, abortos y hasta demencia, particularmente entre miembros de las clases altas que acostumbraban a beber demasiado.

El plomo se comenzó a usar como aditivo en la gasolina en 1920. En los Estados Unidos fue prohibido en 1975, pero el

---

[46] Revista TIME. Febrero 25, 1991.

residuo de los gases de escape de millones de vehículos aún contamina la tierra alrededor de las carreteras principales. Las pinturas con base de plomo fueron prohibidas en 1977, pero un reporte del Servicio Público de Salud de los Estados Unidos (Public Health Service) realizado en 1988, reveló que el 52% de 42 millones de casas en la nación aún tienen pinturas con base de plomo en sus paredes y partes de madera. Las cañerías de plomo también fueron prohibidas, y posteriormente las de cobre, pues usaban plomo en la soldadura de las uniones.

2. Contaminación Ambiental por Procesos Industriales[47].

La mayor parte de la contaminación ambiental por el plomo proviene de la combustión de gasolina para cuya elaboración se usan derivados alquílicos de este elemento. En el año de 1973 se consumieron 380,000 toneladas de plomo a nivel mundial para la fabricación de estos aditivos. De esta cantidad, más del 70% pasó probablemente al medio ambiente por la emisión de gases y el resto quedó retenido en los sistemas de lubricación y de escape de los vehículos. El aceite usado tiene cerca de 1% de plomo y más de la mitad se deshecha o se utiliza para el asfaltado de carreteras, por lo que acaba incorporándose al medio por distintas vías.

---

[47] Criterios de Salud Ambiental 3. Plomo. Pub. Científica No. 388. OPS, OMS. 1979.

Solamente en la elaboración de aditivos de plomo se liberaron 1,900 toneladas a la atmósfera, seguido por la fabricación de acumuladores con 480 toneladas. En menor grado contribuyeron la producción de óxidos de plomo, pigmentos de plomo, metal de tipografía, soldadura, etc.

3. Focos de Exposición[48]

Los focos de exposición ambiental al plomo en niveles peligrosos para la salud se encuentran principalmente en el humo de escape de los automóviles y en los pigmentos de pintura. Hay una diversidad de artículos que contienen plomo y se descomponen con el tiempo. En muchas viviendas se aplicó pintura elaborada con pigmentos a base de plomo. El agua doméstica, los alimentos y bebidas son contaminados por diferentes vías, tales como cañerías de plomo, soldaduras de plomo en cañerías de cobre y en latas de conserva, cerámica barnizada y vajillas de cristal a las cuales se les da brillo con óxido de plomo.

4. Distribución y Retención[49]

Ingerido o inhalado, el plomo se distribuye por el flujo

---

[48] Revista TIME. Febrero 25, 1991.

[49] Det. de Residuos de Plomo en M. Prima y Productos Enlatados de Tomate y Frijol. M. Pinto P. USAC, Julio 1983.

sanguíneo a los distintos órganos y sistemas. El plomo es más fácilmente absorbido por el cuerpo que eliminado, por lo que tiene tendencia a acumularse, principalmente en los huesos. Este proceso acumulativo se inicia desde la vida fetal, ya que el plomo se transfiere fácilmente a través de la placenta.

5. Efectos

El plomo es un contaminante tóxico muy peligroso para el ser humano, aún ingerido o inhalado en pequeñas cantidades. Como es acumulativo, su ingestión baja por largos períodos de tiempo puede causar intoxicación. Cuando el plomo ingresa al sistema sanguíneo, inhibe la producción de la hemoglobina que las células necesitan para acarrear oxígeno. También se adhiere e inactiva a las enzimas que son esenciales para el cerebro y el sistema nervioso. Los niños son especialmente sensibles a este metal tóxico porque su cerebro y su sistema nervioso se encuentran en la etapa de desarrollo y hay evidencia alarmante de que afecta su inteligencia[50]. En el desarrollo fetal se ha demostrado que hay una correlación directa entre los niveles de plomo en la placenta y el peso del niño al nacer, así como eltamaño de su cabeza. Mientras más bajo es el nivel de plomo más grande es la cabeza y el cerebro se encuentra físicamente

---

50. Revista Car. Julio, 1989.

más desarrollado.

Los síntomas de intoxicación de plomo incluyen dolores abdominales, debilidad muscular y fatiga. Exposiciones severas pueden causar encefalitis, afectar los riñones, causar desórdenes en el sistema nervioso, provocar anemia, presión sanguínea alta e inclusive la muerte. La intoxicación severa también ha sido asociada con la esterilidad, abortos y muertes neonatales. Hay evidencias de que aún a muy bajos niveles puede causar desórdenes en el comportamiento tales como irritabilidad, intranquilidad y agresividad, principalmente en los niños. La exposición al plomo puede reducir el nivel de cociente intelectual, afectar la memoria, las reacciones y la habilidad para concentrarse[51].

Sin embargo, los argumentos más fuertes para restringir el uso de plomo en la gasolina no residen en los efectos directos que pueda tener en la salud, sino en el hecho de que inhibe por completo la acción de los catalizadores, que demostraron ser el único mecanismo viable para reducir el volumen del resto de contaminantes de los gases de la combustión, los cuales como vimos anteriormente tienen efectos cancerígenos comprobados.

---

[51] Det. de Residuos de Plomo en M. Prima y Productos Enlatados de Tomate y Frijol. M. Pinto. USAC. Julio 1983.

6. Diagnóstico y Tratamiento[52]

Normalmente se considera que un nivel de plomo de 25 microgramos por decilitro en la sangre comienza a ser peligroso, pero expertos en toxicidad han reducido este nivel crítico a solamente 10 microgramos por decilitro. Medir la sangre no siempre indica dónde se encuentra el plomo, ya que se puede haber depositado en los huesos, donde puede permanecer por décadas sin causar daño alguno. Pero puede reingresar en el torrente sanguíneo y causar toda clase de problemas, especialmente bajo condiciones de "stress", o por situaciones como una cirugía, una infección o trastornos emocionales. Es por esto que algunos doctores analizan los dientes que se le caen a los niños; para los adultos se usan nuevas técnicas de fluoroscopía. En Guatemala no existen facilidades para diagnosticar una intoxicación de plomo, lo cual lo convierte en un contaminante mucho más peligroso.

Existen tratamientos a través de un proceso que se llama quelación, por medio del cual se pueden remover sales metálicas pesadas usando drogas que se adhieren al metal en el torrente sanguíneo y permiten que sea drenado por la orina o eliminado por otros órganos. En el caso del plomo se usa disodio de calcio ($CaNa_2$), también llamado EDTA. El

---

[52] Revista TIME. Febrero 25, 1991.

tratamiento es intravenoso durante varios días en un hospital. Recientemente se comenzó a usar una droga oral llamada DMSA que no requiere de hospitalización.

Situación en Guatemala

En Guatemala el problema de la contaminación ambiental por los vehículos automotores es proporcionalmente mucho mayor al de los países industrializados. Entre las principales razones se encuentran la falta de regulaciones para la protección ambiental, la falta de mantenimiento de los motores y hasta hace poco la falta de gasolina sin plomo.

Los carros importados por las agencias generalmente no tienen controles de emisiones de gases. Y los carros "rodados" que sí los tienen, no han tenido la gasolina necesaria para su correcto funcionamiento. Paradójicamente en Guatemala son los motores más contaminantes ya que al ser usados con gasolina con plomo han sufrido serios desajustes que provocan altas emanaciones de gases, alto consumo de combustible y daños mecánicos a sus piezas.

El catalizador es dañado por la gasolina con plomo y deja de funcionar de inmediato como filtro de gases; a mediano plazo se arruina el sensor de oxígeno que regula la mezcla de combustible del motor, aumentando el consumo y por lo tanto las emisiones de gases; finalmente, a largo plazo

sufren partes mecánicas del motor reduciendo su duración. Por el otro lado, como estos motores tienen menos vida y en su mayoría forman parte del mercado de los carros usados donde hay un nivel adquisitivo más bajo es muy común verlos en circulación quemando aceite, por lo cual emiten los mismos contaminantes pero en mucho mayor cantidad.

El problema es agravado por muchos propietarios o talleres irresponsables que desconectan los controles de emisones de estos vehículos arrancando mangueras a diestra y siniestra, con efectos que por lo general van en detrimento del funcionamiento del motor y por lo tanto del medio ambiente.

Las únicas modificaciones que se recomienda efectuar en estos motores si necesariamente tienen que funcionar con gasolina con plomo son las siguientes: eliminar el catalizador que de todos modos será inutilizado por los efectos del plomo; sellar la válvula de recirculación de gases, y si hay desajustes serios en la mezcla de gasolina desconectar el sensor de oxígeno mientras que se consigue uno nuevo. Cualquier otra modificación provocará pérdida de fuerza y mayor consumo de combustible.

Finalmente, es muy común ver funcionando motores diesel desajustados produciendo altas emanaciones de humo negro. Un motor diesel bien ajustado es poco contaminante. Pero la mala administración entre los propietarios de flotillas, la falta de mantenimiento e inclusive las malas costumbres de los operarios hacen que circulen produciendo altas

cantidades de humo negro.

Para formarnos una idea y como un punto de referencia, es interesante conocer que entre uno de los múltiples problemas que surgieron en el intento de reunificar las dos alemanias, se menciona el hecho de que los cuatro millones de automóviles que existen en Alemania oriental producen más contaminación ambiental que los treinta millones de automóviles de la República Federal Alemana.

Si consideramos los problemas anteriormente mencionados que como suceden en Guatemala son propios de cualquier país subdesarrolado, es posible que nuestra flota de solamente un cuarto de millón de vehículos en operación esté produciendo más contaminación que la que producen dos millones de vehículos en un país industrializado.

CAPITULO XII

EFECTOS EN LA ECONOMIA

Cómo se Forma el Precio de la Gasolina[53]

El precio de los combustibles en el mercado mundial está definido en dos grandes segmentos: el Nivel de Precios de la Industria y el de Mercados Específicos.

El Nivel de Precios de Industria (Industry Spot) se refiere a las transacciones y movimiento de cargueros de gran tamaño con un sólo producto de petróleo, por una sola vez, de un puerto específico de carga a un puerto específico de descarga. También se le llama Mercado de Ocasión o

---

[53] Petroleum Products Supply/Pricing Presentation. Septiembre, 1986. Sistema de Abastecimiento y Precios de Productos de Petróleo. 1991. Esso Caribe y Centroamérica.

Mercado de Oportunidad.

El nivel de precios de Mercados Específicos (Posted) es el que se aplica en el área de Centroamérica y el Caribe, y se refiere a transacciones y movimiento de pequeñas cantidades de producto de diferentes grados, de calidades específicas requeridas, dentro de una área geográfica específica, bajo precios de lista publicados y usualmente descargados en diferentes puertos. La principal característica de este mercado es la garantía de abastecimiento a largo plazo. También se le llama Mercado a Término y sus precios reflejan las tendencias del Mercado de Oportunidad pero ajustados a las condiciones expuestas anteriormente.

En nuestra área se puede comprar combustibles en el Mercado de Oportunidad con las limitaciones que implica pedir cargueros fraccionados con pequeñas cantidades de diferentes productos. Por el otro lado, al entrar el invierno en los Estados Unidos la presión de vapor en la gasolina es aumentada, incluyendo la región del Golfo, y usarla en nuestra área podría causar problemas, tales como bloqueo de vapor en las líneas de combustible. La presión de vapor de la gasolina que se vende en el Mercado de Oportunidad en el Golfo coincide con la de Guatemala solamente cuatro o cinco meses al año, por lo que se debe tener cuidado al hacer uso de este canal de abastecimiento. Comprar gasolina "posted" es un poco más caro pero garantiza el suministro. Por el otro lado permite tener un inventario

mucho menor.

Los precios de comprador y vendedor de los productos de petróleo son negociados en base a su valor puestos en el puerto de Nueva York. Estos precios estás sujetos a las variaciones del mercado y cambian continuamente. Un método aceptado para estimar el precio en las áreas del golfo de México y el Caribe es deducir el costo de mover el producto a Nueva York, el cual es bastante exacto a pesar de que adicionalmente al transporte hay otros factores que influyen en la configuración del precio. Los precios del Golfo y del Caribe guardan siempre relación.

Los precios de los combustibles tanto para el Mercado de Oportunidad (Spot) como del Mercado a Término (Posted) se encuentran disponibles en forma regular en publicaciones especializadas en petróleo, tales como "Platts Oilgram" y "Oil Buyer's Guide".

Precio Gasolina sin Plomo vs Gasolina con Plomo

El plomo se usó en un principio como la forma más económica de subir el octanaje, ya que el uso de otros métodos o aditivos tiene un costo de fabricación más alto. Sin embargo, por la creciente demanda que tiene la gasolina sin plomo se comercializa ahora en cantidades mayores y en una economía de escala el precio promedio es un poco menor. Decimos promedio porque en determinado momento la gasolina

con plomo puede estar más cara y en otros momentos más barata, de acuerdo a las variaciones en el mercado internacional. Por supuesto que estamos hablando del Mercado de Oportunidad.

En el Mercado a Término que es el que se aplica a Centroamérica y el Caribe, la gasolina se pide bajo determinadas especificaciones que la hacen diferente. El volumen que se mueve es mucho menor al de la gasolina sin plomo que se distribuye en el Norte. Como muy pocos países de Latinoamérica comercializan gasolina sin plomo, el volumen de este combustible bajo pedido especial es aún menor. El resultado es que en el Mercado a Término la gasolina sin plomo tiene un costo promedio un poco mayor que el de la gasolina con plomo.

De momento no se pueden comparar promedios anuales, ya que en el Mercado de Oportunidad en los Estados Unidos no se comercializa gasolina con plomo y en el Mercado a Término que se aplica a Latinoamérica la gasolina sin plomo apenas está comenzando a ser consumida. La única estimación que pudimos conseguir proyectada a un año fue proporcionada por la compañía Esso Central America en febrero de 1991 y que arroja un costo promedio anual adicional por galón puesta en Guatemala de 2.5 centavos de dólar tanto en grado "superior" como en grado "regular".

Muchas personas dan figuras aventuradas del costo mayor o

menor de la gasolina sin plomo sin considerar si éstas corresponden al promedio anual o a un momento determinado, si se refieren al Mercado de Oportunidad o al Mercado a Término y si los octanajes que se comparan son los correctos. Si Guatemala pudiera comprar gasolina sin plomo en el Mercado de Oportunidad durante todo el año, probablemente conseguiría un mejor precio que el de la gasolina con plomo.

Equipo de Refinación y Distribución

Hoy en día las compañías petroleras tropiezan muy a menudo con dificultades para comercializar la gasolina con plomo, ya que la tendencia mundial es a eliminar este producto. A veces el problema consiste en conseguir quién le añada el plomo a la gasolina destinada a nuestros mercados, con los inherentes cuidados en el equipo de distribución para no causar contaminación en la gasolina sin plomo.

El cambio a gasolina sin plomo en los Estados Unidos implicó grandes modificaciones en infraestructura, que llegaron a alcanzar aproximadamente un 40% del total de la inversión en equipo de refinación.

No se puede esperar introducir gasolina sin plomo a un país sin hacer cambios en los equipos de refinación y en casos en que el equipo sea muy obsoleto o no existan deseos

de hacer nuevas inversiones por parte de las compañías petroleras, la alternativa es importar el producto terminado.

En el caso de Guatemala, aproximadamente la mitad de la gasolina era terminada de refinar localmente y el resto se importaba como producto terminado. Para poder producir gasolina "regular" la refinería local se vió en la necesidad de adquirir depósitos para manejar el aditivo MTBE.

En tanto que no se añada una tercera gasolina en el mercado y la gasolina sin plomo sustituya a una de las gasolinas existentes, no habrá necesidad de hacer inversión en equipos de distribución. Esta es la solución más práctica para un país como Guatemala. Como referencia, un depósito para 35,000 barriles cuesta alrededor de US$500,000 FOB, y un tanque subterráneo para una estación de servicio cuesta alrededor de 100,000 FOB (en Guatemala hay aproximadamente 600 estaciones de servicio). No incluímos tubos de descarga en el puerto, camiones cisterna, etc.

Estados Unidos y Japón se pudieron dar el lujo de añadir un nuevo grado de gasolina en el mercado. Pero esto ha resultado difícil aún en países industrializados de la Comunidad Económica Europea. A pesar de ofrecer incentivos fiscales al precio de la gasolina y a vehículos equipados con catalizadores, solamente un 66% de las 135,000 estaciones de servicio que hay en Europa ofrecen gasolina

sin plomo. La participación de mercado de la gasolina sin plomo para toda Europa es de 30%. En el extremo alto está Alemania Occidental con una participación de 65% y en aumento; en el extremo bajo se encuentran España y Portugal, donde la participación de esta gasolina apenas llega a un 1%. Pero aún en Alemania en algunos poblados no se consigue gasolina sin plomo, lo que pone en problemas a propietarios de vehículos equipados con catalizador.

Muchos países han optado por eliminar la gasolina "regular" con plomo[54].

Desde 1992 todos los vehículos nuevos que se venden en los países de la Comunidad Económica Europea tienen que estar equipados con catalizadores. La pregunta es si las compañías petroleras están listas para ofrecer gasolina sin plomo en un número tal de estaciones que permita que el programa sea operativo. En realidad es poco probable, a menos que los países más atrasados tomen soluciones draconianas como las que se aplicaron en Guatemala.

Efectos en el Parque Automotor

El plomo como aditivo de la gasolina tiene la peculiaridad de actuar como abrasivo por lo que los materiales de las válvulas, pistones y anillos del motor deben estar

---

[54] Fuente: Oil & Gas Journal, Agosto 27, 1990.

preparados para soportar su uso.

El uso de gasolina con plomo en un motor diseñado para gasolina sin plomo (que ha sido el caso de los vehículos "rodados" en Guatemala), ocasiona una serie de problemas mecánicos, entre los que podemos hacer una distinción entre daños a corto plazo y a largo plazo:

El catalizador deja de funcionar de inmediato como filtro de gases contaminantes. Esto provoca un daño puramente ambiental ya que el catalizador no afecta el funcionamiento del motor.

También a corto plazo se descontrola el sensor de oxígeno que regula la mezcla de combustible en el motor, el cual puede ser afectado de dos formas diferentes:

Si la superficie del sensor es cubierta por el plomo, éste "engañará" a la computadora la cual empobrecerá la mezcla de combustible más allá de lo debido. El motor fallará, perderá fuerza, se recalentará, tendrá detonaciones y sufrirá daños graves por preignición, como puede ser la perforación de un pistón.

Si la terminal del sensor se rompe internamente por el uso no recomendado de gasolina con plomo, la computadora también será "engañada" pero esta vez enriquecerá la mezcla más allá de lo necesario. El escape producirá un fuerte olor a

gasolina cruda, el consumo de combustible subirá drásticamente y las bujías se ahumarán produciendo fallas en su funcionamiento. Este segundo caso es el más común y provoca un incremento gradual en el consumo de combustible y por consiguiente en las emisiones que puede llegar hasta a niveles de 20% adicional.

A largo plazo el efecto abrasivo de la combustión de la gasolina con plomo causará graves daños en las partes mecánicas del motor, tales como las válvulas, pistones y anillos, que necesitarían de un recubrimiento especial. Adicionalmente, estos repuestos son más caros debido a que hay que obtenerlos en el mercado de los Estados Unidos y pasan por muchos intermediarios.

Basándose en estadísticas de servicio porporcionadas por Autoservicios Cofal, S.A. se realizó un estudio en Guatemala sobre 100 vehículos "rodados" y se determinó que el tiempo promedio de duración de estos motores fue solamente de 90,000 kilómetros de recorrido contra más de 160,000 kilómetros que duran los motores fabricados para nuestro mercado y operados con gasolina con plomo para la cual fueron diseñados. De la misma fuente se determinaron costos anuales por concepto de mantenimiento y reparaciones de motor.

La mayoría de los vehículos fabricados a partir del año de 1971 pueden usar indistintamente gasolina sin plomo aunque

estén diseñados para gasolina con plomo y de esta forma beneficiarse de una mayor duración del aceite del motor así como de las candelas, los pistones, los anillos y el tubo de escape. La duración de los motores tanto de vehículos "rodados" como de agencia podría extenderse sin problemas hasta 200,000 kms.

Cálculo de los Efectos en la Economía

Basados en la información anterior y bajo los criterios que definimos a continuación, calculamos los costos por concepto de piezas de mantenimiento, reparaciones de motor y consumo de combustible, para luego evaluar el ahorro en cada uno de estos tres rubros al cambiar a gasolina sin plomo.

En el caso de piezas de mantenimiento los beneficios son los mismos tanto para vehículos de agencia como para los "rodados".

En el caso de los costos anuales por reparaciones de motor se diferenciaron los carros de agencia de los "rodados" ya que éstos últimos sufren mayor desgaste al ser usados con gasolina con plomo.

En el caso de los vehículos de agencia, con un kilometraje promedio de duración del motor de 160,000 kms. y considerando un promedio anual de recorrido de 18,000 kms,la

duración promedio del motor en tiempo será de 9 años.

En el caso de los vehículos "rodados", con un kilometraje promedio de duración del motor de solamente 90,000 kms. y considerando un promedio anual de recorrido de 18,000 kms. la duración promedio del motor en tiempo será de 5 años.

Adicionalmente, el costo de reparar el motor a un vehículo "rodado" es casi un 30% mayor debido a que las piezas hay que obtenerlas en el mercado de los Estados Unidos y pasan por muchos intermediarios, mientras que las agencias importan sus piezas directamente de los fabricantes.

Se estima que los vehículos "rodados" consumen un 20% adicional de combustible por desajustes provocados por efectos de la contaminación del plomo en la gasolina sobre el sensor de oxígeno que regula la mezcla en el motor.

Supondremos en forma también conservadora que solamente la mitad de los sensores de oxígeno están dañados y se usará la cifra de 10% para nuestros cálculos.

Habiendo ya definido los criterios a seguir, a continuación presentamos el cálculo de la diferencia en duración y en costos de mantenimiento en los vehículos al cambiar a gasolina sin plomo.

DIFERENCIA EN DURACION Y COSTOS POR AÑO

(Precios CIF en US$ - Recorrido Promedio 18,000 kms anuales)

PIEZAS DE MANTENIMIENTO	Con Plomo	Sin Plomo
CANDELAS		
Promedio Duración	18,000 kms	27,000 kms
Costo Anual	2.30	1.53
ESCAPE		
Promedio Duración	4 años	6 años
Costo Anual	10.37	6.91
ACEITE Y FILTRO		
Promedio Duración	4,000 kms	7,000 kms
Costo Anual	28.62	16.35
Costo Total Unitario	41.29	24.79
Ahorro Anual Unitario		16.50
Ahorro Total en 200,000 vehículos		3,300,000.00

REPARACIONES DE MOTOR	Con Plomo	Sin Plomo
VEHICULOS DE AGENCIA		
Promedio Duración	160,000 kms	200,000 kms
Costo Anual	91.67	74.25
Ahorro Anual Unitario		17.42
Ahorro en 160,000 vehículos		2,787,200.00
VEHICULOS "RODADOS"		
Promedio Duración	90,000 kms	200,000 kms
Costo Anual	210.00	94.60
Ahorro Anual Unitario		115.40
Ahorro en 40,000 vehículos		4,616,000.00
Ahorro Total en Rep. de Motor		7,403,200.00

Recordemos que según los datos del Parque Automotor de Guatemala presentados anteriormente, hay 200,000 vehículos de gasolina en circulación, de los cuales el 80% son de agencia y el resto "rodados".

La siguiente tabla nos indica cuáles serán los efectos en la economía por cambiar cada una de las gasolinas a gasolina sin plomo y cuáles serán los efectos de un cambio total.

Para el cálculo hemos prorrateado el ahorro en mantenimiento y en reparaciones de motor entre el consumo de gasolina "superior" y gasolina "regular".

Los valores de la gasolina están calculados a precios CIF para el área del Golfo y del Mercado a Término, con un promedio anual para el año de 1990 de US $ 0.775 para la gasolina "superior" y US $ 0.725 para la gasolina "regular". (Fuente: Esso Central America).

Por el otro lado tendríamos que cuantificar qué costo adicional tendrá la gasolina sin plomo. Usaremos los valores de la única estimación disponible (Esso Central America, febrero de 1991). El costo promedio anual es de 2.5 centavos de dólar adicionales por galón puesta en Guatemala tanto en grado "superior" como en grado "regular".

En estos cálculos no estamos incluyendo el ahorro que habrá al disminuir el tiempo improductivo debido a la necesidad de un mayor número de reparaciones, sobre todo en el caso de las unidades comerciales.

SUSTITUCION DE GASOLINA CON PLOMO POR GASOLINA SIN PLOMO

USO DE GASOLINA	"Superior"	"Regular"
Consumo Total en Gls.	40,000,000	60,000,000
Vehículos de Agencia	32,000,000	48,000,000
Vehículos "Rodados"	8,000,000	12,000,000
AHORRO DE GASOLINA (Precios CIF en US $)		
10% Ahorro por Sensor Ox Gls		
Total Ahorro en Gls	4,000,000	6,000,000
Nuevo Consumo Total Gls	36,000,000	54,000,000
Costo CIF x Galón	0.775	0.725
Total Ahorro en US $	3,100,000	4,350,000

RESUMEN AHORRO ANUAL EN DIVISAS (Precios CIF en US $)	"Superior"	"Regular"
MANTENIMIENTO	1,320,000	1,980,000
REPARACIONES DE MOTOR	2,961,280	4,441,920
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	3,100,000	4,350,000
Total Ahorro Divisas	7,381,280	10,771,920
Costo adicional	0.027	0.045
Total costo adicional	(1.000,000)	(1,500,000)
Ahorro Neto Divisas	6,381,280	9,271,920
TOTAL AHORRO NETO EN DIVISAS		**US $ 15,653,200**

El ahorro neto potencial en divisas para el país será del orden de los 16 millones de dólares por año. De haber variación en los costos adicionales de la gasolina sin plomo, será fácil para el lector sustituir los valores en la tabla anterior multiplicandolos por la cantidad de galones y posteriormente recalcular el ahorro neto potencial en divisas.

Existe otro tipo de ahorro el cual es muy difícil de cuantificar, pero no por eso es menos importante. Al evitar el deterioro de la salud de la población en general y eliminar un contaminante que retarda el desarrollo de la inteligencia de los niños estaremos incrementando la productividad del recurso humano.

Como podemos ver, el proyecto es rentable. Ahora bien, el beneficio que estarán recibiendo la salud de la población y nuestro medio ambiente no tiene precio.

CAPITULO XIII

OPCIONES PARA INTRODUCIR LA GASOLINA SIN PLOMO

La introducción de gasolina sin plomo a Guatemala presentó ciertas complicaciones. Añadir un tercer tipo de gasolina en el mercado nacional era casi imposible por tres razones principales:

Primero, por el alto costo de la infraestructura necesaria para instalar nuevas bombas y nuevos depósitos, tanto en las gasolineras como en las plantas de almacenamiento, además del costo de la tierra.

Segundo, por razones operacionales. Manejar gasolina sin plomo al lado de la gasolina con plomo hubiera requerido de un cuidado muy especial en los sistemas de distribución, así como un control muy estricto por parte de las autoridades.

Tercero, por razones legales. El Reglamento para

Depósitos de Petróleo y sus Derivados especifica en su artículo 7 un límite de 20,000 galones para depósitos subterráneos para la venta (categoría B), el cual sería ampliamente rebasado con la adición de una tercera gasolina.

Esta disposición y otras tales como establecer una distancia mínima de 500 metros entre todas las nuevas estaciones de servicio carecen totalmente de sentido y limitan considerablemente las reservas de combustible con que puede contar el país en un momento de crisis. En los Estados Unidos se puede ver hasta tres gasolineras en un solo crucero, muchas de ellas rebasando ampliamente los 100,000 galones en sus depósitos.

Las opciones más viables a la vista fueron las siguientes:

1. Eliminar la gasolina "superior" con plomo y sustituirla por "superior" sin plomo. Así quedarían solamente dos gasolinas: "regular" con plomo y "superior" sin plomo.

2. Eliminar la gasolina "regular" con plomo y dejar en el mercado solamente dos gasolinas: una sin plomo y otra con plomo, ambas del mismo octanaje y en grado "superior". Una variante de esta opción era promediar en alguna medida este octanaje único situandolo en 92 RON. Así se reduciría un poco el costo y no se afectaría tanto a los motores de dos tiempos y otros que necesitan de gasolina de bajo octanaje para funcionar.

3. La tercera opción y la que finalmente se adoptó en Guatemala por iniciativa y decisión del Ministerio de Energía y Minas fue la de eliminar por completo la gasolina con plomo y conservar los mismos octanajes. Fue así como ahora solamente se distribuyen en Guatemala gasolina "regular" sin plomo y "superior" sin plomo. De esta manera se evitaron no solamente inversiones en infraestructura, sino posibles problemas de contaminación en los sistemas de distribución que le hubieran restado mucha efectividad al programa ambiental.

Antes de tomar esta decisión se estudiaron cuidadosamente todas las posibles complicaciones. Existía el problema de un posible daño en los asientos de las válvulas de los vehículos con motor de cuatro tiempos anteriores al año de 1971 que se usaran en condiciones severas, como recorridos a mucha velocidad o con mucha carga por períodos prolongados de tiempo. Se trataba de ponderar en un lado de la balanza un posible daño en una sola pieza (los asientos de las válvulas), en vehículos antiguos que no llegan a sumar un 10% del total de la flota y que pudieran ser usados en condiciones severas. En el otro lado de la balanza, el daño comprobado en todo el motor y otras piezas de vehículos "rodados" que conforman más del 20% del total de la flota, amén de los terribles efectos en el medio ambiente.

Sin embargo, se determinó que en Guatemala no se pueden

dar estas condiciones severas, ya que por un lado carecemos de autopistas y por el otro prácticamente todos los vehículos de carga están equipados con motores diesel.

Queda todavía la duda de qué puede pasar con otro tipo de vehículos. El caso de las motos de cuatro tiempos es igual al de los automóviles y no tiene complicaciones y las motos de dos tiempos carecen de válvulas y tampoco tienen problemas. Los tractores sí pueden funcionar bajo condiciones severas por períodos largos, pero se determinó que más del 99% tienen motores diesel, a excepción de algunos tractores pequeños de jardín que por lo general paran y arrancan continuamente. Otro caso similar es el de los motores marinos; las unidades que se usan para trabajo también son de dos tiempos y los motores de cuatro tiempos solamente se encuentran en botes de recreo, provenientes de los Estados Unidos y por lo tanto fabricados para el uso de gasolina sin plomo. Finalmente, se encontró que los aviones sí son usados por períodos largos de tiempo y con mucha carga y hay un gran número de unidades en uso con motores de cuatro tiempos con veinte y más años de antiguedad. Por lo tanto se permitió que únicamente la gasolina de avión pueda ser distribuida con un contenido mínimo de plomo (para lubricar las válvulas se necesita solamente de 0.1 gramos por galón). Esta gasolina no representa problema ya que por seguridad los sistemas de distribución de la gasolina de avión son completamente separados.

En algunos países se ha magnificado el argumento de los asientos de las válvulas, principalmente por personas o entidades para quienes el cambio a gasolina sin plomo significa hacer inversiones adicionales. Es por esto que se oponen tenazmente al cambio.

Para aclarar este punto, pensemos por un momento en una balanza que nos indica qué queremos proteger.

En el lado derecho pondremos las cosas que protegemos con gasolina sin plomo:

1. La salud de la población.

2. Acceso a la tecnología moderna.

3. En carros "rodados" protegemos las siguientes piezas:
   - Catalizador
   - Sensor de oxígeno
   - Válvulas
   - Pistones
   - Anillos

4. En carros de agencia protegemos las siguientes piezas:
   - Bujías
   - Tubo de escape
   - Aceite
   - Motor en general

Ahora pongamos en el lado izquierdo de la balanza las cosas que protegemos con gasolina con plomo:

1. En carros antiguos que son usados en condiciones extremas y cuyo motor no ha sido renovado protegemos las siguentes piezas:

   Válvulas

Es fácil ver que la balanza se inclinará para el lado derecho. Además, para estos carros antiguos existen las siguientes opciones:

1. Mantener gasolina con plomo en el mercado.
2. Usar plomo solamente como lubricante.
3. Usar un sustituto de plomo en la formulación de la gasolina.
4. Usar un sustituto de plomo para añadirlo al tanque de gasolina del automóvil.
5. Cambiar asientos de válvulas.
6. No usar el vehículo en condiciones extremas.

Las dos primeras opciones plantean los siguientes problemas:

A. Problemas de contaminación en el manejo de los combustibles.

B. No se puede garantizar el uso de los catalizadores.

C. Problemas de suministro de gasolina con plomo en el mercado mundial.

D. Costo de instalar bombas y depósitos adicionales.

Finalmente, quiero presentar dos argumentos adicionales:

1. La tendencia en el mercado mundial es reducir el suministro de gasolina con plomo.
2. El cambio a gasolina sin plomo se tiene que hacer tarde o temprano.

Como podemos ver, el argumento de los asientos de las válvulas carece de peso. La práctica corrobora nuestra posición. En Guatemala hay gasolina libre de plomo desde octubre de 1991. Los vehículos comerciales recorren un promedio de 50,000 kms. por año, por lo que a estas alturas ya recorrieron aproximadamente 100,000 kms. usando gasolina sin plomo. No ha sido reportado ningún problema fuera de lo normal en los asientos de las válvulas.

Una razón más para quitar de golpe el plomo de la gasolina.

CONCLUSIONES

El programa de introducción de gasolina sin plomo a Guatemala es un programa ambiental que, a diferencia de otros, va de la mano con la economía. El ahorro en piezas de mantenimiento, en reparaciones de motor y en consumo de combustible que permite esta gasolina la hacen una inversión rentable. Ahora bien, al beneficio que estarán recibiendo la salud de la población y el medio ambiente no se le puede poner precio.

Guatemala no puede continuar en la cómoda posición de observador en la lucha contra la contaminación ambiental, ni tampoco puede ignorar la corriente mundial del creciente número de países responsables que adoptan medidas cada vez más universales y que eventualmente nos hubiera obligado a hacer cambios estructurales que mientras más tardados hubiesen sido más traumáticos y más difíciles de adoptar.

Hacer disponible la gasolina sin plomo es solamente el

primer paso, con lo cual se dejaron sentadas las bases para establecer un control de emisiones obligatorio.

Al hacer obligatorios los catalizadores pretendemos que a largo plazo todos los vehículos en Guatemala estén funcionando con motores controlados. A los escépticos desde ya les decimos que mientras más tarde comencemos más grave será el problema que heredaremos a nuestros hijos.

La campaña contra el humo negro no ha tenido el éxito esperado debido a la tímida participación de las autoridades involucradas. Por el otro lado el gobierno debe dejar de incentivar el consumo del diesel por medio impuestos más altos a la gasolina.

Es imperativo iniciar la lucha contra la contaminación ambiental pero desde un punto de vista pragmático, que nos permita tomar acciones congruentes con la realidad del país y no limitarnos a copiar leyes y estándares de países industrializados que desde un principio estarán condenadas al fracaso.

La Gremial de Distribuidores de Vehículos Automotores perdió un arma de venta contra los carros "rodados". Las compañías petroleras tuvieron que sufrir molestias por los cambios en sus sistemas de operación. La refinería local tuvo que hacer una gran inversión en depósitos para MTBE. Pero podemos estar seguros que se tomaron las medidas más

correctas para la economía y el medio ambiente del país. Problemas nacionales deben enfrentarse con soluciones a nivel nacional, teniendo siempre presente el bien de la comunidad aunque algunos de los sectores involucrados tengan que hacer ciertos sacrificios.

En 1970 Estados Unidos celebró el primer Día de la Tierra. Veinte años después, se celebró por segunda vez el Día de la Tierra, con las pretensiones de que se celebre en todo el mundo y marque el inicio del Decenio del Medio Ambiente. En Guatemala lo recibimos con actividades conmemorativas cuando en realidad lo que se necesita son hechos concretos como el cambio a gasolina sin plomo. No olvidemos que una cosa trae a la otra. Es nuestra esperanza que el éxito que estamos seguros de obtener en este programa sirva de ejemplo para que otros sectores de la comunidad tomen actitudes similares. La contaminación por el diesel es el siguiente paso lógico. Después, quizás las industrias.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones técnicas

La gasolina sin plomo podrá ser usada en cualquier vehículo sin necesidad de hacer ningún ajuste.

En el caso de los carros "rodados", si se desea recuperar el consumo normal de combustible se recomienda cambiar el sensor de oxígeno. Si se desea recuperar la función puramente ambiental del catalizador habrá que cambiarlo, aunque antes será necesario verificar la condición del resto de los controles de emisiones.

Es bueno dejar en claro que no se obligó a nadie a cambiar su catalizador y se advirtió al público para que no se dejara sorprender. Como lo mencionamos anteriormente, esto se hizo obligatorio para futuras importaciones a partir de 1993 y no en forma retroactiva. Esto es opcional para cualquier propietario de un vehículo "rodado" que quiera

contribuír a limpiar nuestro medio ambiente y no tiene nada que ver con el funcionamiento del motor.

Si se diera el caso de que un carro antiguo tenga que funcionar con gasolina sin plomo en situaciones extremas, el posible deterioro de los asientos de las válvulas puede ser evitado con el uso de aditivos para la gasolina, los cuales están disponibles en el mercado a un costo razonable. Existen tablas donde se listan todos los vehículos que pueden funcionar con gasolina sin plomo en situaciones extremas; el resto deberá de usar un aditivo. Estos aditivos también se puede añadir directamente en la formulación de la gasolina.

Recomendaciones para introducir la gasolina sin plomo

Después de la experiencia obtenida con el cambio a gasolina sin plomo en Guatemala, nos atrevemos a formular algunas recomendaciones de carácter muy general, que pueden ser de utilidad para cualquier país que desee comercializar la gasolina sin plomo y comenzar un programa ambiental completo dirigido a evitar la contaminación del aire.

Si las circunstancias lo permiten, la medida más práctica es eliminar la gasolina con plomo de un solo golpe, al igual que se hizo en Guatemala.

De no ser posible, se debe de sustituir una de las gasolinas con plomo por gasolina sin plomo, para no tener que hacer inversión en infraestructura. En este caso habrá gasolina sin plomo al lado de la gasolina con plomo, lo cual implica que se debe de tener sumo cuidado con los equipos de distribución para evitar la contaminación. También es aconsejable que las dos gasolinas tengan el mismo precio, o bien que la gasolina sin plomo tenga un precio menor. Esto es por razones puramente ambientales. Sólo así se evitará su uso inadecuado, ya que por muy pequeña que sea la diferencia una buena parte del público por una malentendida economía comprará la gasolina más barata y no necesariamente la adecuada para su vehículo.

El cambio de la estructura del mercado de las gasolinas debe de ser seguido de una campaña de educación al público. A pesar de que equiparando los precios no habría ningún aliciente para "cruzar" los combustibles, siempre será necesario informar al público de cuál es la gasolina adecuada para su vehículo. Esta campaña también debe de incorporar elementos dirigidos a formar una "conciencia ambiental" a nivel nacional.

Lineamentos para legislar

El grado de pobreza y subdesarrollo en que se encuentran nuestros países ejerce una presión considerable sobre

nuestro medio ambiente a todo nivel, afectando no solamente la salud del hombre sino que también la vida animal y vegetal. El papel del legislador es crucial para resolver estos problemas y el hecho de que una ley sea o no operativa después de promulgada depende en gran parte del criterio con el que haya sido formulada.

Generalmente caemos en la tentación de copiar leyes y estándares de países industrializados que desde un principio demuestran no ser viables. En el caso de las emisiones de gases, nuestros países no tienen la capacidad económica ni el conocimiento técnico para adquirir, mantener y operar equipos sofisticados para la medición y el control de las emisiones de gases. Sin embargo, con ciertas medidas de tipo práctico podemos controlar la mayor parte de estas emisiones. El punto es que el legislador debe de ser pragmático.

Bajo este concepto, consideramos que a nivel centroamericano un programa para el control de las emisiones de gases producidas por los vehículos automotores puede ser muy efectivo cumpliendo los siguientes pasos:

1. Cambio a gasolina sin plomo:

Este es el primer paso. Al efectuar el cambio a gasolina sin plomo se está eliminando en forma directa el plomo como

uno de los principales contaminantes de la gasolina.

La gasolina sin plomo es también el instrumento que nos permite usar motores equipados con controles de emisiones, para así poder controlar el resto de los gases contaminantes.

Si se tiene refinería en el país se recomienda darle un tiempo prudencial de no menos de seis meses para efectuar los cambios necesarios en sus equipos para poder producir gasolina sin plomo.

2. Obligatoriedad al uso de controles de emisiones:

Una vez introducida la gasolina sin plomo, se debe dar un plazo perentorio a los distribuidores para que los vehículos de gasolina que se importen estén equipados con controles de emisiones de gases.

Este es un programa que pretende cambiar la flota a largo plazo y no en forma retroactiva, ya que un catalizador por sí solo no sirve de nada; es parte de un complejo sistema de control de emisiones que incluye modificaciones internas del motor que deben de ser hechas por el fabricante.

Para no hacer inversión en equipos de medición se debe aceptar certificados de los fabricantes válidos para países en donde sean obligatorios los controles de emisiones de gases.

3. Control de Funcionamiento:

Tener los mecanismos de control de emisiones puede no ser suficiente ya que la falta de mantenimiento puede hacerlos inoperantes. Se debe establecer un programa de revisiones periódicas para verificar que estén funcionando correctamente. En este momento se podrá definir cuales son los niveles de gases aceptables.

El método más efectivo es que el gobierno califique y posteriormente de licencia a centros de servicio privados que reúnan las condiciones necesarias para poder efectuar las revisiones; estos centros podrán emitir certificados de revisión a los propietarios de los vehículos.

Propuesta de ley para emisiones de gases

LEY PARA EL CONTROL DE EMISIONES
DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES

DECRETO NUMERO _____

EL CONGRESO DE LA REPUBLICA DE _____

CONSIDERANDO:

Que las emanaciones de gases producidas por los vehículos automotores accionados por motor de combustión interna son perjudiciales para la salud y el bienestar de la población y cuyos efectos además de afectar al hombre se extienden a nivel de ecosistema en detrimento de la vida animal y vegetal en general.

POR TANTO

DECRETA

Artículo 1.-Se fija un plazo que vencerá el _____ para que todos los vehículos terrestres automotores comerciales y de pasajeros con motor de combustión interna sean ajustados de manera que no excedan los niveles máximos permisibles de emisiones de gases.

Artículo 2.- Se fija un plazo que vencerá el _____ para que todos los vehículos terrestres automotores comerciales y de pasajeros de dos o más ejes nuevos o usados accionados por motor de combustión interna de gasolina que se importen al país y que hayan sido fabricados a partir del modelo ____ en adelante estén equipados con controles de emisiones de gases, de manera que cumplan con los requerimientos de emisiones y estén certificados para ser comercializados en los mercados de cualquiera de los

siguientes países:

a) Estados Unidos de Norteamérica.
b) Canadá.
c) Comunidad Económica Europea.
e) México.

Artículo 3.- Los vehículos accionados por motores de combustibles alternos con o sin conversión a gasolina estarán afectos a las disposiciones de esta ley.

Artículo 4.- La Dirección General de la Policía Nacional será la responsable de verificar previo a entregar la placa de circulación que todo vehículo con motor de gasolina modelo ____ en adelante esté certificado de acuerdo al Artículo 2 de esta ley.

Artículo 5.- Los propietarios de los vehículos afectos a esta ley serán responsables de que los dispositivos para el control de emisiones de gases no sean removidos de su vehículo, excepto para las operaciones normales de mantenimiento y recambio de piezas. Al propietario que contravenga esta disposición se le aplicarán las sanciones que fije la ley de la materia.

Artículo 6.- En caso de duda en la aplicación de esta ley se deberá de pedir expertaje a la agencia distribuidora autorizada en el país, o en su defecto a los talleres

autorizados por CONAMA.

Artículo 7.- Se exceptúan de esta disposición los tractores y maquinaria agrícola y de construcción diseñados para el uso normal fuera de carretera, así como motocicletas, vehículos de carreras y vehículos de colección o de interés histórico.

Artículo 8.- Cualquier violación a las disposiciones contenidas en esta ley podrán ser denunciadas a la Comisión Nacional del Medio Ambiente o ante la Dirección General de la Policía Nacional.

Artículo 9.- Transitorio. El Ministerio de Gobernación deberá proceder a elaborar en el plazo de noventa días, contados a partir de la vigencia de la presente ley, el reglamento que contenga las regulaciones relativas a las inspecciones periódicas de los vehículos, así como las sanciones por el incumplimiento de las normas contenidas en esta ley.

Propuesta de reglamento

REGLAMENTO DE LA
LEY PARA EL CONTROL DE EMISIONES
DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES

ACUERDO GUBERNATIVO NUMERO _____

EL MINISTERIO DE GOBERNACION

CONSIDERANDO:

Que en cumplimiento de lo dispuesto en el Decreto Legislativo Número _____, es necesario emitir el Reglamento correspondiente

POR TANTO

ACUERDA

CAPITULO I

DEL OBJETO DEL REGLAMENTO

Artículo 1.-El presente Reglamento desarrolla los preceptos de la Ley en cuanto ésta lo dispone expresamente, así como en los casos en que es necesario normar el proceso administrativo para calificar las certificaciones de emisiones de gases así como los procedimientos para verificar al adecuado funcionamiento de los controles de emsiones de gases.

CAPITULO II

DE LOS CERTIFICADOS

Artículo 2.-De acuerdo a los artículos 2, 3 y 4 de la Ley, la Dirección General de la Policía Nacional, previo a entregar la matrícula de circulación a los vehículos automotores con motor de gasolina modelo ____ en adelante, deberá proceder a verificar que estén certificados en lo referente a emisiones de gases de la siguiente forma:

1. Vehículos importados por los distribuidores autorizados por el fabricante: El fabricante deberá emitir un certificado por cada modelo básico en donde se hace constar que está equipado en lo relacionado a emisiones de gases para cumplir con los estándares permisibles para ser comercializados en cualquiera de los siguientes mercados:

   a) Estados Unidos de Norteamérica.

   b) Canadá.

   c) Comunidad Económica Europea.

   e) México.

2. Vehículos importados por personas diferentes a los distribuidores autorizados por el fabricante: Desde el momento en que para circular en cualquiera de los países comprendidos en los mercados mencionados en el inciso número 1 de este artículo se requiere haber cumplido con los requerimentos de emisiones de gases de los mismos, se considerarán certificados en la materia los vehículos que tengan matrícula de circulación vigente de cualquiera de estos países.

Artículo 3.-El certificado del fabricante deberá incluír como mínimo los siguientes datos: marca y modelo del vehículo, modelo del motor, tipo de combustible, cilindrada y un diagrama describiendo los controles de emisiones de gases con los que está equipado. Asímismo deberá informar cuáles son los valores máximos de emisiones para ese modelo de Monóxido de carbono (CO) medidos en ralentí para poder ser comercializado en cualquiera de los mercados arriba mencionados.

Artículo 4.-El certificado del fabricante se hará para cada modelo básico y será válido para el año en curso, no importando cuántas unidades se importen del mismo modelo.

Artículo 5.-Se aceptarán certificados del fabricante válidos para vehículos destinados a ser comercializados en cualquier país que emitiese regulaciones de emisiones de gases cuyos valores de emisiones sean iguales o más altos que cualquiera de los países mencionados en el artículo 2 inciso 1 de esta ley.

Artículo 6.-Los certificados del fabricante indicarán que el modelo de vehículo en cuestión cumple con los valores de emisiones aceptables para ser comercializado en cualquiera de los países mencionados en el artículo 2 inciso 1 o bien en el artículo 5 de esta ley sin importar si en la práctica es realmente comercializado en ese país.

Artículo 7.-Los vehículos ingresados al país antes de _____ estarán afectos al Artículo 1 de la Ley y exentos de cumplir con las disposiciones de los artículos 2, 3 y 4.

CAPITULO III

DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS CONTROLES DE EMISIONES GASES

Artículo 8.-La verificación del funcionamiento de los vehículos automotores en lo referente a emisiones de gases se efectuará a través de talleres automotrices debidamente autorizados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA.

Artículo 9.-Para poder ser certificados por CONAMA los talleres deberán estar equipados con medidores de monóxido de carbono (CO) en buen estado de funcionamiento y medidores de hollín, así como personal calificado para el manejo de los mismos.

Artículo 10.-Previo a obtener placas de circulación por primera vez cualquier vehículo deberá demostrar ante la Dirección General de la Policía Nacional que está certificado en lo referente a emisiones de gases de acuerdo al Capítulo II de este reglamento.

Artículo 11.- Para poder hacer efectivo el impuesto de circulación se deberá presentar un certificado de revisión vigente emitido por cualquiera de los talleres autorizados por CONAMA. Los vehículos recién ingresados al país que estén solicitando placa de circulación por primera vez estarán exentos de esta disposición.

Artículo 12.-El certificado de los talleres autorizados se hará en papel membretado de la empresa en donde se indicará el nivel de emisiones que emita el vehículo. Estos certificados deberán ser firmados por el representante legal de la empresa y tendrán validez por dos años. Los niveles máximos permisibles de emisiones serán los siguientes:

Vehículos de gasolina anteriores a ____:

CO: 4.5% máximo medido en ralentí.

Vehículos de gasolina modelo ---- en adelante:

CO: 0.5% máximo medio en ralentí.

Vehículos diesel:

Hollín: 5 unidades Bosch medidos desde ralentí hasta el corte de revoluciones del motor.

Artículo 13.-En caso que el vehículo exceda los niveles permisibles deberá ser reparado previo a obtener el certificado. Para el efecto el propietario estará en libertad de repararlo donde así lo desee antes de someterlo nuevamente a revisión en un taller autorizado por CONAMA.

CAPITULO IV

DE LAS SANCIONES

Artículo 14.-La Comisión Nacional del Medio Ambiente y la Dirección General de la Policía Nacional, ordenarán inmediatamente la investigación de toda denuncia que se presente de cualquier violación a las disposiciones del Decreto _____ del Congreso de la República. También deberán investigar de oficio, en caso de tener conocimiento propio sobre tales infracciones. La Dirección General de la Policía Nacional deberá de hacer mediciones selectivas de emisiones de gases en las calles y carreteras del país. Para ello deberá adquirir el equipo necesario así como tomar medidas para la capacitación de personal.

Artículo 15.-Los propietarios de los vehículos que remuevan cualquiera de los controles emisiones de gases, serán sancionados con una multa equivalente al 2% del valor del avalúo fiscal del vehículo.

Artículo 16.-Los propietarios o representantes legales de talleres autorizados por CONAMA que emitan certificados a vehículos cuyos sistemas de control de emisiones de gases les hayan sido removidos parcial o totalmente o bien a vehículos que en el momento de la revisión excedan los valores permisibles de emisiones, serán sancionados:

a) La primera vez: con una multa equivalente al 2% del avalúo fiscal del vehículo correspondiente y suspensión

durante 2 años de la autorización que le hubiere extendido CONAMA.

b) La segunda vez: con la misma multa y cancelación definitiva de dicha autorización.

Artículo 17.-Los vehículos que excedan los valores de emisiones permisibles en las revisiones efectuadas por la Dirección General de la Policía Nacional serán sancionados recogiéndoles las placas de circulación. El vehículo será retirado con grúa a costo del propietario. Las placas serán devueltas hasta que sea reparado y se obtenga un certificado de emisiones de un taller autorizado.

Artículo 18.- Las sanciones establecidas en los artículos 15 y 16 serán impuestas por el tribunal competente, ante el cual deberá cursarse la denuncia; sin perjuicio de responsabilidades por hechos delictivos conexos que el infractor hubiere cometido.

Artículo 19.-Los funcionarios servidores de la Dirección General de la Policía Nacional, de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y de cualquiera otra entidad del Estado, que incurran en infracción a las disposiciones del Decreto Número _____ del Congreso de la República o de este reglamento, serán sancionados de conformidad con la Ley de Servicio Civil y demás disposiciones legales y reglamentarias de cada institución.

CAPITULO V

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS

Artículo 20.-El Ministerio de Gobernación, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y demás entidades del Estado, que tengan relación con la aplicación del Decreto _____ del Congreso de la República y de este reglamento emitirán las disposiciones complementarias que sean necesarias, para dichos efectos.

Artículo 21.-Los casos no previstos serán resueltos por conducto del Ministerio de Gobernación y la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

COMUNIQUESE.

APENDICE

Algunos Principios Básicos de Química

Para una mejor comprensión de los capítulos III y IV, expondremos algunos conceptos muy elementales de química relacionados con los combustibles que nos serán muy útiles para comprender su composición y las reacciones que se producen.

Un material puede ser dividido mecánicamente hasta que las partículas que aparezcan pierdan por completo su cohesión. A estas partículas se les llama moléculas y aparecen, por ejemplo, al triturar o pulverizar un cuerpo sólido. Las moléculas de un mismo material tienen todas las mismas propiedades.

Las moléculas se pueden descomponer también por la vía química, como por ejemplo la aplicación de calor donde aparecen partículas más pequeñas llamadas átomos. Las moléculas constan de varios átomos iguales o diferentes y los materiales que constan de átomos iguales se llaman

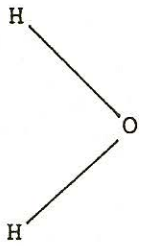
elementos. Hasta hoy se han determinado más de 100 elementos diferentes.

Los átomos se unen entre sí sólo bajo determinadas condiciones. Algunos lo hacen fácilmente, otros necesitan para ello ayuda como los catalizadores, mientras que otros se repelen. Un catalizador es una sustancia que por su sola presencia acelera una reacción química, sin alterar por ello su composición.

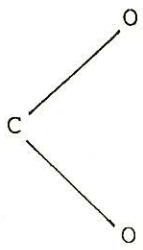
La mayor parte de las moléculas están compuestas por diferentes elementos y como resultado de esto aparece una estructura química. La composición de la molécula puede conocerse por la fórmula química, la cual indica el número de los átomos. Por ejemplo, el agua se obtiene por la combinación de dos átomos de hidrógeno más un átomo de oxígeno y su fórmula química es H_2O. Como mejor se representa este proceso es mediante la fórmula estructural.

Productos de la combustión de los hidrocarburos en un motor de combustión interna:

H_2O (Agua)



CO_2 (Dióxido de Carbono)



Advertencias a los talleres mecánicos.

Al usar gasolina sin plomo se deben esperar los siguientes cambios:

1. El color adentro del tubo de escape cambiará. Con gasolina sin plomo se presenta un color grisáceo o café claro debido a que el plomo prácticamente "pinta" el escape por dentrol. Al usar gasolina sin plomo el escape tendrá color negro.

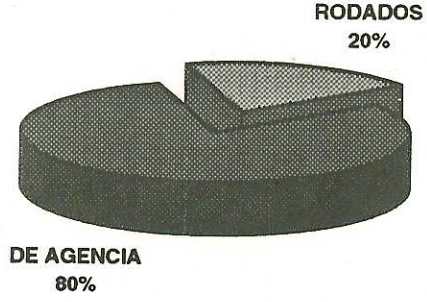
2. Lo mismo se puede decir de las bujías. El color de quemado normal cambiará de gris o café claro a negro en el perímetro y café oscuro en el centro. Es por esto que en muchos manuales de bujías se presenta la foto de dos bujías con diferente color ambas como condiciones normales de quemado.

3. El olor del escape será más concentrado porque la gasolina sin plomo es más rica en aromáticos. Esto se

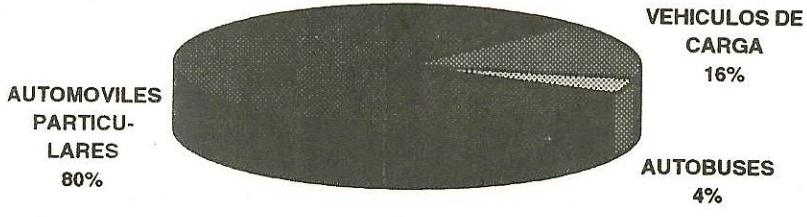
sentirá en carros sin catalizador solamente.

4. Pueden ocurrir problemas de arranque en frío principalmente en vehículos en almacenamiento que son arrancados esporádicamente por unos minutos. Esto es cierto en vehículos carburados con estrangulador manual. Las bujías pueden ahumarse a tal punto que la corriente se va a tierra y el motor no arrancará. Comparando, la gasolina con plomo tiene mejores características de quemado en frío. Además la gasolina sin plomo es más rica en aromáticos. Por lo tanto en climas cálidos o templados como el de Guatemala se considera innecesario usar el estrangulador manual. De esta manera se evitará el problema.

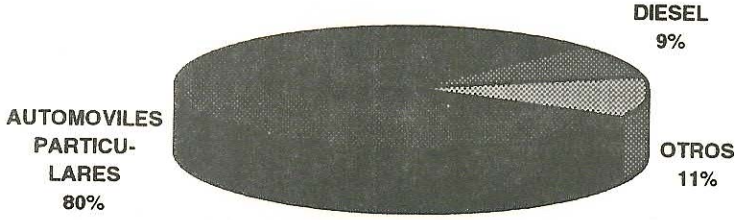
GRAFICA 1
PARTICIPACION DE LOS VEHICULOS "RODADOS"
EN EL TOTAL DEL MERCADO DE AUTOMOVILES
GUATEMALA, MARZO 1990



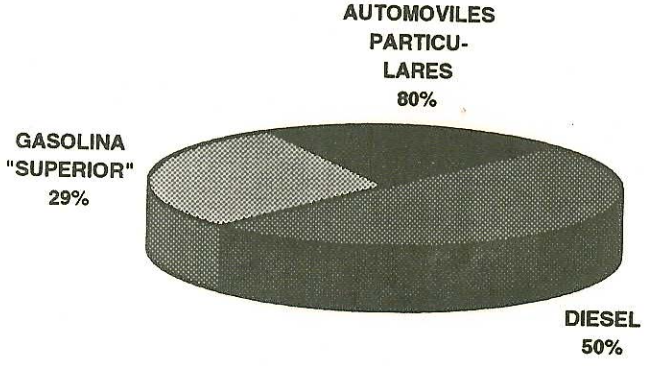
GRAFICA 2
PARQUE AUTOMOTOR DE GUATEMALA
TIPO DE VEHICULOS
GUATEMALA, MARZO 1990



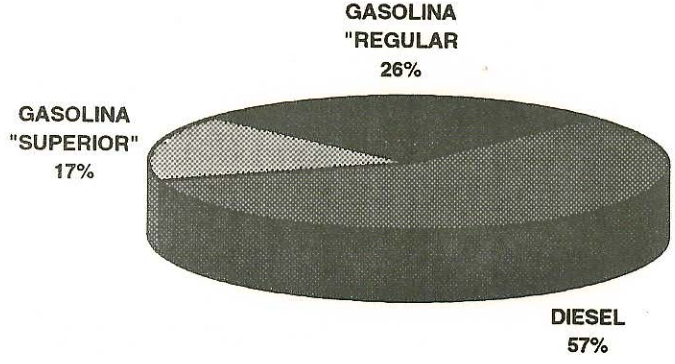
GRAFICA 3
USO DE COMBUSTIBLES EN LOS VEHICULOS AUTOMOTORES
GUATEMALA, MARZO 1990



GRAFICA 4
CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN GUATEMALA SERVIDO EN BOMBAS
(MEDIDO EN BARRILES, AÑO 1989)



GRAFICA 5
CONSUMO TOTAL DE BARRILES EN GUATEMALA
(MEDIDO EN BARRILES, AÑO 1989)



GLOSARIO

Aditivos Agentes. Productos elaborados a partir del petróleo que sirven para mejorar determinadas propiedades, modificarlas o conseguir otras totalmente nuevas.

Aromático Combustible con olor aromático producto del proceso de reformado. Se caracteriza por su alta potencia y su resistencia a la detonación del motor.

Catalizador Agente que acelera los procesos químicos y los controla en la dirección adecuada. Nombre común que se da a los convertidores catalíticos.

Combustión Rápida combinación de oxígeno con otras sustancias, principalmente carbón, con la consecuente liberación de energía.

Convertidor catalítico Dispositivo colocado en el tubo de escape de los vehículos con motor de gasolina para acelerar

el proceso de combustión y reducir el nivel de emisiones. Se le llama incorrectamente catalizador.

Destilados Fracciones de aceites minerales que son obtenidas por destilación del petróleo crudo sin tratamiento adicional.

Detonación Picado. Perturbaciones en la combustión cuando la antidetonancia del combustible es inferior a la exigida por el motor.

Etanol Alcohol metílico técnicamente puro con elevada resistencia a la detonación. Se produce mediante la fermentación.

Hidrocarburo Hidrocarbono. Compuesto orgánico cuya estructura química está formada de carbono e hidrógeno.

Metano Componente fundamental del gas natural. Es el hidrocarburo de molécula más sencilla.

Metanol Alcohol metílico técnicamente puro con elevada resistencia a la detonación. Se produce mediante la síntesis.

Monóxido de carbono Gas incoloro e inodoro muy venenoso que constituye una gran proporción del total de las sustancias nocivas de los gases de escape de los motores de combustión

interna.

Octanaje Parámetro para medir la capacidad de la gasolina a resistir la detonación.

Oxidación Combinación del oxígeno con un cuerpo.

Oxidos de nitrógeno Llamados también óxidos azoicos. Producto de la combinación de oxígeno con nitrógeno debido a las altas temperaturas en la cámara de combustión de un motor.

Ozono Oxidante producto de una reacción fotoquímica cuando los hidrocarburos no quemados se concentran en la atmósfera y chocan con los rayos del sol.

Propano Hidrocarburo saturado gaseoso empleado como combustible. Es un subproducto del gas natural. También puede obtenerse del petróleo.

Refinados Productos de petróleo que han sido depurados en un proceso de refinación.

Sensor de oxígeno Sonda lambda. Dispositivo hecho de cerámica que detecta la concentración de oxígeno en los gases de escape.

Smog Niebla espesa con humo. Oxidantes. Compuestos químicos producto de una reacción fotoquímica cuando los hidrocarburos no quemados se concentran en la atmósfera y chocan con los rayos del sol. Entre ellos está el ozono.

Volatilización Vaporización de un líquido en su superficie libre, pasando al aire a temperatura inferior a la de ebullición.

BIBLIOGRAFIA

Libros

The Air Environment.

Bosch. Manual de la Técnica del Automóvil. 1a. Edición Española

H. Gerschler, Stuggart. Tecnología del Automóvil. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). Editorial Reverté, S.A.

Trabajo de Tesis por María Eugenia Pinto Paiz. Determinación de Residuos de Plomo en Materia Prima y Productos Enlatados de Tomate Y Frijol. USAC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Julio, 1983.

Publicaciones periódicas

Society of Automotive Engineers. Automotive Gasoline. SAE J312b Information Report.

Toyota Motor Corporation. Automotive Petroleum Products. Pub. No. GST004E

Toyota Motor Corporation. Sistema de Control de Emisiones. Pub. No. TTM204S

Toyota Motor Corporation. Outline of Toyota Catalyst System TTC-C. Mayo 21, 1975.

Toyota Motor Corporation. Manual de Propietario. Toyota 4 Runner. 1992.

General Motors. Manual de Propietario. GMC Truck. 1992.

G. Hamm. G. Burk. Tablas de la Técnica del Automóvil. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). Editorial Reverté, S.A.

Exxon Company, U.S.A. Technigram. Boletín Informativo. 1o. de Abril, 1974.

OLADE. Sistema de Información Económica Energética (SIEE). Boletín. Octubre, 1990.

Commercial Carrier Journal. Engines & Emissions. Equipment Considerations. Marzo, 1989.

Oil & Gas Journal. Agosto 27, 1990.

Grupo Royal Dutch\Shell. Ciencia y Tecnología Shell. Gasolina. Revista.

Car. Revista Alemana de Automovilismo. Julio, 1989.

Autoweek. Revista de Automovilismo (EUA). Diciembre 17, 1990.

Quattroruote. Revista Italiana de Automovilismo. Agosto, 1988.

Visión. Revista latinoamericana. Octubre 15, 1990.

TIME. Revista (EUA). Febrero 25, 1991. Julio 22, 1991.

Fellowship of Postgraduate Medicine. Postgraduate Medical Journal. Abril 1989, Vol.65, No.762.

Documentos públicos

Ministerio de la Defensa Nacional. Reglamento para Depósitos de Petróleo y sus Derivados. Guatemala, 10 de octubre de 1962.

Banco de Guatemala. Estadísticas de Importación de Vehículos a Guatemala. 1983-1988.

Instituto Nacional de Estadística. Estadísticas de Importación de Vehículos a Guatemala. 1978-1985.

Ministerio de Finanzas. Estadísticas del Departamento de Circulación de Vehículos.

Secretaría del Consejo Nacional de Planificación Económica. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Ministerio de Energía y Minas. Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo de las Naciones Unidas. Proyecto de Planificación Energética (Gua/81/002). Volumen I - Lineamientos de Política Energética. Febrero de 1987

Commission on Natural Resources. Washington, D.C. 1981. Testing for Effects of Chemicals on Ecosystems. A Report by the Committee to Review Methods for Ecotoxicology. H.W.

Nurnberg. Pollutants and their Ecotoxicological Significance. Federal Republic of Germany.

Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Criterios de Salud Ambiental 3. Plomo. Publicación Científica No. 388. 1979.

Documentos privados

Esso Caribbean and Central America. Petroleum Products Supply/Pricing Presentation. Guatemala, Septiembre 1986.

Esso Caribe y Centroamérica. Sistema de Abastecimiento y Precios de Productos de Petróleo. 1991.

Texaco en Beacon. Mercadeo de Gasolinas sin Plomo, Efectos Técnicos, Ambientales y de Costo. Conferencia por Salvatore J. Rand, Ph.D. Guatemala, 11 de Septiembre de 1990.

Gremial de Distribuidores de Vehículos Automotores. Estadísticas de Importación de Vehículos a Guatemala. 1983-1988.