

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



TRABAJO DE DIPLOMA

**TÍTULO: ESTUDIO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA
ENERGETICA EN LA EXPLOTACION DEL
TRANSPORTE AUTOMOTOR Y LA DISMINUCION DE
LA CONTAMINACION ATMOSFERICA**

AUTOR: ROHAN JOHN BAPTISTE

TUTOR: MSc. REINALDO MARTINEZ MARTINEZ

SANTA CLARA, JUNIO DE 2006

“AÑO DE LA REVOLUCION ENERGETICA EN CUBA”

Resumen

En este trabajo se estudian las formas de aumentar la eficiencia energética en la explotación de transporte automotor y disminuir la contaminación ambiental. El desarrollo acelerado de la crisis del petróleo ha estimulado notablemente esta temática. Las principales vías para incrementar la eficiencia energética están encaminadas hacia una explotación adecuada que tomará en cuenta: servicios técnicos, metodologías para la conducción eficiente, programas de renovación vehicular, cálculo y control de las índices de eficiencia energética, racionalización del transporte de mercancías, empleo del diagnóstico para evaluar la situación energética de las empresas y el uso de dispositivos para ahorrar combustible. Por otra parte habrá que hacer cambios tecnológicos en los nuevos vehículos con mejoras en las tecnologías convencionales; implementar los nuevos sistemas de propulsión basados en tecnologías de punta; promover las tecnologías más eficientes para instruir a los consumidores en decisiones sobre compra de vehículos; mejorar la capacidad vial, el flujo vehicular, los sistemas de tránsito en sentido general y mejorar los patrones de urbanización.

Con la aplicación de sistemas estrictos de regulación tecnológica y funcional, de inspección y vigilancia vial a los sistemas de transporte, con énfasis especial en las emisiones contaminantes de la atmósfera se lograra aumentar la eficiencia energética en el transporte automotor.

Está demostrado que la calidad del aire es afectada por el transporte automotor por contaminación tóxica, calentamiento global y ruidos, lo que influye sobre el hombre, animales, plantas, construcciones y provoca cambios climáticos y existen vías principales que pueden disminuir los impactos ambientales son: tratamiento directo de los contaminantes, incremento de la eficiencia energética, empleo de combustibles alternativos y nuevos tipos de propulsión de los vehículos.

Summary

In this work various forms are studied of how to increase the energy efficiency in the exploitation of automotive transport and how to decrease the environmental contamination. The rapid development of the petroleum crisis is notably stimulated in this work. The main ways to increase the energy efficiency are guided toward the appropriate exploitation which will take into consideration: technical services, methodologies for efficient driving, vehicular renovation programs, calculation and control of energy efficiency indexes, rationalization for goods transport, employment of a diagnosis to evaluate the energy situation of companies and the way to save fuel. On the other hand it will be necessary to make technological changes in new vehicles with improvements to conventional technologies; implement new propulsion systems based on advanced technologies; promote the use of efficient technologies, instructing consumers on making decisions for purchase of vehicles; to improve the road capacity, the vehicular flow, the traffic systems in general and to improve the urbanization patterns.

With the application of strict technological systems and functional regulation, inspection and surveillance of road transport systems, with special emphasis on the polluting emissions to the atmosphere it is possible to increase the energy efficiency in the automotive transport.

It is demonstrated that the quality of the air is affected by automotive transport by toxic contamination, global heating and noises, with negative influences on human, animals, plants, constructions, causes climatic changes and the main ways to decrease the environmental impacts are: direct treatment of the pollutants, increment of energy efficiency, employment of alternative fuels and new types of propulsion vehicles.

ÍNDICE.	Pág.
INTRODUCCIÓN.	I
Interrogaciones de la Investigación.	V
Hipótesis de Trabajo.	V
Objetivo General.	V
Objetivos Específicos.	V
CAPÍTULO I: Impactos Ambientales producto de la Explotación del Vehículo Automotor.	
1.1 Agotamiento de las reservas de Combustibles fósiles	1
1.2 Contaminación Ambiental	2
1.2.1 Impactos Ambientales	2
1.2.1.1- Contaminación por Sustancias Tóxicas	3
1.2.1.1.1- Afectación al Hombre, Plantas y Animales	4
1.2.1.1.2- Lluvia ácida	5
1.2.1.1.3- Smog o Niebla fotoquímica	6
1.2.1.1.4- Visibilidad	6
1.2.1.2- Calentamiento global	6
1.2.1.3- Contaminación acústica	10
1.2.1.4- Contaminación Indirecta	12
1.2.2- Principales Sustancias	12

Contaminantes	.....
1.2.3- Contaminación provocada por los diferentes tipos de Vehículos.	.....	21
1.2.4- Contaminantes criterio	.....	25
1.2.5- Vías para detectar la Contaminación	.....	30
1.2.5.1- Métodos para el Análisis y Medición de los Contaminantes	.....	31
1.2.5.2- Procesamiento y Validación de la Información	.....	37
	
	
CAPÍTULO II: Vías para Actuar sobre el Impacto Ambiental producto de la explotación del Vehículo Automotor		
2.1- Tratamiento directo de los contaminantes.	.....	43
2.1.1- Emisión Evaporativa	.....	43
2.1.2- Calidad del combustible	.....	43
2.1.3- Tratamiento de los productos de la Combustión	.....	45
2.1.4- Ruidos	.....	48
2.2- Eficiencia Energética	.....	50
2.2.1- Aspectos de carácter Técnico Organizativo para la mejora en la eficiencia en la explotación del vehículo	.....	54

2.2.1.1- Servicios Técnicos	.....	55
2.2.1.2- Metodologías para la conducción eficiente	.....	57
2.2.1.3- Programas de renovación vehicular	.....	61
2.2.1.4- Índices de Eficiencia Energética	.....	64
2.2.1.5- Racionalización del transporte de mercancías	.....	68
2.2.1.6- Empleo del Diagnóstico para evaluar la situación energética de las Empresas.	..... ..... .....	73
2.2.1.7- Dispositivos para ahorrar el combustible	.....	75
2.2.2 Cambios tecnológicos en los nuevos vehículos con mejoras en las tecnologías convencionales	..... ..... .....	82
2.2.2.1 Avances tecnológicos en los motores	.....	82
2.2.2.2 Análisis de los regímenes de explotación de los motores diesel	..... ..... .....	91
2.2.2.3 Influencia de la disminución de la carga sobre los índices y parámetros de funcionamiento	..... ..... ..... .....	94
2.2.2.4 Métodos de aumento de la economía de trabajo del motor diesel en los regímenes de cargas parciales y de vacío	..... ..... ..... ..... .....	95

2.2.2.5 GM aplica los mismos principios técnicos a	97
la integración de sus tecnologías híbridas	
2.2.2.6 Nuevos motores Honda	100
2.2.2.7 El motor V10 del BMW M5	102
2.2.2.8 Nuevo Opel Astra	107
2.2.2.9 Implementación de nuevos sistemas de	
propulsión basados en tecnologías avanzadas	110
2.2.3 Combustibles Alternativos	112
2.2.4 Combustibles de Renovables	112
2.2.5 Los combustibles fósiles más viables	124
CONCLUSIONES.	140
RECOMENDACIONES.	141
BIBLIOGRÁFICA.	142

INTRODUCCIÓN

La energía, entendida como las fuentes energéticas ha representado en el transcurso de la historia de la humanidad, un elemento fundamental de desarrollo económico y tecnológico, así como fuente de conflicto y de cooperación social y cultural. En la actualidad, la energía es sostén de la actividad humana, permite cocinar nuestros alimentos, provee iluminación en nuestros hogares, hace transitar a nuestros sistemas de transporte, produce movimiento y calor para hacer trabajar a nuestras fábricas y permite funcionar los sistemas de información. [40]

El sistema energético está constituido por diversas cadenas que van desde la explotación de las fuentes primarias hasta el consumo final. Las llamadas fuentes primarias de energía son aquellas que no han sufrido un proceso de transformación y que se encuentran como tales en la naturaleza. Tal es el caso del petróleo, el gas natural, el carbón, la geotermia, el uranio, las caídas de agua, la biomasa (leña, desechos animales o residuos vegetales) y la energía solar.

Una vez que las fuentes de energía primaria son explotadas, existen diversos mecanismos de transformación. El petróleo crudo se transporta hasta las refinerías, en donde es transformado en energía secundaria como la gasolina, el diesel, el combustóleo, el gas licuado de petróleo, las querosinas o el combustible para aviones. El carbón puede ser utilizado como tal o transformado en coque en las plantas coquizadoras. El gas natural, en algunos casos, debe pasar por plantas endulzadoras antes de ir al consumidor final.

Las energías o energéticos secundarios, pueden ir directamente al consumidor final (industria, transporte, comercios, servicios y hogares) o pueden, al igual que algunas fuentes primarias, ser empleados para producir electricidad, vapor para distribución centralizada o pueden ser utilizados como materia prima para algunos procesos (como por ejemplo algunos hidrocarburos para la petroquímica).

Las fuentes energéticas primarias que sustentan el desarrollo moderno de la humanidad son las llamadas fuentes fósiles o no renovables: el carbón, el petróleo y el gas natural. En la actualidad, la humanidad utiliza en un día, la misma cantidad de fuentes energéticas fósiles que le tomó a la naturaleza cerca de un millón de años producirlas. Por si fuera poco, el consumo mundial de este tipo de energía se incrementó en este siglo, en cerca de mil 500 veces. [37]

El petróleo domina el mercado energético mundial. La energía que utiliza la humanidad, sin tomar en cuenta la leña u otros energéticos denominados no comerciales, depende en cerca de 40% del petróleo. El gas natural provee cerca del 24% de la energía primaria comercial y el carbón alrededor del 20%.

Hasta fines de los años sesenta, se asumía que el desarrollo implicaba, necesariamente, un incremento exponencial en la producción energética. Sin embargo, en el año de 1973, a partir del llamado embargo petrolero (algunos lo llaman choque petrolero o crisis del petróleo) de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Este hecho impactó el uso de la energía en el mundo debido al incremento abrupto de los precios del petróleo y a la presentación de un nuevo dilema para muchos países: seguir incrementando la dependencia de sus economías a la importación de petróleo o replantear los patrones de consumo energético y generar recursos propios. [17]

Esta crisis generó un clima de temor en los países industrializados que derivó en la investigación, desarrollo y promoción de políticas de conservación y eficiencia, así como en la proliferación de alternativas energéticas (desde la nuclear hasta la solar). Después de una década, el efecto de estas políticas fue enorme. Para 1984 los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) tuvieron el mismo consumo de energía que en 1973, mientras que su producto interno bruto (PIB) creció en 28%. Esto significó una reducción del 22% en el consumo de energía por unidad de valor agregado.

Con la intervención acelerada de los recursos energéticos no renovables las reservas mundiales se agotan y se estima que en un futuro no muy lejano desaparezcan. Esto ha originado desequilibrios en los ecosistemas naturales en las etapas de exploración y explotación de grandes.

De otro lado se han generado efectos ambientales catastróficos en las concentraciones urbanas o industriales ocasionados por la combustión o quemado de formas primarias o secundarias de energía como la emisión de sustancias en concentraciones que la troposfera no puede diluir o amortiguar. Este deterioro ambiental por demás tiene un impacto negativo en la economía.

Actualmente, el conflicto entre la necesidad del desarrollo socioeconómico y la de sostener el ambiente, domina la discusión internacional. La amenaza del cambio climático global, de los efectos

ambientales locales y regionales, de la desaparición de las reservas fósiles imponen un límite a las tendencias actuales del consumo de energía.

Se requiere un nuevo paradigma del uso de la energía, en donde la energía sea considerada como un medio para proveer servicios y no como un fin en sí misma. Es decir, concebir la demanda de energía a partir de las necesidades de su uso y no de la oferta agregada de la misma.

Frenar el deterioro ambiental no significa dejar de utilizar los recursos naturales, sino encontrar una mejor manera de aprovecharlos. Esta concepción se sustenta en el hecho de que el ahorro de una unidad energética es mucho más barato que la producción de la misma, es decir, la eficiencia puede ser vista como un recurso energético. Por ello, el análisis de impacto ambiental debe ir acompañado de la investigación y desarrollo de ciencia y tecnología. Este desarrollo tecnológico posibilitará que, con los mismos recursos naturales, humanos y de capital, aumente la productividad.

Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna (MCI), a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo. El impacto ambiental del MCI está estrechamente relacionado con el aumento vertiginoso de la cantidad de vehículos automotores que circulan en todo el mundo.

Por automóvil se entiende, cualquier vehículo mecánico autopropulsado diseñado para su uso en carreteras. El término se utiliza en un sentido más restringido para referirse a un vehículo de ese tipo con cuatro ruedas y pensado para transportar menos de ocho personas. Los vehículos para un mayor número de pasajeros se denominan autobuses o autocares, y los dedicados al transporte de mercancías se conocen como camiones. El término vehículo automotor engloba todos los anteriores, así como ciertos vehículos especializados de uso industrial y militar. [31]

La contaminación generada por el transporte por carretera ha pasado a ser uno de los problemas ambientales cuya solución más urge. El sector del transporte ha experimentado mejoras tecnológicas considerables, y los coches actuales son aproximadamente un 90% menos contaminantes de lo que eran hace 25 años. No obstante, es obvio que se debe hacer más para compensar la cantidad creciente de tránsito en las calles y carreteras de todo el mundo, produciendo vehículos de menor consumo y menores emisiones.

Entre las formas más importantes de acción del transporte automotor sobre el medio ambiente tenemos:

- ✚ Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI. Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.
- ✚ Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al hombre, la flora y la fauna.
- ✚ Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.
- ✚ Consumo de agua potable.
- ✚ Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el rendimiento de los trabajadores y ocasiona molestias en sentido general. [40]

Para lograr el uso eficiente y racional del transporte automotor se aplican tecnologías de control de la contaminación para reducirlas directamente o mejorar el rendimiento del combustible, dado que cuanto menos combustible se queme, menos impurezas se liberan por otro lado hay que aprovechar lo antes posible todos los recursos renovables no contaminantes. Para alcanzar ambos objetivos existen varias tecnologías, incipientes o disponibles y ya en uso:

- ✚ Tratamiento directo de los contaminantes para reducir las emisiones de los vehículos.
- ✚ Aumentar la eficiencia energética para reducir el consumo de combustible
- ✚ Uso de combustibles alternativos para sustituir los no renovables y los mas contaminantes.
- ✚ Nuevos tipos de vehículos como la propulsión eléctrica.

Como el uso de combustibles está íntimamente ligado al nivel de ingresos de la población y al bienestar social que su utilización produce, la aplicación de las tecnologías sostenibles, tiene que ser gradual. Las sociedades no aceptan los cambios radicales que dañan su bienestar. Por ello, en el esfuerzo por sanear las atmósferas urbanas, no hay soluciones mágicas, ni instantáneas. El camino es la transformación progresiva de los medios productivos, sin afectar el bienestar que estos generan. Pero las acciones de prevención y control tampoco pueden esperar, porque el crecimiento de la población y de su bienestar incide en mayores consumos de combustibles y un uso más intensivo de tecnologías que, sin regulación ambiental, contribuirán a agravar el problema. Mientras mas tiempo

se espera, mayores son los costos económicos y los daños sobre la salud que la población tendrá que asumir. La disyuntiva es clara, hay que decidir si se invierte en prevenir la contaminación o se gasta en tratar de recuperar la salud.

Se puede deducir la necesidad impostergable de trabajar con vistas a lograr un Desarrollo Sostenible en el Transporte Automotor sobre la base de la Investigación Científica. El presente trabajo abordarán de forma general los aspectos necesarios del tema en cuestión y su estructura se conforma atendiendo a los siguientes aspectos:

1. Impactos que ocasiona.
2. Contaminantes
3. Vías para detectar la Contaminación y su Magnitud
4. Vías para disminuir o solucionar el Impacto
5. Métodos y Procedimientos para Divulgar, Capacitar y Definir Políticas Medioambientales que den cumplimiento a los objetivos que se tracen.

Interrogaciones de la investigación.

¿Cuales serian los procedimientos adecuados para lograr un estudio correcto de la eficiencia energética y la disminución de contaminación ambiental en el transporte automotor?

Hipótesis de trabajo:

Resulta posible obtener un desarrollo sostenible con la explotación del transporte automotor basada en el tratamiento directo de los contaminantes, la eficiencia energética, el empleo de combustibles alternativos y los nuevos tipos de vehículos.

Objetivo general:

Establecer los procedimientos adecuados para lograr un desarrollo sostenible con la explotación del transporte automotor con un incremento de la eficiencia energética y la disminución de la contaminación atmosférica.

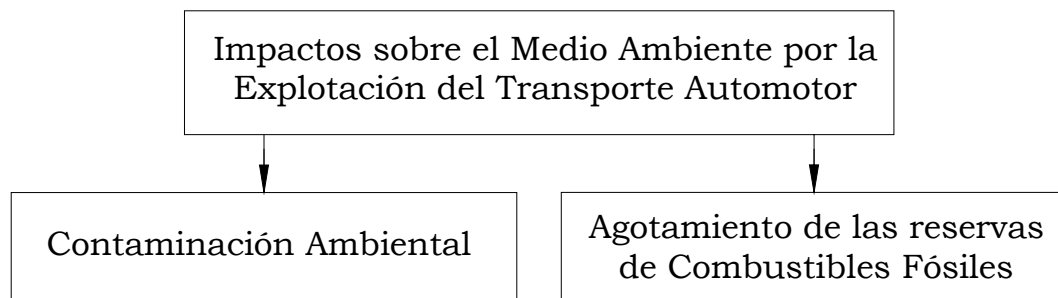
Objetivos específicos:

- ✚ Definir las vías para incrementar la Eficiencia Energética en el Transporte automotor.
- ✚ Definir los impactos sobre el Medio Ambiente por la Explotación del Transporte Automotor

CAPITULO I: Impactos Ambientales producto de la Explotación del Vehículo Automotor

El Desarrollo Sostenible se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de forma que sea posible mejorar el bienestar de la población actual, sin comprometer la calidad de vida de las generaciones presentes ni futuras. En esta perspectiva, el nuevo modelo de la planeación energética debiera concebirse como la generación de los servicios necesarios para el bienestar de la población, sin comprometer los recursos ambientales actuales ni futuros, con eficiencia, igualdad y respeto en los terrenos energético, social y ambiental.[17]

En el Transporte Automotor lo primero que debemos analizar es el Impacto que su explotación aporta al Medio Ambiente, desde punto vista de la sostenibilidad, lo cual de forma general se manifiesta de la siguiente forma:



1.1- Agotamiento de las reservas de Combustibles fósiles

Durante millones de años plantas y microorganismos fueron sepultados en las profundidades del planeta y su descomposición acumulo energía química en forma de gas natural, carbón mineral y petróleo. Con uso creciente y constante del petróleo a escala mundial, según algunos estimados un crecimiento del 2% anual en su consumo acortaría su existencia a una centuria (100 años). Otras predicciones aseveran que solo alcanzara hasta las primeras décadas del siglo XXI y que son poco probables nuevos descubrimientos.

Es un hecho inminente el agotamiento de este combustible y mas tarde o mas temprano tenderá a desaparecer es por ello que debemos estar preparados para este hecho y oportunamente tomar las medidas para alargar su existencia mientras que se definen, perfeccionan e implantan las nuevas tendencias entre las que podemos citar:

- ✚ Aumentar la Eficiencia Energética
- ✚ Empleo de Combustibles Alternativos de fuentes Renovables
- ✚ Nuevos tipos de Vehículos como los de propulsión eléctrica

1.2- Contaminación Ambiental

El aire que respiramos está formado por muchos componentes químicos. Los componentes primarios del aire son el nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y vapor de agua (H_2O). En el aire también se encuentran pequeñas cantidades de muchas otras sustancias, incluidas el dióxido de carbono, argón, neón, helio, hidrógeno y metano. [44]

Las actividades humanas han tenido un efecto perjudicial en la composición del aire. La quema de combustibles fósiles y otras actividades industriales han cambiado su composición debido a la introducción de contaminantes, incluidos el dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas sólidas y líquidas conocidas como material particulado. Aunque todos estos contaminantes pueden ser generados por fuentes naturales, las actividades humanas han aumentado significativamente su presencia en el aire que respiramos.

La combustión es la rápida oxidación de una sustancia producto de la combinación del oxígeno con un material combustible en presencia de calor. Cuando se completa la combustión, el flujo gaseoso se convierte en dióxido de carbono y vapor de agua. La combustión incompleta libera algunos contaminantes a la atmósfera. El humo es un indicador de combustión incompleta. [31]

Estos contaminantes pueden afectar la salud de los seres humanos, de las plantas y animales. También pueden afectar los materiales no vivos como pinturas, metales y telas y pueden influir de forma perjudicial sobre el medio ambiente.

La contaminación del aire por causa del MCI constituye hoy uno de los principales problemas ambientales del planeta, tanto en los países desarrollados como en los que están sumidos en el mayor atraso tecnológico. Debido fundamentalmente en los primeros al flujo intenso de vehículos automotores, mientras que en los segundos, al uso de tecnologías obsoletas.

Los problemas producidos por la contaminación atmosférica dependen principalmente de la concentración y tipo de contaminante, del tiempo de exposición y de las fluctuaciones temporales en las concentraciones, así como de la sensibilidad de los receptores.

1.2.1- Impactos Ambientales

1.2.1.1- Contaminación por Sustancias Tóxicas

Se llaman sustancias tóxicas a las que ejercen influencia nociva sobre el organismo humano y el medio ambiente. Las fuentes de toxicidad son:

- ✚ Gases de escape de los MCI

Durante el trabajo de los MCI de émbolo se desprenden las siguientes sustancias tóxicas principales: óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, sustancias cancerígenas (bencipireno), compuestos de azufre y plomo.

- ✚ Gases del cárter y la evaporación del combustible a la atmósfera. Incluso en un motor bien regulado expulsa durante su funcionamiento componentes tóxicos.

La emisión por evaporación que proviene del cárter, la constituyen hidrocarburos con poco CO y pequeñas cantidades de NOx, otras tienen lugar por el derrame directo del combustible, durante el llenado, en el sistema interno de almacenamiento y conducción del mismo donde se presentan fugas por la toma del depósito, el carburador o las válvulas, conexiones de tuberías, etc. Lo que puede provocarse por los siguientes factores:

- ✚ Cuando la temperatura exterior en días cálidos y soleados provoca la evaporación de combustible
- ✚ Cuando el calor del motor y del sistema de escape provocan un aumento de la temperatura del combustible.
- ✚ Cuando el motor está apagado y permanece lo suficientemente caliente como para que el combustible se evapore.
- ✚ Cuando, al cargar combustible, los vapores escapan del tanque.

Las refinerías producen gasolinas para el verano, el invierno y ciertas regiones. La presencia de moléculas de peso ligero en ellas, como el butano, causan que el combustible sea más volátil. [40]

1.2.1.1.1- Afectación al Hombre, Plantas y Animales

Este tipo de sustancias provocan dificultades respiratorias, afecciones pulmonares y algunos tipos de cáncer en el hombre, entre otras. Aunque los contaminantes pueden afectar a la piel, ojos y otros sistemas del cuerpo, el principal perjudicado es el sistema respiratorio. [44]

Los compuestos o grupos de compuestos más tóxicos y que requieren control son cinco: benceno, 1,3-butadieno, formaldehído, acetaldehído y aromáticos polinucleares. Las estrategias mundiales demandan reducir entre 15 y 25% estos contaminantes por medio de las gasolinas reformuladas entre 1995 y 2000. Los porcentajes relativos de casos de cáncer (potencial) que pueden causar seis de los contaminantes más peligrosos antes mencionados, comparados con el total de todas las sustancias de un automotor, se muestran en la figura 1. 1

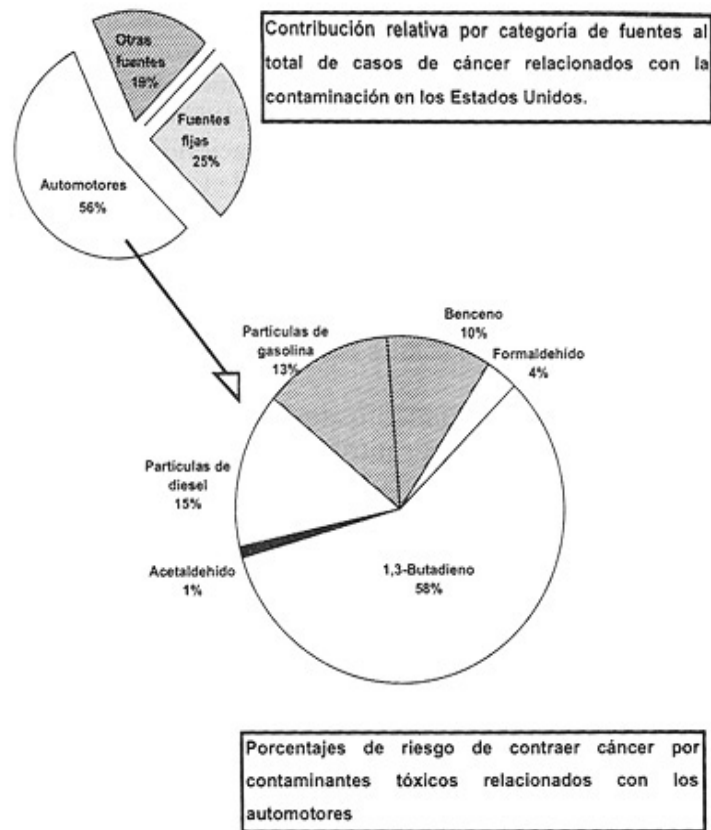


Figura 1.1 Contaminantes tóxicos relacionados con los automotores

Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire y sufren daños significativos a concentraciones mucho más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud humana y animal.

1.2.1.1.2- Lluvia ácida

La lluvia ácida ha recibido mucha atención en el nivel internacional. Se forma cuando los contaminantes del aire, tales como el dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) se transforman en ácidos en la atmósfera, lo que es favorecido por la presencia de partículas. Posteriormente, la precipitación resultante (lluvia, nieve o niebla) deposita los ácidos en lagos y suelos. El control de la lluvia ácida se ha convertido en una preocupación internacional, ya que a menudo la fuente de estos contaminantes se encuentra alejada del lugar donde se registran los efectos.

Las investigaciones han indicado que la lluvia ácida puede destruir o dañar la fauna silvestre de lagos y arroyos, objetos y materiales de las ciudades, las construcciones hechas por el hombre, tales como los edificios y monumentos al aire libre. Las estatuas antiguas de Grecia e Italia han sido dañadas por la lluvia ácida considerablemente. Produce además la debilitación y muerte de los árboles, acidificación de la tierra y arrastre de nutrientes. La reducción del contenido de azufre en los combustibles es el primer paso obligado de cualquier programa ambiental.

1.2.1.1.3- Smog o Niebla fotoquímica

El ozono es el principal componente del *smog* o niebla fotoquímica y causa efectos nocivos en seres humanos y plantas. La población de mayor riesgo a la contaminación por ozono son los enfermos y ancianos, así como los neonatos y nonatos. Además, cuando se le compara con los otros contaminantes, es el que más daña a las plantas.

1.2.1.1.4- Visibilidad

La presencia de contaminantes en la atmósfera produce la absorción y dispersión de la luz solar, acompañados de una notable reducción de la visibilidad. Esto ha dado lugar a problemas relacionados con la seguridad de la operación de los aviones y la destrucción de paisajes naturales. Por ejemplo, la visibilidad del Gran Cañón en los Estados Unidos ha sido afectada por la contaminación del aire generada por el hombre a cientos de kilómetros de distancia.

1.2.1.2- Calentamiento global

Los motores de combustión interna tienen gran responsabilidad en los niveles de emisión de sustancias que provocan el Calentamiento Global "efecto invernadero", fundamentalmente del dióxido de carbono y los óxidos nitrosos. [56]

En la figura 1.2 se detalla en forma esquemática el proceso de calentamiento global de la tierra debido a la absorción de calor por efecto de la radiación luminosa que llega procedente del sol, atravesando el aire atmosférico.

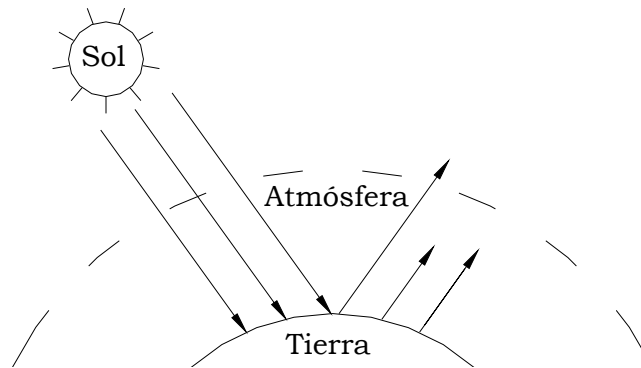


Figura 1.2 El proceso de calentamiento de la tierra

Parte de calor es reenviado por la tierra al espacio exterior en forma en radiación infrarroja no visible, pero la atmósfera tiene la propiedad de no dejarla pasar, reteniendo de esa manera casi el 90% el calor que se perdería y por ello, realiza un efecto regulador del calor captado, manteniendo una temperatura superficial promedio global de aproximadamente 15°C que permite el desarrollo de la vida humana.

Este efecto es similar al que produce o un vidrio o una sustancia plástica transparente en la ventana de un local como se observa en la figura 1.3, que dejan pasar la radiación solar en forma de luz visible hacia los objetos interiores y de esa manera, una parte de esa energía absorbida se convierte en calor y aumenta su temperatura y otra se elimina mediante la emisión de radiación infrarroja no visible hacia el exterior, pero la misma no es transparente a esas radiaciones.



Figura 1.3 La acción solar sobre el vidrio

Este calor que queda almacenado dentro del recinto, resulta beneficioso en invierno y se usa en los invernaderos para el cultivo de plantas y es el principio en que se basa el funcionamiento de los colectores solares térmicos y el desarrollo de la arquitectura solar como se ha indicado precedentemente.

El efecto invernadero en la atmósfera es un fenómeno natural y necesario, pero no es producido por el oxígeno y el nitrógeno que la componen, dado que son moléculas transparentes tanto a la luz solar como a la radiación térmica emitida por la tierra hacia el cosmos, sino fundamentalmente por el dióxido de carbono (CO_2) y el vapor de agua que constituye la humedad y las nubes y en menor proporción por el metano, óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFCs) y el ozono.

De esa manera, esos gases que forman parte de la atmósfera actúan como el vidrio o el plástico transparente de un invernadero y por ese motivo se los denominan gases de invernadero, porque actúan bajo el mismo principio, permitiendo el paso de la luz solar e impidiendo escapar el calor en forma de radiación infrarroja. Hacia el espacio exterior, constituyendo de esa manera un efecto natural que permiten mantener una temperatura promedio adecuada para el desarrollo de la vida.

Pero ocurre que la concentración de CO_2 y en menor proporción los otros gases invernadero, han crecido rápidamente en los últimos años debido a la alta emisión y de esa forma, la energía calorífica almacenada tiende a producir un aumento de la temperatura promedio de la tierra y como consecuencia, se están originando cambios climáticos que modifican los ecosistemas y a ese problema medioambiental se lo denomina calentamiento global. Uno de los motivos principales del incremento de la concentración de CO_2 lo constituye la emisión indiscriminada de los gases de la combustión de los combustibles fósiles como el petróleo, gas o carbón, producida fundamentalmente por el desarrollo de las industrias y el transporte automotor especialmente en los países más desarrollados. [56]

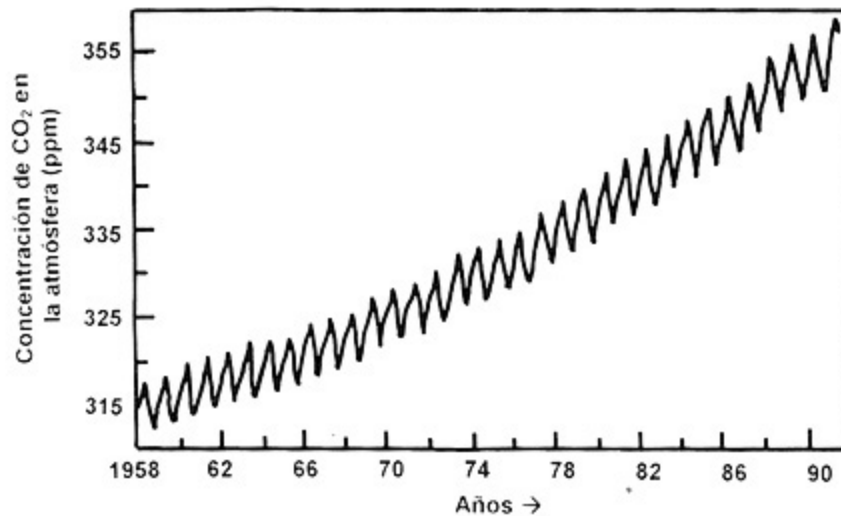


Figura 1.4 Concentración de bióxido de carbono en la atmósfera.

En la figura 1.4 se muestra la tendencia creciente de los niveles del CO₂ y el papel importante que desempeñan las plantas en su control. La forma ondulante de la curva se debe a que en primavera los árboles se llenan de hojas, retoños y flores con lo cual absorben más CO₂ (el punto mínimo del zigzag), y en el otoño los pierden (sobre todo en las latitudes septentrionales) con el consecuente abatimiento en la cantidad de CO₂ que pueden absorber. Este ciclo natural se repite cada año y, además, cada año sobreviven menos árboles por la tala indiscriminada y la lluvia ácida, que causan nuestros imaginativos métodos de ecológico.

La concentración ascendente del bióxido de carbono atmosférico (el aire atrapado en el hielo de los témpanos glaciares de hace aproximadamente 100 años contenía cerca de 280 ppm, o sea 25% menos que en 1990) es una medida irrefutable de lo que el hombre y sus máquinas han hecho a la atmósfera terrestre. Muchos científicos, estudiosos de la atmósfera, predicen que nuestro planeta se tornará cada vez más caliente, pues al quemar más y más combustibles fósiles, pondremos en el aire más gases que actúan como el vidrio envolvente de un invernadero, atrapando el calor. Aunque se responsabiliza al CO₂ de cerca de 50% del efecto invernadero, existen otros villanos gaseosos.

Entre los efectos que produce el calentamiento global se pueden mencionar entre otros, las siguientes:

- ✚ Incremento de las precipitaciones en zonas lluviosas.
- ✚ Aumento de sequedad del ambiente en las zonas áridas.
- ✚ Fusión del hielo polar lo que tiende a elevar el nivel de los mares, lo que a corto plazo puede provocar la inundación de ciudades costeras.

Debe destacarse que este efecto se ve atenuado paradójicamente por la contaminación producida por el humo y el polvo atmosférico, ya que bloquean parcialmente los rayos solares y producen un descenso de la temperatura.

Los científicos han pronosticado que en los próximos cincuenta años el calentamiento del planeta podría elevar la temperatura tres a nueve grados más que los promedios actuales. Esto produciría cambios drásticos en el clima de todo el mundo.

1.2.1.3- Contaminación acústica

El aire no sólo se contamina con partículas sólidas o gaseosas, el ruido también provoca contaminación y se denomina contaminación acústica. Si bien es cierto que el ruido no se acumula, no se traslada y no se mantiene en el tiempo, de todos modos genera en las personas ciertos daños y molestias.

Se entiende por ruido del MCI la emisión acústica que éste produce durante el trabajo. Los principales componentes del ruido del motor son: el ruido de admisión; el ruido por la deformación de las paredes de la cámara de combustión durante la compresión, combustión y expansión; el ruido durante la combustión; el ruido provocado por las oscilaciones del motor sobre la suspensión; el ruido por golpes durante el trabajo de los mecanismos; el ruido por el funcionamiento de agregados del motor y el ruido durante el escape de los gases.

Como se conoce la principal fuente de ruido de los vehículos en sentido general es el producido por el motor de combustión interna durante su funcionamiento. Para proporcionarle al conductor un máximo de comodidad en la cabina es necesario tener en cuenta varios factores: el andar en la cabina, los niveles de ruido y la temperatura en la misma. Se considera que el nivel de ruido estándar

actual en la cabina es de 90 dB medido a 200 mm. Desde el oído derecho del conductor; persiguiéndose como objetivo final para el nivel de ruido dentro de la cabina el valor de 74 dB.

Con mucha frecuencia percibimos el acercamiento de un vehículo determinado debido a los altos niveles de ruido que emiten sus MCI durante su funcionamiento, esto es provocado por la eliminación de los silenciadores con que están provistos dichos motores: así por ejemplo la gran mayoría de las motocicletas de 50 cc no están provistas del mismo. [63]

La intensidad de los distintos ruidos se mide en decibeles, unidad de medida de la presión sonora. El umbral de audición está en 0dB (Mínima intensidad del estímulo) y el umbral de dolor está en 120 dB. Para tener una aproximación de la percepción de la audición del oído humano, se creó una unidad basada en el dB que se denomina decibel A (dBA).

El oído humano tiene la capacidad de soportar cierta intensidad de los ruidos; si estos sobrepasan los niveles aceptables, provocan daños en el órgano de la audición. En la ciudad, los niveles de ruido oscilan entre 35 y 85 dBA, estableciéndose que entre 60 a 65 dBA se ubica el umbral del ruido diurno que comienza a ser molesto.

Por ejemplo: en una biblioteca se tienen 40 dBA, en una conversación en voz alta 70 dBA (1 m. de distancia), tráfico en una calle con mucho movimiento sobre 85 dBA y el despegue de un avión 120 dBA (70 mts. de distancia).

1.2.1.4- Contaminación Indirecta

Existen impactos indirectos como los citados por Moller: grasas y aceites usados, elevación del polvo en calles que contienen sustancias tóxicas, impactos ambientales por metales y materiales usados en el ensamble de los vehículos, por la explotación y refinamiento del petróleo, la chatarra y desechos de llantas etc.

Los residuos derivados del petróleo tienen distintas fuentes y llegan a las aguas de maneras diferentes. Por ejemplo: el agua de las lluvias lava las calles y arrastra restos de alquitrán, aceites y combustibles, los cuales finalmente van a parar a los ríos. Los residuos van formando una delgada o gruesa película y de ésta se van desprendiendo ciertas sustancias tóxicas las cuales van intoxicando

el plancton, peces y los diversos organismos acuáticos. En los casos en que el petróleo es eliminado en grandes cantidades en forma accidental o no, por los barcos, se forma una densa capa sobre las aguas, llamada marea negra. Dicha capa impide la oxigenación de las aguas y nuevamente se produce la destrucción.

1.2.2- Principales Sustancias Contaminantes

Entre las sustancias contaminantes del Medio Ambiente a causa de la explotación del Transporte Automotor podemos citar las siguientes:

1. Monóxido de Carbono (CO)
2. Dióxido de Carbono (CO₂)
3. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAP)
4. Plomo(Pb)
5. Oxido de Nitrógeno (NO_x)
6. Partículas (PM)
7. Óxidos de azufre (SO_x)
8. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
9. Ozono (O₃)

1. Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal. En la naturaleza se forma mediante la oxidación del metano, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina. [44]

Para que se complete el proceso de combustión es necesario que haya cantidad adecuada de oxígeno. Cuando éste es insuficiente, se forma el monóxido de carbono y una manera de reducirlo es exigir que los automóviles sean afinados debidamente para asegurar la mezcla del combustible con el oxígeno. Por esta razón, los reglamentos de inspección de automóviles han sido útiles para controlar el monóxido de carbono.

El monóxido de carbono es especialmente problemático en zonas urbanas con gran número de automóviles. El volumen del tránsito y el clima local influyen sobre su concentración en el aire. Los efectos sobre la salud dependen de la concentración y duración de la exposición. El monóxido de carbono en los seres humanos afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo. Cuando hay monóxido de carbono, éste atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno, lo que da lugar a la escasez de oxígeno en la sangre. El efecto a corto plazo es similar a la sensación de fatiga que se experimenta en altura o cuando se padece de anemia.

Exacerbar las enfermedades del corazón y del pulmón. El peligro es más evidente en nonatos, neonatos, ancianos y en quienes sufren de enfermedades crónicas.

La exposición al monóxido de carbono, puede ocasionar los siguientes trastornos:

- ✚ Disminución en la capacidad de realizar un ejercicio máximo en un corto tiempo en individuos jóvenes saludables
- ✚ Disminución en la duración de ejercicio, debido a dolor en el pecho (angina), en pacientes con enfermedades al corazón.
- ✚ Disminución del consumo máximo de oxígeno y tiempo para realizar ejercicio, en individuos jóvenes saludables durante ejercicio fuerte.
- ✚ Disminución en la percepción visual y auditiva. Pérdida de la capacidad sensorial, motora y de vigilancia.
- ✚ Disminución en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio fuerte, en individuos jóvenes saludables.
- ✚ Dolor de cabeza, decaimiento, mareo, náusea, debilidad.
- ✚ Confusión, colapso durante el ejercicio
- ✚ Pérdida de conciencia y muerte si la exposición continúa.

2. Dióxido de Carbono (CO₂)

Es el principal gas causante del efecto invernadero. Se origina a partir de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. En estado líquido o sólido produce quemaduras, congelación de tejidos y

ceguera. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones, pudiendo causar incremento del ritmo respiratorio, desvanecimiento e incluso la muerte.

3. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HAP)

Son compuestos químicos que afectan la salud y el medio ambiente. Pueden causar cáncer, malformaciones congénitas, trastornos del sistema nervioso y hasta la muerte. Las emisiones de HAP provienen de fuentes tales como fábricas de productos químicos, productos para limpieza en seco, imprentas y vehículos (automóviles, camiones, autobuses y aviones).

Los HAP son un grupo de compuestos presentes en el petróleo, y se consideran los más tóxicos de los hidrocarburos junto con los mono aromáticos. Una vez que los HAP son liberados al ambiente acuático, la degradación a través de microorganismos es a menudo lenta, lo que conduce a su acumulación en los sedimentos, suelos, plantas acuáticas y terrestres, peces e invertebrados expuestos. Los HAP pueden afectar la salud humana; los individuos expuestos a mezclas de estos compuestos a través de la inhalación o el contacto dérmico por periodos prolongados, han desarrollado cáncer.

4. Plomo(Pb)

La fuente primaria de contaminación del aire por plomo ha sido el uso de combustibles con plomo en automóviles. Como un aditivo en la gasolina, el plomo desacelera el proceso de combustión en los motores. Debido a que el plomo no se consume en el proceso de combustión, se emite como material particulado.

Uno de los más grandes éxitos ambientales de los dos últimos decenios ha sido la reducción de plomo en el aire gracias al mayor uso de la gasolina sin plomo y a la reducción del contenido de plomo en combustibles con plomo.

El plomo es un contaminante importante del aire porque es tóxico para los humanos. Su difícil remoción del cuerpo hace que se acumule en varios órganos y puede dañar el sistema nervioso central. Un gran número de estudios científicos ha documentado los efectos nocivos de la exposición al plomo.

Como sabemos los metales "pesados" (plomo, manganeso, mercurio, cadmio, etc.) resultan perniciosos tanto para el medio ambiente como para la salud humana, tienen la mala costumbre de fijarse en los tejidos llegando a desencadenar procesos mutagénicos en las células.

Desde el punto de vista de la salud, la presencia de plomo en el aire que respiramos tiene diferentes efectos en función de la concentración presente y del tiempo a que se esté expuesto. Algunos de sus principales efectos clínicos, detectados por el envenenamiento agudo con plomo, son interferencia en la síntesis de la hemoglobina, anemia, problemas en el riñón, bazo e hígado, así como afectación del sistema nervioso, los cuales se pueden manifestar cuando se detectan concentraciones por encima de 60 mg de Pb por cada 100 mililitros de sangre. Ocasiona una diversidad de trastornos, especialmente en niños pequeños. Ciertos productos químicos que contienen plomo son cancerígenos. El plomo también ocasiona daños a la fauna y flora silvestres.

5. Oxido de Nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno (comúnmente referidos como NO_x) son un grupo de gases conformados por el nitrógeno y oxígeno. El nitrógeno es el elemento más común del aire y representa 78 por ciento del aire que respiramos. Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). El término NO_x se refiere a estas dos sustancias.

Los procesos naturales y los realizados por el hombre producen óxidos de nitrógeno. En una escala global, la emisión natural de óxido de nitrógeno es casi 15 veces mayor que la realizada por el hombre. Las fuentes más comunes de óxidos de nitrógeno en la naturaleza son la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, incendios forestales y de pastos, y la actividad volcánica.

Las fuentes principales de emisión antropogénica son los escapes de los vehículos y la quema de combustibles fósiles. Los óxidos de nitrógeno, NO_x, se forman cuando la presión y la temperatura son muy altas. Controlar las emisiones de NO_x es difícil y el único método es reducir la compresión y temperatura de combustión.

El óxido nítrico es relativamente inofensivo. En el proceso de combustión, el nitrógeno en el combustible y aire se oxida para formar óxido nítrico y algo de dióxido de nitrógeno. Los óxidos nítricos emitidos en el aire se convierten en dióxido de nitrógeno mediante reacciones fotoquímicas condicionadas por la luz solar. [44]

Es uno de los principales causantes del smog y la lluvia ácida. El primero se produce por la reacción de los óxidos de nitrógeno con compuestos orgánicos volátiles. En altas concentraciones, el smog puede producir dificultades respiratorias en las personas asmáticas, accesos de tos en los niños y trastornos en general del sistema respiratorio.

La lluvia ácida afecta la vegetación y altera la composición química del agua de los lagos y ríos, haciéndola potencialmente inhabitable para las bacterias, excepto para aquellas que tienen tolerancia a los ácidos.

6. Partículas (PM)

En esta categoría se incluye todo tipo de materia sólida en suspensión en forma de humo, polvo y vapores. Además, de reducir la visibilidad y la cubierta del suelo, la inhalación de estas partículas microscópicas, que se alojan en el tejido pulmonar, es causante de diversas enfermedades respiratorias. Las partículas en suspensión también son las principales causantes de la neblina, la cual reduce la visibilidad.

Las partículas con menos de 10 y 2,5 micrómetros de diámetro (PM_{10} y $PM_{2,5}$) son las más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar a la parte inferior de los pulmones.

En la naturaleza, el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, polinización de plantas e incendios forestales. Las principales fuentes antropogénicas provienen de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en camiones y autobuses, los combustibles fósiles, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la actividad minera, la quema de rastrojos y malezas y las chimeneas de hogar y estufas a leña.

El material particulado puede tener efectos negativos en la salud y bienestar del hombre ya que puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares, provocando aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos. Asimismo, afecta la visibilidad y velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

7. Óxidos de azufre (SO_x)

Los óxidos de azufre son gases incoloros que se forman al quemar azufre. El dióxido de azufre (SO₂) es el contaminante que indica la concentración de óxidos de azufre en el aire. La fuente primaria de óxidos de azufre es la quema de combustibles fósiles. Se ha denominado al dióxido de azufre como un contaminante que "pasa a través de" porque la cantidad de dióxido de azufre emitido al aire es casi la misma cantidad presente en el combustible.

Por ejemplo, si se quema cien kilos de carbón que contienen siete kilos de azufre, la emisión producida por la quema contendrá aproximadamente 14 kilos de dióxido de azufre, siete kilos de azufre y siete de oxígeno. El azufre reacciona con el oxígeno en el proceso de combustión para formar dióxido de azufre.

Se ha encontrado que los óxidos de azufre perjudican el sistema respiratorio, especialmente de las personas que sufren de asma y bronquitis crónica. Los efectos de los óxidos de azufre empeoran cuando el dióxido de azufre se combina con partículas o humedad del aire. Esto se conoce como efecto sinérgico porque la combinación de sustancias produce un efecto mayor que la suma individual del efecto de cada sustancia.

El de mayor preocupación es la contribución de óxidos de azufre a la formación de lluvia ácida que puede perjudicar lagos, la vida acuática, materiales de construcción y la vida silvestre.

8. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Son sustancias químicas orgánicas. Todos los compuestos orgánicos contienen carbono y constituyen los componentes básicos de la materia viviente y de todo derivado de la misma. Muchos de los compuestos orgánicos que utilizamos no se hallan en la naturaleza, sino que se obtienen

sintéticamente. Los compuestos químicos volátiles emiten vapores con gran facilidad. La emanación de vapores de compuestos líquidos se produce rápidamente a temperatura ambiente.

Los COV incluyen la gasolina, compuestos industriales como el benceno, solventes como el tolueno, xileno y percloroetileno (el solvente que más se utiliza para la limpieza en seco). Los COV emanan de la combustión de gasolina, leña, carbón y gas natural, y de solventes, pinturas, colas y otros productos que se utilizan en el hogar o en la industria.

Las emanaciones de los vehículos constituyen una importante fuente de COV. Muchos compuestos orgánicos volátiles son peligrosos contaminantes del aire. Por ejemplo, el benceno tiene efectos cancerígenos.

9. Ozono (O₃)

El ozono es considerado como un contaminante secundario. Se forma mediante una serie compleja de reacciones en la atmósfera. En términos sencillos, se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno (NO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar.

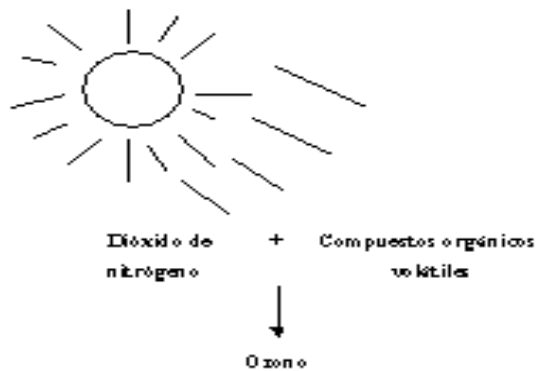


Figura 1.5 El ozono

La concentración de ozono en una determinada localidad depende de muchos factores, incluida la concentración de NO₂ y COV en el área, la intensidad de la luz solar y las condiciones del clima.

Los compuestos gaseosos principales que directamente contribuyen a la formación del ozono ambiental son los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COV), dentro de los cuales se encuentran los hidrocarburos y los hidrocarburos oxigenados, ambos emitidos por el escape de los automóviles, en el caso de los COV, por la misma evaporación de la gasolina. Las reacciones químicas que controlan el ozono atmosférico son muy complejas.

El ozono es el principal componente del *smog* o niebla fotoquímica y causa efectos nocivos en seres humanos y plantas. La población de mayor riesgo a la contaminación por ozono son los enfermos y ancianos, así como los neonatos y nonatos. Además, cuando se le compara con los otros contaminantes, es el que más daña a las plantas.

Una estrategia de control para el ozono es reglamentar las fuentes de COV y óxidos de nitrógeno. Las fuentes principales de estos contaminantes son los productos de combustión incompleta que emiten los escapes de los vehículos, la quema de combustibles fósiles y el uso de compuestos de petróleo y solventes orgánicos en procesos industriales y de limpieza. Por ejemplo, el líquido usado en el proceso de lavado al seco es un solvente que es un COV.

En la siguiente tabla 1.1 se muestran las reactividades relativas en gramos de ozono (potencial) por gramo de hidrocarburo de los nueve hidrocarburos más importantes en los gases de escape.

Tabla 1.1 Los tipos hidrocarburos más importantes.

<i>Sustancia</i>	<i>g O₃/g hidrocarburo *</i>
Metano	0.0148
Etano	0.25
Benceno	0.42
Propano	0.48
Metanol	0.56
Tolueno	2.73
Formaldehído	7.15
Etileno	7.29
m-Xileno	8.16
1-3-Butadieno	10.89

* Gramos de ozono producidos por cada gramo de hidrocarburo

La importancia de identificar los componentes individuales de las emisiones radica en el hecho de la diferencia en reactividad que puede existir entre un hidrocarburo y otro de estructura diferente. Por ejemplo, el 1.3-butadieno es 700 veces más reactivo que el metano, lo que nos da un indicio de contra qué compuestos se deben de dirigir los esfuerzos para controlar las emisiones y limitar la formación de ozono.

El ozono tiene la singularidad de que es también beneficioso para los seres humanos y otros seres vivientes. Es un componente necesario de la estratosfera, la capa del aire que protege la troposfera, porque sirve para proteger a la tierra de la nociva radiación ultravioleta del sol. Sin embargo, cuando se encuentra en concentraciones altas en la troposfera o capa inferior de la atmósfera, se le considera un contaminante.

De esta manera, aunque el ozono es nocivo y debe ser controlado en la troposfera, es un protector necesario en la estratosfera. Las nuevas iniciativas de control de la contaminación del aire que se están llevando a cabo, incluidas la reducción progresiva de halo carburos y clorofluorocarbonos, evitan el agotamiento del ozono en la estratosfera.

1.2.3- Contaminación provocada por los diferentes tipos de Vehículos.

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán de:

- ✚ El tipo de vehículo
- ✚ El combustible usado
- ✚ La tecnología del motor de combustión
- ✚ El equipo de control de emisiones entre otros.

Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diesel son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

En la presente tabla 1.2 se muestran en porcentos los compuestos toxicos que se emitien según el tipo de Motor de Combustion Interna.

Tabla 1.2 Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión

Componentes tóxicos	Motores Diesel	Motores de carburador
Monóxido de carbono, %	0.2	6
Óxidos de nitrógeno. %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4
Dióxido de azufre, %	0.04	0.007
Hollín/ mg/l	0.3	0.05

De este modo, la toxicidad de los motores Diesel depende en lo principal del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín. La toxicidad de los motores de encendido por chispa y carburador depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.

Los motores Diesel tienen mucha menos responsabilidad en la contaminación ambiental de la que se les imputa normalmente lo que se puede observar al remitirnos a la tabla ofrecida anteriormente; aunque su contaminación se ve más por la típica emisión de humo negro formado por partículas microscópicas que no son tóxicas pero si molestas. Además, estudios realizados demuestran que los niveles de emisión de dióxido de carbono en motor Diesel son claramente más bajos que un motor de gasolina de igual potencia.

Los motores de combustión interna que mayor contaminación del medio ambiente provocan son los motores a gasolina a pesar de ser menos visible sus emisiones a la atmósfera.

También, pese a los esfuerzos hechos por reducir los aditivos de plomo en los combustibles, las emisiones de compuestos de plomo aún son un problema de la calidad del aire. Los vehículos a motor contribuyen con otros contaminantes tóxicos como el benceno, 1.3-butadieno y otros carcinógenos asociados a pequeñas partículas sólidas emitidas por el escape. Ya que la flota de vehículos continúa creciendo, las emisiones de los vehículos a motor y los productos de su transformación en la atmósfera se han convertido en parte importantes de casi cualquier problema de contaminación.

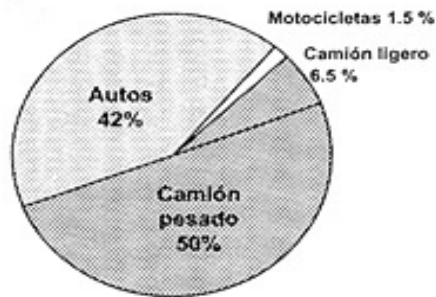
La Agencia de Protección Ambiental de EUA enlista las 20 sustancias más peligrosas y prioritarias en su abatimiento en orden decreciente de amenaza. De los primeros cinco, dos están asociados con los carburantes: 1) *plomo*, 2) arsénico, 3) mercurio, 4) cloruro de vinilo, 5) *benceno*.

La gasolina genera dos contaminantes: 1) sus vapores, y 2) los productos (generalmente gaseosos) de su combustión.

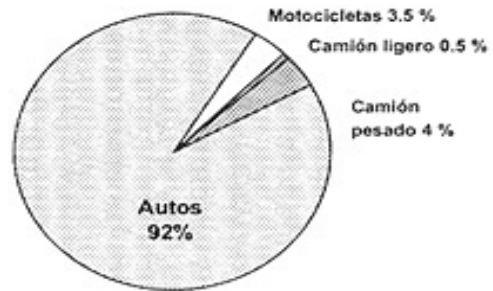
La evaporación del combustible en algunas partes del sistema motriz contribuyen a la emisión global de hidrocarburos en alrededor de 30% del total de las emisiones de COV de fuentes móviles. Cada vez se imponen regulaciones más estrictas a la emisión de los gases de la combustión vehicular, pero no a la emisión evaporativa, que se hará cada vez más importante.

Los vapores de la gasolina pueden emanar de la ventilación del ducto de entrada al tanque de la gasolina, o bien del carburador y representan 20% de los contaminantes que arroja un vehículo. Otro 20% proviene del cárter y lo constituyen hidrocarburos con poco CO y pequeñas cantidades de NOx. En los vehículos nuevos 95% de la contaminación viene del escape, y la formación de hidrocarburos, CO₂, CO y NOx.

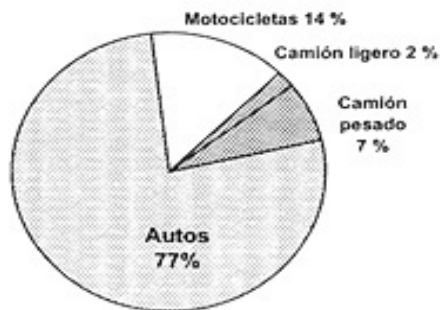
Oxidos de nitrógeno (31.8×10^6 Ton)



Monóxido de carbono (230.5×10^6 Ton)



Hidrocarburos (31.8×10^6 Ton)



Bióxido de carbono (4.0×10^6 Ton)

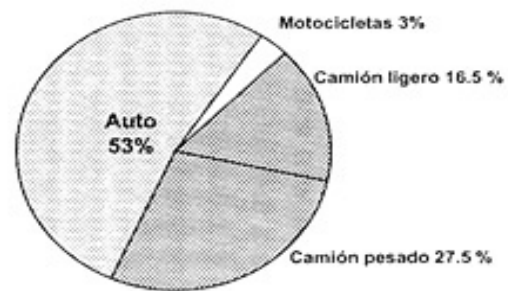


Figura 1.6 La contribución de los vehículos a la generación de los principales contaminantes.

Los motores de 2 cilindros pueden tener emisiones de hidrocarburos hasta 9 veces más altas, del orden de 16 g/km.

De modo general entre las medidas para mitigar o eliminar el Impacto ocasionado por la Contaminación Ambiental provocada por el Vehículo Automotor podemos citar:

- ✚ Tratamiento directo de los contaminantes
- ✚ Eficiencia Energética
- ✚ Empleo de Combustibles Alternativos menos contaminantes Renovables o Fósiles
- ✚ Nuevos tipos de Vehículos como los de propulsión eléctrica

1.2.4- Contaminantes criterio

Los contaminantes de aire también se han clasificado como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterios se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objetos de estudios de evaluación publicados en documentos de criterios de calidad del aire. En el nivel internacional los contaminantes criterios son:

- ✚ Monóxido de carbono (CO)
- ✚ Plomo(Pb)
- ✚ Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- ✚ Material particulado (PM)
- ✚ Óxidos de azufre (SO_x)
- ✚ Ozono (O₃)

Inicialmente, en la lista de contaminantes criterio se incluía a los hidrocarburos. Los hidrocarburos, también denominados compuestos orgánicos volátiles (COV), son precursores en la formación de ozono. Aunque generalmente hay reglamentos que controlan los COV, no hay control específico para los COV en el aire. El control adecuado de los COV se refleja en la reducción de la concentración de ozono en el aire.

Para cada contaminante criterio se han establecido guías y normas. Las guías son recomendaciones para los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos a fin de reducir los riesgos o proteger de los efectos nocivos. Las normas establecen las concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante un período definido. Son los valores límite diseñados con un margen de protección ante los riesgos. La finalidad de las normas es proteger la salud humana (normas primarias) y proteger el bienestar del ser humano y los ecosistemas (normas secundarias). La OMS ha publicado guías sobre la calidad del aire y varios países de América Latina han establecido o propuesto sus propias normas. En las siguientes tablas 1.3 y 1.4 se muestran las normas nacionales de calidad del aire para ozono, dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), partículas totales en suspensión (PTS), PM₁₀ y plomo que se han fijado o propuesto en varios países de América, Cuba y las guías de la OMS.

1. Normas propuestas
2. Guías globales propuestas
3. No debe ser excedida más de una vez al año
4. No debe ser excedida más de una vez cada tres años
5. El cuarto valor más alto no debe ser excedido más de una vez cada tres años
6. El valor bajo se puede exceder en 50% de las mediciones y el alto en el 0,5%
7. Promedio aritmético mensual
8. Promedio aritmético anual
9. La norma de Argentina corresponde a NO_x (expresado como NO_2)
10. El valor bajo se puede exceder en 50% de las mediciones y el alto en 5%
11. No se ha establecido ningún valor de referencia para PTS y PM_{10} porque no existe un umbral evidente en cuanto a sus efectos en la salud
12. Promedio geométrico anual
13. Estados Unidos también tiene una norma para $\text{PM}_{2,5}$ de 65 m g/m^3
14. Estados Unidos también tiene una norma para $\text{PM}_{2,5}$ de 15 m g/m^3

Normas (m g/m ³)	Período de muestreo	Argentina	Bolivia	Brasil	Colombia	Chile	Estados Unidos	México	Perú ¹	Venezuela	Guías de la OMS ²
Ozono	1 hora	195	235	160 ³			235	216 ⁴	235 ³		
	8 horas				170	160 ³	160 ⁵		120		120
SO₂	24 horas		365	365	400	365	365	341 ³	150 ³	80 – 365 ⁶	125
	Mensual	70 ⁷									
	Anual ⁸		80	80	100	80	80	79	80		50
NO₂	1 hora	846 ⁹	400	320 ³		470		395 ³	200		200
	24 horas		150						150 ³	100-300 ¹⁰	
	Anual ⁸			100	100	100	100		50		40
CO	1 hora	57.000	30.000	40.000 ₃	50.000	40.000 ³	40.000		30.000 ³		30.000
	8 horas	11.000	10.000	10.000	15.000	10.000	10.000	13.000 ³	10.000	10.000 – 40.000 ¹⁰	10.000
PTS	24 horas		260	240 ³	400	260		260 ³	350 ³	75 – 260 ⁶	- ¹¹

	Mensual	150										- ¹¹
	Anual ¹¹		75	80	77	75		75	150			- ¹¹
PM₁₀	24 horas			150		150	150 ¹³	150				- ¹¹
	Anual ⁸			50			50 ¹⁴	50				- ¹¹
Plomo	24 horas										1,5 – 2,0 ¹⁰	
	Mensual											
	3 meses		1,5				1,5	1,5	1,5			
	Anual								0,5			0,5

Donde solo existan condiciones para muestreos de 20 minutos, o de períodos cortos (mayores 20 minutos e inferiores a 24 horas), realizados de forma discontinua, la evaluación del **ICA** diario de estos contaminantes se realizará sobre la base de la concentración promedio de no menos de 4 determinaciones distribuidas de forma equitativa a lo largo del período de 24 horas analizado y que constituyan un periodo total de no menos de 4 horas de monitoreo. [68]

- **Índice de valor 0:** Corresponde a un nivel de concentración inferior al límite de detección del método analítico normalizado.
- **Índice de valor 100:** Corresponde al valor (100 %) de la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC 39, en mg/m^3 .
- **Índice de valor 200:** Corresponde a un valor de concentración real que supera en 2 veces la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC. 39.
- **Índice de valor 300:** Corresponde a un valor de concentración real que supera en 3 veces la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC 39.
- **Índice de valor 500:** Corresponde a un valor de concentración real que supera en 5 veces la **Cma** del contaminante principal evaluado según la NC 39.

Tabla 1.4 Equivalencia de subíndices (puntos 100, 300 y 500) de los Contaminantes principales, tomando como referencia las concentraciones máximas admisibles (Cma) promedio diarias y para períodos de 20 minutos y las concentraciones medias diarias y horarias reales (mg/m^3)

Contaminante Principal	Índice 100 Calidad Aceptable		Índice 300 Límite inferior de Calidad Pésima		Índice 500 Límite inferior de Calidad Crítica	
	Diario	Horario	Diario	Horario	Diario	Horario
Dióxido de Azufre(SO ₂)	0,05	0,5	0,15	1,5	0,25	2,5
Dióxido de Nitrógeno(NO ₂)	0,04	0,085	0,12	0,255	0,2	0,425
Partículas en suspensión totales (PST)	0,1	0,3	0,3	0,9	0,5	1,5
Partículas en suspensión de 10 μm (PM ₁₀)	0,05	No se aplica	0,15	No se aplica	0,25	No se aplica
Monóxido de Carbono (CO)	3	5	9	15	15	25
Ozono (O ₃)	No se aplica	0,08*	No se aplica	0,24	No se aplica	0,4

Notas:

- Para evaluar el **ICA** Diario para **PST** se asume la **Cma** media diaria de 0.1 mg/m^3 , correspondiente a polvos con contenido > 50 % de óxido de silicio (SiO₂) en la NC. 39: 1999. - Aunque en la NC 39

no aparece la **Cma** correspondiente a **PM10**, para la finalidad de evaluar el **ICA**, se asume como tal el valor de $0,05 \text{ mg/m}^3$, asumiendo que las mismas constituyen aproximadamente el 50 % del valor de las **PST**.

- En ausencia de equipos para la determinación de **PM10**, se asumirá como tales al 50 % del valor de las **PST** determinadas por el método gravimétrico.
- En ausencia de equipos para la determinación de **PM10** o de **PST** determinadas por el método gravimétrico de alto o bajo volumen, se asumirán como equivalentes a las **PM10**, las concentraciones de humo (**hollín**) determinadas por el método reflectométrico sobre filtro de papel.
- En ausencia de equipos para la determinación de Ozono por el método de fotometría ultravioleta, se asumirá como tal la determinación de oxidantes totales o corregidos.

1.2.5- Vías para detectar la Contaminación.

Los componentes de un sistema de monitoreo de la contaminación del aire incluyen:

- ✚ La recolección o muestreo de contaminantes del aire ambiental y de fuentes específicas
- ✚ El análisis o medición de la concentración de los contaminantes
- ✚ La notificación y uso de la información recopilada.

El muestreo y análisis del aire ambiental y de la emisión de las fuentes puntuales son importantes por varias razones. [44]

Los datos del aire ambiental se usan para determinar el cumplimiento de las normas de calidad del aire. También se usan para diagnosticar las condiciones de un área antes de construir una nueva fuente de contaminación, para desarrollar modelos de dispersión de contaminantes, para realizar estudios científicos y para evaluar la exposición humana a contaminantes y el daño al medio ambiente.

Los datos de emisiones de fuentes puntuales se usan para determinar el cumplimiento de los reglamentos de contaminación del aire, la eficacia del control de la contaminación del aire, la eficiencia de producción y para apoyar la investigación científica.

Las instituciones responsables del monitoreo de la calidad del aire generalmente designan los métodos de referencia para el muestreo y análisis de los contaminantes y de las fuentes de emisión. Los métodos especifican procedimientos precisos que se deben seguir para cualquier actividad de monitoreo relacionada con el cumplimiento de la reglamentación.

Estos procedimientos orientan el muestreo, análisis, calibración de instrumentos y cálculo de las emisiones. La elección del método específico de análisis depende de un número de factores, siendo los más importantes las características químicas del contaminante y su estado físico, sólido, líquido o gaseoso. Los métodos de referencia se diseñan para determinar la concentración de un contaminante en una muestra. La concentración se expresa en términos de masa por unidad de volumen, usualmente en microgramos por metro cúbico.

Hay algunos principios básicos y terminología asociada al muestreo y análisis del contaminante. La recolección de la muestra puede realizarse mediante técnicas manuales o automáticas. El análisis y medición de los contaminantes puede hacerse por diversos medios, según las características químicas y físicas del contaminante.

1.2.5.1- Métodos para el Análisis y Medición de los Contaminantes

1.2.5.1.1- Gravimetría

Uno de los métodos para la medición del material particulado es emplear principios gravimétricos. La gravimetría se refiere a la medición del peso. Las partículas se atrapan o recogen en filtros y se pesan. El peso del filtro con el contaminante recolectado menos el peso de un filtro limpio da la cantidad del material particulado (MP) en un determinado volumen de aire.

La siguiente figura 1.7 presenta un muestreador de alto volumen que se usa como un método manual para medir partículas totales en suspensión (PTS) y plomo en el aire. En este proceso gravimétrico, la bomba en el muestreador de aire de alto volumen crea un vacío que lleva el aire a una caseta cubierta. El aire pasa a través de un filtro que atrapa el material particulado. Para determinar la cantidad de material particulado en una muestra de aire, se pesa el filtro antes y después del muestreo. La diferencia de peso es la cantidad de material particulado atrapado en el filtro. La concentración de plomo se determina mediante técnicas de extracción adicional y absorción atómica.

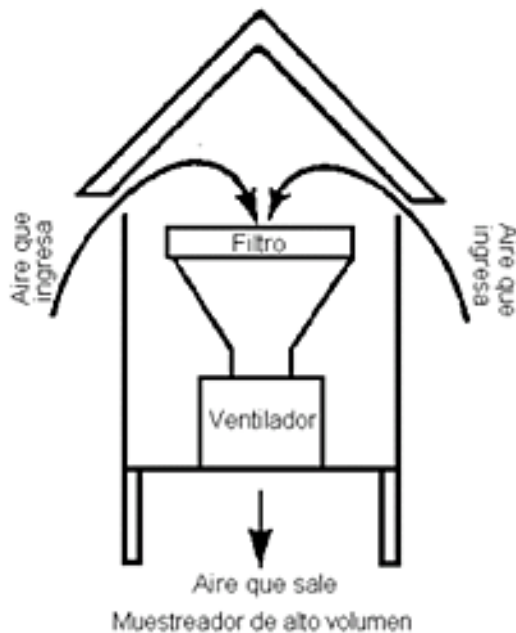


Figura 1.7 El muestreador de alto volumen

Se está desarrollando equipo más sofisticado para medir la concentración de material particulado en el ambiente porque como contaminantes criterio se está considerando a las PTS con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM_{10}) y material particulado con menos de 2,5 micrómetros de diámetro ($PM_{2,5}$). El muestreador de aire de alto volumen contiene dispositivos que separan las partículas grandes de las pequeñas y se colocan en el equipo de muestreo de manera que el aire pasa por el dispositivo antes de atravesar el filtro. De esta manera se remueven las partículas que exceden el diámetro especificado.

1.2.5.1.2- La absorción atómica

La absorción atómica se usa para medir el plomo. Después que se recolectan las partículas de plomo mediante métodos gravimétricos, el plomo se extrae de la muestra mediante ácidos. En el proceso de absorción atómica, el plomo absorbe pequeñas cantidades de radiación. La radiación emitida por la muestra permite conocer la cantidad de átomos de plomo en la muestra.

1.2.5.1.3- La espectrofotometría

Los contaminantes gaseosos se pueden medir con diversos métodos. Las técnicas más comunes son la espectrofotometría, quimiluminiscencia de fase gaseosa e ionización de llama.

La espectrofotometría se basa en principios colorimétricos y comúnmente se usa para medir la concentración de dióxido de azufre. En este proceso, los colorantes y productos químicos se combinan con una solución que contiene dióxido de azufre. El color de la solución da lugar a diferentes cantidades de luz absorbida. La cantidad de luz absorbida, medida con un espectrofotómetro, indica la cantidad presente de dióxido de azufre.

1.2.5.1.4- La quimiluminiscencia de fase gaseosa

La quimiluminiscencia de fase gaseosa es un método para medir el ozono. En este método, por reacción química al etileno, el ozono emite luz y esa luz se mide con un tubo fotomultiplicador. La cantidad de luz indica la cantidad presente de ozono. La concentración del ozono se determina al comparar el número de pulsaciones de la muestra con el número de pulsaciones de una muestra con concentración conocida de ozono. [44]

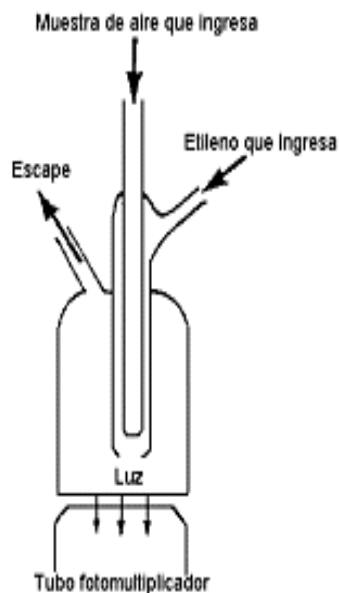


Figura 1.8 El método de quimiluminiscencia para el ozono

1.2.5.1.5- Ionización de Llama

En la ionización de llama se quema la muestra de aire gaseoso con una pequeña llama de hidrógeno. El número de iones o electrones que se forma es proporcional al número de átomos de carbono que se encuentra en la muestra y se cuenta electrónicamente. Esta técnica puede usarse para medir los compuestos orgánicos volátiles (hidrocarburos). Como este método también detecta los carbonos en

el metano, un gas relativamente inofensivo que se encuentra naturalmente en la atmósfera, se debe realizar correcciones para justificar su presencia.

1.2.5.1.6- Absorción infrarroja

La muestra absorbe la radiación en la región infrarroja del espectro; se mide la diferencia en la absorción. Se usa otras regiones del espectro, por ejemplo, UV se usa para medir Monóxido de carbono

1.2.5.1.7- Espectroscopia de fluorescencia

La muestra excitada puede reemitir el exceso de energía excitada para determinar: Ozono, NO₂

1.2.5.1.8- Medición de Contaminantes de Fuentes Puntuales

La medición de contaminantes de fuentes puntuales se realiza generalmente con fines específicos, por ejemplo, para evaluar el cumplimiento de las normas de emisión, medir la eficacia de las tecnologías de control y para llevar a cabo investigaciones científicas. Un término que se usa frecuentemente en relación con la muestra de una fuente estacionaria es "prueba de chimenea". Esto se debe a que muchas de las mediciones se toman en las chimeneas industriales. En realidad, las mediciones se pueden tomar en otros lugares.

Para determinar la emisión de contaminantes de una fuente se usan cuatro métodos de referencia. Estos métodos permiten conocer la ubicación apropiada de la muestra, la velocidad o tasa de flujo del gas, la composición del flujo de gas y el contenido de humedad del flujo de gas. Estos cuatro métodos se usan junto con otros métodos específicos diseñados para medir la concentración de contaminantes como el material particulado y el dióxido de azufre.

En la siguiente figura 1.9 aparece un equipo de muestreo especificado por el método de referencia 5 de la EPA para la medición de partículas. Comúnmente referido como el "método tren 5", esta configuración de muestreo puede modificarse para medir varios contaminantes. El método tren 5 consiste en una sonda de muestreo, un filtro ubicado en una caja calentada, una serie de percutores y equipo auxiliar como una bomba, contador de gas seco y manómetros para medir los cambios de presión. La sonda recoge la muestra que pasa a través de un filtro donde queda atrapado el material particulado. Luego el gas pasa por los percutores sumergidos en hielo para remover la humedad del flujo de gas. El contador de gas mide la tasa de flujo, mientras que la bomba y manómetros se usan

para mantener las condiciones isocinéticas durante el período del muestreo. La isocinética se define como la relación entre el flujo de gas de una chimenea con el flujo de gas de una sonda de muestreo. Es importante que estos flujos permanezcan iguales para recopilar una muestra representativa.

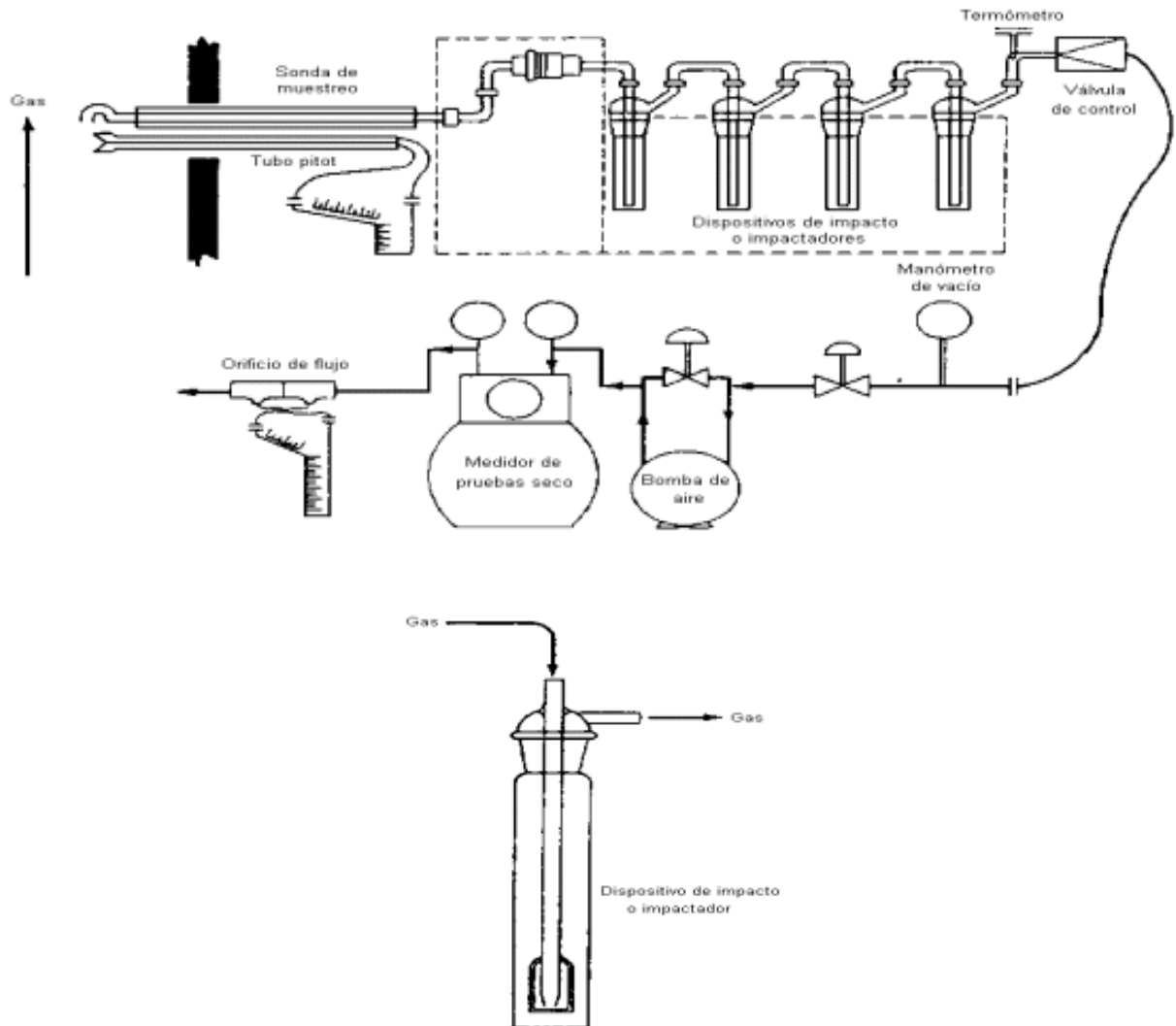


Figura 1.9 El método tren 5

1.2.5.1.9- Sistemas de Medición Remota

Existen sistemas de medición remota, el más famoso es el desarrollado por investigadores de la Universidad de Denver, que mide la relación monóxido de carbono/bióxido de carbono y la de hidrocarburos/bióxido de carbono, directamente de las emisiones de los automóviles que cruzan un rayo infrarrojo situado en una calle, a 25 centímetros sobre la superficie. El sistema incluye un video

que graba la placa del auto, día, hora y concentración. El sistema puede funcionar en autopistas de hasta 18 m de amplitud. Sin embargo, la lluvia puede provocar la dispersión del rayo. El aparato puede medir 1000 vehículos por hora. En un experimento, se midió la emisión de 10 000 autos, y se concluyó que la mitad del monóxido de carbono emitido provenía del 10% de los vehículos, más aún, los 47 autos más contaminadores emitían tanto monóxido como 2 500 de los más limpios. La conclusión irónica es que la identificación, reparación o eliminación de los autos más sucios puede tener un costo-beneficio mayor que todo el programa de reformulación de gasolinas y adición de oxigenados, si bien estos últimos, al sustituir a los aromáticos, tienen efecto benéfico. Los autos más viejos son siempre los más contaminantes, pues los coches "afinados" para obtener más potencia se convierten en grandes contaminadores.

1.2.5.1.10- Tecnologías Avanzadas

La tecnología para medir los contaminantes del aire sigue evolucionando. Los últimos avances del monitoreo del aire incluyen el uso de rayos infrarrojos y ultravioletas para detectar y medir los contaminantes criterio y tóxicos. La espectroscopía infrarroja de la transformada de Fourier (EITF) puede medir directamente más de 120 contaminantes gaseosos en el aire, como el monóxido de carbono, dióxido de azufre y ozono. La EITF también puede medir contaminantes tóxicos, como el tolueno, benceno y metanol. La tecnología se basa en que cada gas tiene su propia "huella digital" o espectro de absorción. El sensor de la EITF monitorea todo el espectro infrarrojo y lee las diferentes huellas digitales de los gases presentes en el aire. Se están desarrollando aplicaciones específicas para esta tecnología.

1.2.5.2- Procesamiento y Validación de la Información

El resultado final de los procedimientos de muestreo y análisis son los datos cuantitativos. La validez de los datos depende de la exactitud y precisión de los métodos usados para generar datos. Para asegurar la validez, se emplean diversas medidas de control de calidad para cada uno de los métodos de referencia. La principal medida de control de calidad es la calibración. La calibración comprueba la exactitud de una medición al establecer la relación entre el resultado de un proceso de medición y un insumo conocido. Cada uno de los métodos de referencia tiene procedimientos precisos de calibración que se deben seguir para asegurar resultados exactos.

También se han desarrollado programas extensos de garantía de la calidad para asegurar la validez de los datos. Un componente esencial del programa de garantía de la calidad de datos son las auditorías. En una auditoría, uno o varios laboratorios analizan una muestra estándar conocida de un contaminante. Si los laboratorios obtienen el resultado esperado, pueden estar seguros que sus métodos y procedimientos son precisos.

En general, todas las estaciones de monitoreo en una red uniforman los criterios para la localización, instrumentación y garantía de la calidad del monitoreo. Existen procedimientos específicos que se deben seguir al realizar el muestreo de cada contaminante criterio. Estos procedimientos detallados son los métodos de referencia, los cuales se revisan y actualizan de acuerdo con el avance de la tecnología.

Los métodos de referencia pueden ser manuales o automatizados. Los manuales son técnicas específicas que se deben seguir cuando se recolecta y analiza la muestra de un contaminante del aire. Un método de referencia automatizado se refiere generalmente a un instrumento aprobado que satisface los requisitos técnicos para la recolección y análisis exactos de un contaminante. Los métodos automatizados se usan principalmente para recolectar y analizar aire de manera permanente.

Los datos del monitoreo ambiental se usan para diversos propósitos. Se emplean para monitorear el progreso en el cumplimiento de las metas nacionales de calidad del aire y para evaluar la exposición humana. Asimismo, para desarrollar y evaluar los modelos de dispersión del aire, ejecutar planes y realizar estudios científicos de la contaminación del aire.

Los datos recopilados de la medición de contaminantes del aire y de fuentes de emisión pueden ser útiles para los profesionales de la contaminación del aire. El desarrollo de inventarios de emisiones es un producto derivado del manejo de esos datos.

1.2.5.2.1- Inventarios de Emisiones

Los inventarios de emisiones son listados detallados de contaminantes emitidos por fuentes específicas en una determinada área. Son herramientas valiosas de planificación y evaluación y

ayudan a definir la relación entre las fuentes contaminantes y las comunidades vecinas, contribuyen al desarrollo de estrategias alternativas para el control de la contaminación y proporcionar información concisa sobre contaminantes, fuentes y emisiones.

El desarrollo de un inventario es una tarea tediosa y detallada. Los datos que constituyen el inventario deben ser recopilados y analizados cuidadosamente. Se deben seguir lineamientos estrictos de garantía de calidad para asegurar la precisión y validez del inventario.

1.2.5.2.2- Estrategias de Control

Las estrategias de control son las acciones que deben realizarse a fin de disminuir la contaminación del aire y comprenden las siguientes acciones:

Medición de la calidad del aire y estimación de las condiciones futuras. La medición se lleva a cabo mediante el monitoreo atmosférico y las estimaciones a través del cálculo de la proyección del crecimiento de la población, industria, transporte, economía y modelos de dispersión.

Estimación de los niveles existentes de emisión de las fuentes fijas y móviles, y proyección de los futuros niveles de emisión. Se basa en los inventarios de emisiones de fuentes puntuales y regionales.

Determinación del grado de mejoría requerido para cumplir con las normas de calidad del aire. Se compara el nivel actual y futuro de la calidad del aire; la reducción necesaria para cumplir con las normas se estima mediante modelos.

Aplicación de medidas de control para diversos tipos de fuentes. Se basa en la tecnología de control disponible y la adopción de sistemas de registro, licencias, verificación e inspección, entre otros.

Desarrollo de planes de contingencia para episodios atmosféricos. Las condiciones meteorológicas adversas pueden provocar situaciones que requieren programas de urgencia.

Negociación con las partes interesadas para la ejecución de acciones en situaciones de urgencia. Se aplica a todas las fuentes para las cuales existen normas de control de emisiones.

Desarrollo de planes a largo plazo para mantener la calidad del aire después de haber cumplido las normas de calidad del aire. Se considera el crecimiento demográfico e industrial, el cálculo de emisiones esperadas, el desarrollo de procedimientos para instalar emisiones autorizadas que satisfagan las demandas futuras y para continuar el cumplimiento de las normas de calidad del aire.

Ejecución de programas para evitar el deterioro significativo de la calidad del aire. Se refiere principalmente a regiones en donde el aire es más limpio de lo establecido en las normas nacionales y a regiones prioritarias en donde la población y el desarrollo industrial son inexistentes o mínimos.

Operación de un sistema de monitoreo de la calidad del aire. Se refiere a un sistema continuo de vigilancia de la calidad del aire y de las emisiones. Es necesario para conocer si las fuentes cumplen con las normas y si las estrategias son adecuadas para mantener y mejorar la calidad del aire.

1.2.5.2.3- Aplicación de medidas legales y de coerción para los infractores de las normas de emisión.

Se hace necesaria la implementación de planes de gestión ambiental que controlen y regulen la contaminación ambiental producida por el transporte para que cumplan con el criterio de transporte sostenible. [19]

Para el control se emplean centros de diagnóstico para que realicen la verificación de las emisiones contaminantes (gases-ruido) en los vehículos automotores. Las normas y políticas para el control de emisiones de los vehículos contribuyen notablemente a reducir la contaminación atmosférica.

CAPITULO II: Vías para Actuar sobre el Impacto Ambiental producto de la explotación del Vehículo Automotor

Vivimos en un planeta misericordioso, con mecanismos complejos y eficientes que eliminan los contaminantes naturales. El proceso de putrefacción, la neblina marina y las erupciones volcánicas liberan más azufre que todas las plantas generadoras de energía, siderúrgicas e industrias. Los relámpagos crean óxidos de nitrógeno como los automóviles y los hornos industriales, y los árboles emiten hidrocarburos llamados terpenos.

Durante millones de años esas sustancias se han reciclado a través del ecosistema, cambiando de forma. Pasan a través de los tejidos de plantas y animales, se hunden en el océano, regresan al seno de la tierra y en una erupción o un terremoto vuelven a la superficie o la atmósfera para reiniciar el interminable ciclo. Un átomo de oxígeno lo completa cada 2 000 años.

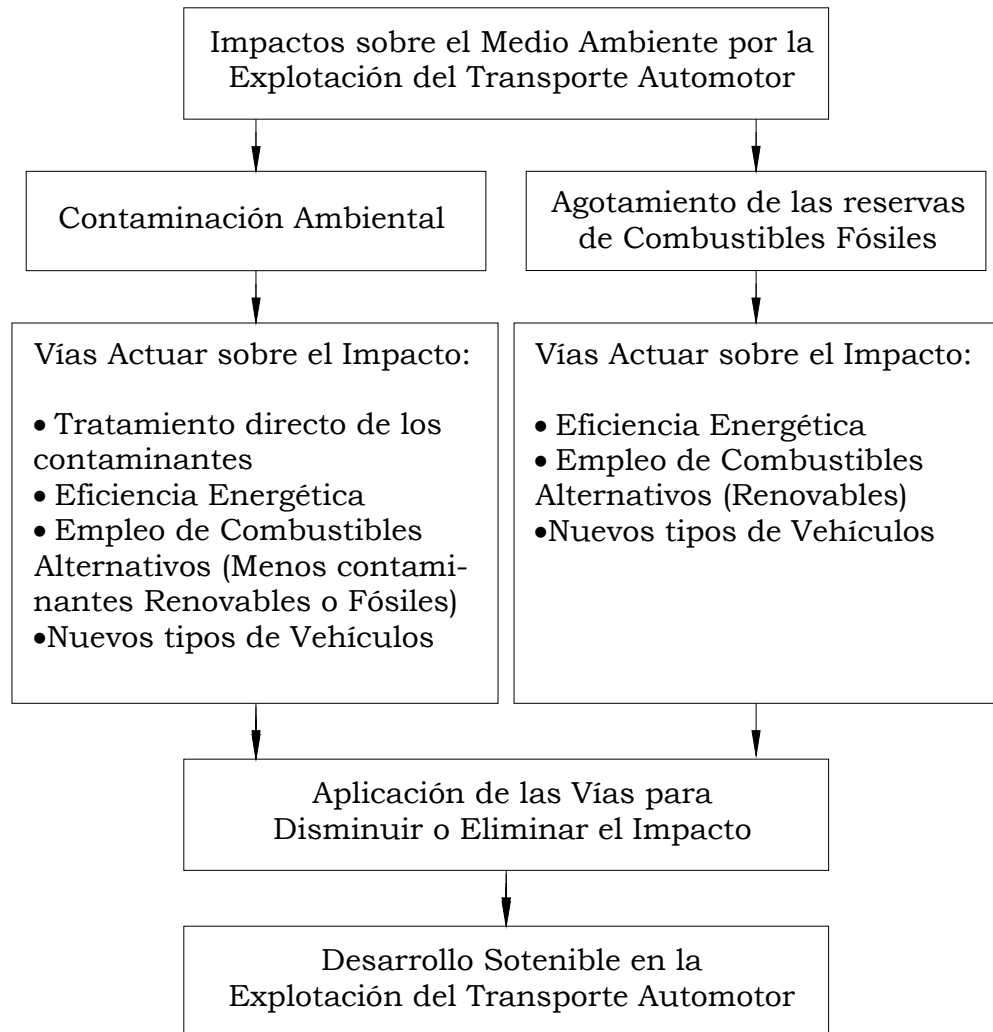
Nuestro planeta no puede soportar los millones de toneladas de azufre adicionales que arrojamos cada año. Nuestras plantas que absorben los óxidos de nitrógeno (NO_x) adicionales que generan los relámpagos miniatura dentro de los automotores no pueden absorberlas todas. Ni nuestra atmósfera las cargas extra de dióxido de carbono, metano y clorofluorocarbonos. Tal vez el planeta pueda adaptarse con el tiempo, siempre lo ha hecho, pero la sobrecarga de contaminantes aumenta cada día y si no la frenamos, esto podría ser irreversible y alterar la vida para siempre.

No sólo desde el punto de vista termodinámico (muy poca de la energía generada en la combustión del motor mueve el auto) sino desde el punto de vista ambiental que, como vimos, es una caja que emite un cóctel de sustancias tóxicas que pueden envenenarnos y podrían contribuir a cambiar para siempre el equilibrio ecológico del planeta.

En el capítulo anterior se analizaron de forma general las Vías para Actuar sobre el Impacto Ambiental que ocasiona la explotación del Transporte Automotor en la actualidad. Observamos un grupo de vías de solución comunes para ambos impactos, diferenciándose únicamente en el caso del tratamiento directo de los contaminantes inherente a la Contaminación Ambiental con el empleo de combustibles menos contaminantes que pueden ser renovables y como una segunda opción fósiles con dichas características.

Por supuesto en el caso del impacto por Agotamiento de combustibles fósiles la solución es la sustitución por combustibles de fuentes renovables.

A continuación se muestra un resumen de los aspectos abordados sobre los que se profundizara en el presente capítulo:



2.1- Tratamiento directo de los contaminantes.

Se analizarán las formas de efectuar el tratamiento directo de los contaminantes atendiendo a la forma en que se produce la contaminación como son:

- ✚ Emisión Evaporativa
- ✚ Calidad del combustible
- ✚ Tratamiento de los productos de la Combustión
- ✚ Ruidos

2.1.1- Emisión Evaporativa

La evaporación del combustible en algunas partes del sistema motriz contribuyen a la emisión global de hidrocarburos en alrededor de 30% del total de las emisiones de COV de fuentes móviles. Cada vez se imponen regulaciones más estrictas a la emisión de los gases de la combustión vehicular, pero no a la emisión evaporativa, que se hará cada vez más importante. [44]

Las fugas de los equipos pueden representar una fuente importante de emisión de compuestos orgánicos volátiles. Un programa de inspección regular con dispositivos sencillos para la detección de fugas, junto con un rápido sistema de reparación y mantenimiento, puede reducir en gran medida esta fuente.

Con las tecnologías disponibles, trampas de carbón activado que absorben COV del tanque del combustible y unidades de recuperación de vapores en las estaciones de gasolina, se podría reducir la emisión evaporativa de 70 a 90%. La volatilidad de las gasolinas es el parámetro a controlar para reducirlas.

2.1.2- Calidad del combustible

Los reglamentos que controlan la calidad del combustible de los automóviles también han contribuido a una mayor eficiencia y menores emisiones. Por ejemplo, la eliminación gradual del plomo de las gasolinas, así como la reducción de sus contenidos de azufre, benceno, de olefinas, aromáticos y presión de vapor (para reducir su reactividad y contribución a la formación de ozono). En el diesel se trabaja el aumento del índice de cetano, así como la disminución del contenido de azufre y de aromáticos.

La transición de la gasolina con plomo a la gasolina sin plomo ha reducido extraordinariamente la cantidad de plomo en el aire ambiental. Para poder eliminar el plomo hay que sustituir los compuestos de éste por otras sustancias que tengan el mismo efecto antidetonante, al tiempo que hay que preparar los motores para que no precisen de sus efectos lubricantes.

Lo segundo corre por cuenta de los fabricantes, mientras que respecto a lo primero las petroleras han optado por sustituirlo por proporciones muchos mayores de ciertos hidrocarburos aromáticos, isoparafinas y compuestos oxigenados, cuyo exceso debe ser recirculado al motor y/o transformado en el catalizador. De esta manera, utilizando combustible sin plomo en un vehículo que no disponga de los dispositivos necesarios para ello, dicho exceso será emitido directamente a la atmósfera en forma de hidrocarburos sin quemar.

Considerando que dichos hidrocarburos aromáticos (benceno principalmente, tolueno y xileno), las isoparafinas y los compuestos oxigenados son claramente carcinogénicos, desde el punto de vista de la salud es más conveniente emplear gasolina con plomo que sin plomo en un vehículo no preparado para ésta.

La gasolina sin plomo (en la cual, a diferencia de la gasolina común, no se añade óxido de plomo para elevar las prestaciones del motor) ha sido un hito en la evolución tecnológica del combustible. Como el combustible con plomo daña severamente a los convertidores catalíticos, la introducción de gasolina sin plomo también representa la modificación más importante desde el punto de vista del control de emisiones. Reformulando la gasolina se puede reducir la cantidad de productos químicos complejos. Una compañía finlandesa ha lanzado un nuevo tipo de gasolina que contiene más oxígeno y menos compuestos aromáticos y que, según la compañía, reduce las emisiones hasta un 20%. No obstante, es más probable que los verdaderos beneficios para la protección del medio ambiente provengan del cambio de gasolina a otros combustibles sucedáneos, o a otras opciones de energía totalmente distintas. [12]

2.1.3- Tratamiento de los productos de la Combustión

Los métodos de reducción de la toxicidad y el humeado de los MCI pueden ser divididos en dos grupos: los constructivos y los explotativos. Entre los métodos constructivos podemos citar: la recirculación de los gases de escape y la neutralización de los mismos. Los dispositivos de

postratamiento de los gases de escape, como los convertidores catalíticos, se vienen utilizando desde hace algún tiempo.

Convertidor Catalítico

El Convertidor Catalítico es un accesorio que se ha incorporado al automóvil para abatir la concentración de algunos contaminantes producto de la combustión de la gasolina, a diferencia del mofle, sólo un silenciador, incorpora materiales cerámicos de alta tecnología a los cuales se les ha incorporado pequeñas cantidades de metales como platino, paladio y rodio que actúan como catalizadores, éstos son sustancias que aceleran o facilitan una reacción química, lo que implica menor consumo de energía. Muchos procesos químicos en los que se convierten moléculas de un tipo a otro emplean catalizadores, mas es la primera vez que el automóvil se beneficia de éstos.

Los convertidores catalíticos van intercalados entre el tubo de escape y el motor y su función es reducir a un mínimo las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos sin quemar. Según los expertos del sector, estos dispositivos de control de emisiones continuarán innovándose, y se está trabajando en convertidores catalíticos que pueden funcionar con combustibles, sensores, inyección y mandos del motor de especificación variable.

Sin embargo, estas mejoras tienen su precio. Según estimaciones del Banco Mundial, la instalación de convertidores catalíticos puede llegar a aumentar el precio de la gasolina unos 4 centavos de dólar por litro. En el caso de los vehículos Diesel, los dispositivos recientemente inventados para eliminar las partículas (el agente contaminante más importante de este tipo de motor), los óxidos de nitrógeno y el azufre tendrán costos similares.

Para la neutralización de los gases de escape desde hace años se habla de catalizadores de tres vías, de catalizadores de oxidación, de sondas Lambda o de válvulas ERG (exhaust gas recirculation).

Sensor o Sonda "Lambda".

El sensor que proporciona al sistema la capacidad de mantener la estequiometría es el sensor o sonda "Lambda". Se coloca atornillada en el colector de escape, suministra a la computadora información sobre el contenido de oxígeno de los gases residuales que se escapan de los cilindros.

Esencialmente es una pila seca, ya que produce voltaje del potencial eléctrico entre dos sustancias, en este caso, el aire ambiental y el escape; cuanto más oxígeno hay en el escape (lo cual corresponde a una condición de mezcla pobre) menor será el potencial y el voltaje producido, pero cuando hay menos oxígeno (como en una mezcla rica) mayor será el potencial y el voltaje creado. [40]

El índice de aire y combustible "estequiométrico" (o sea, una relación aire a combustible por peso de 14.6:1) en los motores de encendido por chispa asegura que todo el combustible que entra en la cámara de combustión tenga la cantidad adecuada de oxígeno para combinarse logrando un quemado completo, reduciendo de esta manera las emisiones de HC (hidrocarburos) y de CO (monóxido de carbono). El convertidor catalítico de oxidación de doble vía puede limpiar una gran cantidad de HC y CO después de dejar los cilindros; un contaminante más difícil de eliminar son los NO_x (óxidos de nitrógeno, un ingrediente del smog fotoquímico). Si bien la EGR realiza una tarea razonablemente buena en mantener baja la formación de NO_x reduciendo las temperaturas máximas de combustión, no puede hacer lo suficiente para satisfacer los requisitos de algunos países. El convertidor catalítico de tres vías tiene una sección de oxidación que utiliza platino y paladio, más una sección de reducción que utiliza rodio para reducir los NO_x a nitrógeno y oxígeno inocuos, sin embargo esta reacción de reducción sólo se puede mantener si hay una relación estequiométrica de aire y combustible.

Catalizador de tres Vías

El catalizador de tres vías se instala en la mayoría de los coches modernos acompañado de la sonda Lambda, mientras que en los motores Diesel para tractores y autos pesados el más empleado es el catalizador de oxidación. [56]

El convertidor catalítico capaz de reducir simultáneamente emisiones de hidrocarburos, CO y NO_x, se empleó en México por primera vez en 1991. El platino y el rodio, por medio de reacciones de reducción abastecidas por el calor que portan los gases de combustión eliminan los átomos de oxígeno de las moléculas de NO_x para formar nitrógeno y oxígeno; el platino y el paladio, con reacciones de oxidación (al convertidor catalítico se le inyecta aire con este fin) contribuyen a que los hidrocarburos y CO de los gases de escape se transformen en CO₂ y H₂O. Para que los convertidores catalíticos funcionen correctamente deben cumplir requisitos como:

- Un control preciso de la cantidad de mezcla hidrocarburo/aire que sólo se logra con los nuevos carburadores y sistemas de inyección de combustible. Tener un sensor de oxígeno en los gases de escape.
- Evitar los aditivos con plomo pues causan daños irreversibles al convertidor catalítico.

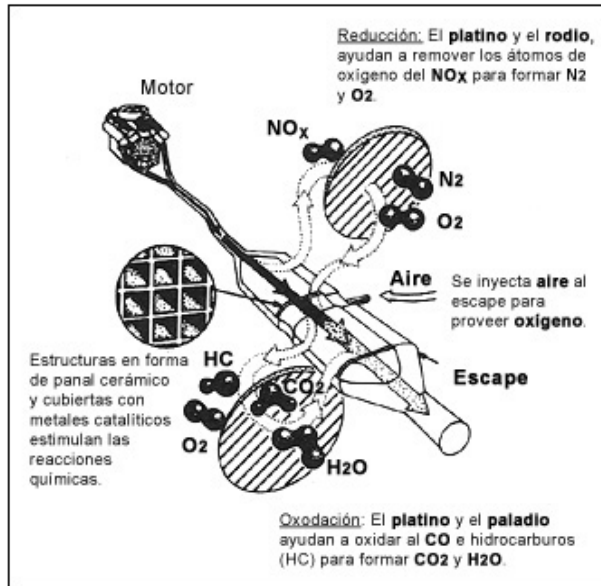


Figura 2.1 El convertidor catalítico trimodal.

En el caso que el convertidor este frío persiste un problema: al encenderse el motor tarda unos minutos en llegar a la temperatura óptima de operación. El catalizador es un sólido que acelera las reacciones de conversión de los gases nocivos en otros que lo son menos, mas para realizar esta operación debe alcanzar la temperatura en la cual es eficiente. Al poner en marcha un automóvil tras un periodo de un par de horas de no usarlo, los gases de emisión llegarán al catalizador que se encuentra a una temperatura más baja de la que requiere, y se considera que el tiempo que le lleva alcanzar su temperatura óptima hace que se produzcan más hidrocarburos nocivos de los que se generarán ya en marcha normal.

Entre 70 y 80% de hidrocarburos —otros que el metano—escapan a la conversión del catalizador en los dos minutos después de encender el auto. Si se acostumbra hacer viajes frecuentes y cortos en que el motor esté frío, se contaminará como si no tuviera convertidor catalítico. Por eso se piensa fabricar convertidores catalíticos que vayan más cerca del motor y aprovechar el calor generado de la combustión, así como dispositivos que se calientan rápidamente, mediante resistencias eléctricas, capaces de reducir las emisiones de NO_x y CO (50% más) y las de hidrocarburos (85% más). En la

siguiente tabla se muestran algunos resultados comparativos de los gases de emisión utilizando diferentes tecnologías. El tiempo de vida media de un convertidor catalítico es de unos 150 000 km, pero varía con el mantenimiento y la gasolina utilizada. [56]

Valores de los gases de emisión con varios controles técnicos para vehículos ligeros

Tabla 2.1 Valores de emisión de gases en el escape

<i>Estándar o control</i>	<i>Valores de emisión de gases en el escape (g/km)</i>			
	<i>CO</i>	<i>HC</i>	<i>NOx</i>	<i>MP*</i>
Control modesto (vgr. Modificaciones del motor en 1980)	15.9-34.9	1.5-2.3 ^a	2.0-3.3	---
Control actual (convertidor catalítico trimodal) EUA	2.10	0.25	0.62	0.12
Europa	3.16	1.13 ^b	0.18	---
Japón	2.10	0.62	0.48	---
Control de tecnología de punta (californiana, 1993)	2.11	0.15	0.24	0.08
Tecnología avanzada de control				
1) Vehículo pequeño convencional + catalizador conectado cerca del motor; vehículo a gasolina reformulada M85, E85 ^c + catalizador; vehículo a CNG/LPG ^d + catalizador; calentado.	2.11	0.077	0.024	---
2) Vehículo convencional + catalizador calentado eléctricamente; vehículo a gasolina reformulada M85, E85 o vehículo a CNG/LPG + catalizador conectado cerca del motor	2.11	0.046	0.12	---
3) Vehículo pequeño convencional o vehículo a gasolina reformulada + catalizador calentado eléctricamente; vehículo a CNG + catalizador acoplado cerca del motor o calentado; vehículo a LPG + catalizador calentado; o vehículo eléctrico / eléctrico híbrido	1.05	0.024	0.12	---

2.1.4- Ruidos:

Entre los procedimientos para disminuir el ruido de los MCI se encuentran:

- ✚ Actuar sobre las fuentes perturbadoras (colocando silenciadores)
- ✚ Debilitando la transmisión de las vibraciones acústicas desde la fuente de perturbación hacia la superficie que emiten ruido (colocando en el camino de propagación materiales que absorben la energía de las oscilaciones)
- ✚ Encapsulando el motor y reduciendo la eficiencia de la emisión mediante elementos aislados exteriores de la estructura del MCI (empleando pantallas, cambiando la configuración de las piezas).

Una escala objetiva para determinar la intensidad sonora son los dB(A). Las emisiones sonoras de los automóviles y los tractores se miden durante el paso acelerado a una distancia de 7.5 m desde el centro del vehículo con la marcha más rápida. [40]

A continuación ofrecemos una comparación en cuanto a emisiones de ruidos entre diferentes fuentes para observar el desarrollo alcanzado por la firma de tractores alemana Fendt en la disminución de los niveles de ruido de sus tractores.

Tabla 2.2 Los emisiones de ruidos

Fuente de ruido	Niveles de emisión en dB(A)
Auto de turismo de pasada	70-77
Tractor Fendt de pasada	77-85
Camión de pasada	80-90
Discoteca	90-110
Avión al despegar	110-130

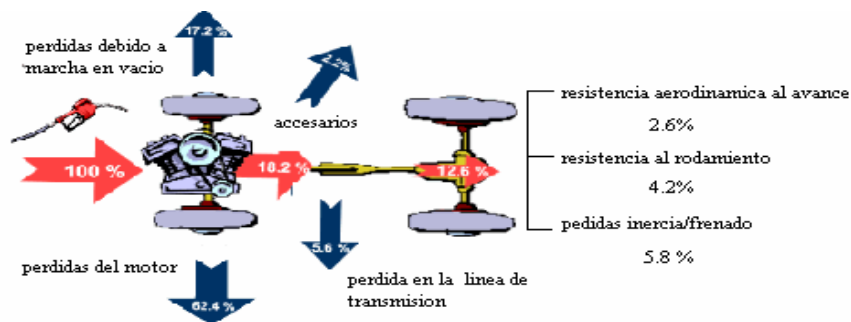
La firma productora de tractores Massey Ferguson ha logrado niveles sonoros de los más bajos: 74 dB(A) en carga y 70 dB(A) sin carga, según ensayo OCDE No. 7760, en la serie 3000-3100 y en la serie 6100 y 8100 alrededor de 72 dB(A).

2.2- Eficiencia Energética

La política de transporte es un elemento crucial del esquema de sustentabilidad. Según un estudio realizado, las combinaciones de múltiples opciones técnicas podrían lograr una mejora promedio en la eficiencia del consumo de hasta el 55% en comparación con los vehículos de 1986. [58]

Todo indica el cambio que experimentará el automóvil en el futuro cercano, que lo más viable es incrementar su eficiencia, que rinda más con menos gasolina. Como el automóvil está

constituido por cientos de partes, cada una con su función definida, primero localicemos las deficiencias energéticas que aporta cada una. Por ejemplo, el consumo de combustible es mayor en lugares donde el tránsito es pesado, cuando se arranca y se frena con más frecuencia. El término "carga de uso final" define cualquier aspecto de la operación del vehículo que consuma la energía provista por el motor; pueden ser pérdidas en forma de energía calorífica en el frenado, la fricción de las llantas, la fricción y la resistencia aerodinámicas y accesorios como el aire acondicionado. La energía necesaria para enfrentar estas cargas se multiplica por la necesidad de sobreponerse a las pérdidas a través del sistema de transmisión que integran el motor, la transmisión y los componentes asociados que convierten la energía química del combustible en energía mecánica útil que mueve también los accesorios. [59] Tomando en cuenta la termodinámica de la combustión y la fricción, sólo un sexto de la energía de la gasolina se emplea en las "cargas de uso final". Aproximadamente un pequeño % de la energía del combustible que se pone en el tanque es utilizado para mover el automóvil sobre la carretera o mover accesorios útiles, tal como el acondicionamiento de aire. El resto de la energía se pierde en el motor, en incapacidades de la línea de transmisión y marcha en vacío. Por lo tanto, el potencial de mejorar la eficiencia de combustible con tecnologías avanzadas es enorme. [33]



La figura 2.3 Los usos típicos y pérdidas típicas de combustible en un vehículo.

Perdidas del motor – 62.4%

En vehículos impulsados por gasolina, por encima del 62% de la energía del combustible se pierde en el motor de combustión interna (ICE). Los motores de ICE son muy incapaces en el proceso de la conversión de la energía química del combustible a energía mecánica, perdiendo energía en la fricción del motor, bombeando aire dentro y fuera del motor, y pérdidas de calor. Tecnologías avanzadas del motor tal como regulación variable de válvulas y carrera de válvulas, turbocargando, inyección directa de combustible y desactivación de cilindro pueden ser utilizados para reducir estas pérdidas.

Además, los motores de diesel son aproximadamente 30 – 35% más eficientes que los motores de gasolina y nuevos avances en tecnologías de diesel y combustible están haciendo que estos vehículos sean más interesantes.

Perdidas debido a marcha en vacío – 17.2%

En la zona urbana, una significativa energía se pierde debido a la marcha en vacío cuando se presentan las luces rojas del semáforo o del tránsito. Tecnologías tal como sistemas de arranque automático integrador / generador (ISG) ayuda a reducir estas pérdidas apagando automáticamente el motor cuando el vehículo se detiene y arrancándolo de nuevo instantáneamente cuando se acciona el acelerador.

Perdida en la línea de transmisión – 5.6%

La energía se pierde en la transmisión y otras partes de la línea de transmisión. Tecnologías, tal como manual automatizado de transmisión (ATM) y transmisión continuamente variable (CVT), están siendo desarrollados para reducir estas pérdidas.

Superando Inercia; pérdidas debido a enfrenado – 5.8%

Para mover hacia adelante, la transmisión de un vehículo debe suministrar suficiente energía para superar la inercia del vehículo, lo cual está relacionado directamente a su peso. Mientras menor sea el peso del vehículo menor será la energía requerida para moverlo. El peso del vehículo puede ser reducido utilizando materiales ligeros y tecnologías que pesan menos (por ejemplo: manuales automatizados de transmisiones pesan menos que los automáticos convencionales).

Además, cualquier momento que se utiliza sus frenos, energía inicialmente utilizada para superar la inercia esta pérdida.

Resistencia al rodamiento – 4.2%

La resistencia al rodamiento es una medida de las fuerzas necesarias para mover los neumáticos delanteros y es directamente proporcional al peso de la carga sostenida por el neumático. Una variedad de las nuevas tecnologías puede ser utilizada para reducir la resistencia al rodamiento, incluyendo banda de rodamiento mejorado y diseños de banquetas y materiales utilizados en la banda de neumático y superficies de tracción.

Para vehículos de pasajeros, una reducción de 5 – 7% en la resistencia al rodamiento aumenta la eficiencia de combustible por 1%. Sin embargo, estos mejoramientos deben ser balanceados contra la tracción, durabilidad y ruido.

Resistencia al avance Aerodinámica – 2.6%

Un vehículo debe consumir energía para quitar aire fuera del camino mientras que esta avanzando en la carretera – menos energía a velocidades más bajas y progresivamente más en cuanto que se aumenta la velocidad. La resistencia al avance es directamente relacionada a la forma del vehículo. Formas de vehículos más alisadas ya han reducido la resistencia al avance significativamente, pero reducciones más allá de 20-30% son posibles.

Accesorios – 2.2%

El acondicionamiento de aire, la dirección hidráulica, el limpiador de parabrisa y otros accesorios utilizan energía generada por el motor. Mejoramientos en la economía de combustible hasta un 1% puede ser alcanzable con sistemas de alternadores más eficientes y bombas de dirección hidráulica.

Para lograr mejoras en el rendimiento de combustible, de modo general habrá que trabajar en los aspectos siguientes:

a) Capacitar automovilistas particulares, al personal de las empresas y de transporte de cargas y de pasajeros en los aspectos de carácter Técnico Organizativo para la mejora en la eficiencia aplicando Condiciones de Explotación Óptima del vehículo como son:

- Servicios Técnicos.
- Metodologías para la conducción eficiente.
- Programas de renovación vehicular.
- Índices de Eficiencia Energética

-
- Racionalización del transporte de mercancías
 - Empleo del Diagnóstico para evaluar la situación energética de las Empresas.
 - Dispositivos para ahorrar combustible
-
- b) Cambios tecnológicos en los nuevos vehículos con mejoras en las tecnologías convencionales.
 - c) Implementación de nuevos sistemas de propulsión basados en tecnologías avanzadas (vehículos híbridos, celdas de combustible, etc.).
 - d) Promover las tecnologías más eficientes, para instruir al consumidor en decisiones sobre compra de vehículos, basadas en eficiencia energética.
 - e) Estudios y Soluciones para mejorar la Capacidad vial, el flujo vehicular y mejoramiento de sistemas de tránsito en sentido general.
 - f) Estudios y Soluciones para mejorar los patrones de urbanización.
 - g) Sistemas estrictos de regulación tecnológica y funcional, de inspección y vigilancia vial a los sistemas de transporte, con énfasis especial en las emisiones contaminantes de la atmósfera.

2.2.1- Aspectos de carácter Técnico Organizativo para la mejora en la eficiencia en la explotación del vehículo

En este epígrafe se profundizará en los aspectos para la mejora en la eficiencia en la explotación del vehículo automotor

Las cualidades de explotación caracterizan las posibilidades de utilización efectiva del vehículo en determinadas condiciones y permiten valorar en que medida sus características constructivas responden a sus condiciones de explotación. Conocerlas es necesario para la proyección de nuevos modelos y para la elección, evaluación y comparación de los diferentes tipos de vehículos en las condiciones de explotación a que serán destinados. De este modo podemos lograr aumentos de la productividad del vehículo y disminuir los costos de las transportaciones, aumentando la velocidad media de movimiento y disminuyendo el consumo de combustible. [38]

Entre las cualidades de explotación se relacionan:

Por **dinámica** se comprende la cualidad de la máquina automotriz de transportar cargas y pasajeros con las velocidades máximas posibles. Mientras mayor es la dinámica del vehículo, mayor será su productividad. La dinámica depende antes que todo de las cualidades tractivas y de frenaje de la máquina automotriz.

La **economía de consumo** es la utilización racional de la energía del combustible durante el movimiento del vehículo. Los gastos por concepto de consumo de combustible constituyen una parte significativa del costo de transportación, por ello mientras menor sea el consumo, menores serán los gastos de explotación.

La **maniobrabilidad** es el conjunto de cualidades que caracterizan la posibilidad del vehículo de variar su posición en áreas limitadas, en movimientos por trayectorias de pequeña curvatura con brusca variación de la dirección, incluyendo la marcha atrás.

La **estabilidad** es la cualidad que garantiza la conservación de la dirección del movimiento bajo la acción de fuerzas de resistencia, que pueden en determinadas circunstancias provocar el vuelco, el patinaje o el derrapaje del vehículo.

La **capacidad de paso** es su cualidad de moverse con seguridad por vías en malas condiciones y terrenos accidentados, y vencer los obstáculos naturales y artificiales.

La **suavidad de marcha** es la cualidad del vehículo de moverse en vías no niveladas, sin grandes sacudidas de la carrocería. De ella depende la velocidad de movimiento, el consumo de combustible, la conservación de la carga y el confort de la máquina automotriz.

La **fiabilidad** está vinculada a la probabilidad del trabajo sin fallos en el transcurso de un determinado período y sin empeoramiento de los principales indicadores de explotación.

La **durabilidad** es la cualidad del vehículo de mantener la capacidad de trabajo hasta el arribo al estado límite.

La **mantenibilidad** muestra la facilidad que el vehículo brinda para prevenir y descubrir las causas que originan sus fallos y deterioros, así como la eliminación de sus consecuencias, mediante la realización de mantenimientos y reparaciones.

Si bien desde el punto de vista de la facilidad de su estudio, estas cualidades se analizan independientemente, en realidad todas están vinculadas.

2.2.1.1- Servicios Técnicos.

Es muy común ver en nuestras carreteras como circulan vehículos con MCI diesel arrojando una gran cantidad de humo negro y MCI de encendido por chispa que al pasar no sólo humean sino que también dejan un fuerte olor a gasolina que incluso es irritante para nuestros ojos, evidencias estas no solo de una elevada cantidad de gases tóxicos sino también de mala regulación del sistema de alimentación de estos vehículos. Por lo que se deduce que de elevar las exigencias al personal técnico responsabilizado por la explotación de estos equipos y a los propios conductores se puede

disminuir no solo la contaminación ambiental sino también dar mejor uso al combustible disponible, pues un sistema de alimentación en mal estado trae aparejado también un consumo de combustible elevado. [62]

Es necesario realizar el mantenimiento programado que indica cada fabricante y seguir las instrucciones del mismo, como por ejemplo, las que se refieren al cambio de aceite y de filtro, etc, Reemplazar un filtro de aire sucio puede mejorar el millaje hasta en un 10%.

Por régimen de mantenimiento técnico y reparación del vehículo se entiende la periodicidad de las operaciones ordinarias de carácter profiláctico y de reparación y la relación de las operaciones o el volumen de los trabajos obligatorios que se ejecutan.

Con el mantenimiento técnico y reparación no solo se asegura la disposición técnica permanente del vehículo para la explotación y el volumen del tiempo de su servicio, sino también los gastos mínimos en el mantenimiento y la reparación del vehículo, requerido por unidad de recorrido o de trabajo de transportación.

Un vehículo en mal estado de mantenimiento o con problemas mecánicos puede despedir diez veces más emisiones que un vehículo en buen estado. Se debe revisar el vehículo regularmente, el encendido y la carburación o inyección deben mantenerse ajustadas en su mejor punto.

Debe prestarse atención a las luces de emergencia del tablero. Si hay algo anormal, se tiene que revisar el vehículo lo antes posible. Se debe poner especial atención en el sistema de escape. Si el humo es negro, significa que hay mucha gasolina en la mezcla y que debe controlar el sistema de inyección de combustible. Si es azul, significa que el auto está quemando aceite y emitiendo hidrocarburos en exceso.

Con una buena puesta a punto del motor lograremos un mejor funcionamiento del mismo y los órganos mecánicos. Un filtro de aire en buen estado permite que el motor “respire” como es debido, logrando una rebaja del consumo de combustible significativa.

Hay algunos tipos de aceite que reducen el consumo de combustible al ofrecer una menor fricción de los componentes del motor. Siempre utilizaremos los que estén homologados y no descartaremos los

recomendados por el fabricante, al menos, hasta superar el plazo de garantía. Se debe utilizar un aceite lubricante que favorezca un menor consumo de combustible.

Los neumáticos también son un factor decisivo en el consumo. La presión correcta y su estado de conservación son fundamentales para la seguridad y el consumo. Unos neumáticos más anchos no siempre favorecen, por el contrario, perjudican al consumo de combustible. La baja presión de los neumáticos también puede dar lugar a un menor rendimiento. Verificar regularmente la presión de aire de los neumáticos y mantener la presión recomendada. El kilometraje se puede mejorar en un 3% si se mantienen los neumáticos inflados con la presión adecuada.

Se deben reparar de inmediato las pérdidas del sistema de aire acondicionado, asegurándose de que no haya filtraciones y si funcionan con R-12 (clorofluocarbonado) se debe sustituir por el R-134-a, con lo cual se contribuirá a reducir el agujero de la capa de ozono.

Los colores oscuros de carrocería incrementan la temperatura en el interior del habitáculo, con el consiguiente gasto energético de aire acondicionado para reacondicionarlo. Por el contrario, los colores plata son los que repelen en mayor medida la acción de los rayos del sol. Los parasoles reflectantes para el cristal son una solución muy económica para mejorar el confort y el ahorro en verano.

2.2.1.2- Metodologías para la conducción eficiente.

El rendimiento de combustible de un vehículo depende no sólo de su diseño y contenido. El comportamiento del consumidor tiene un impacto importantísimo en la cantidad de millas que puede recorrer su vehículo con un galón de combustible. Si se aprovechan estas tecnologías de rendimiento de combustible y optimizan su propio comportamiento vial, el ahorro de combustible puede aumentar.

Los mayores enemigos de la velocidad son la resistencia aerodinámica y la que se produce en la rodadura, motivada por la adherencia de los neumáticos. Esto conlleva una necesidad de potencia extraordinaria para vencer las dificultades al movimiento y, en consecuencia, un mayor gasto de combustible. Como la resistencia aerodinámica se incrementa de forma geométrica con la velocidad,

esto quiere decir que el incremento de consumo que se produce al circular a una velocidad comprendida entre 100 y 120 km/h es menor que el que se tiene al circular entre 120 y 140 km/h.

Una velocidad de cruceo (aquella que no cambia de velocidad, revoluciones ni desplazamiento a cada momento) moderada es más fácil de mantener, pues la cantidad de vehículos que nos ralentizan la marcha se reduce, con lo que disminuye la necesidad de acelerar nuevamente para recuperar la velocidad de cruceo inicial. Una forma de lograr un menor consumo es procurar mantener una velocidad lo más constante posible, similar a la de los vehículos que nos preceden para evitar interferencias en el movimiento, frenadas y aceleraciones innecesarias.

Lo mejor es limitar al máximo la aceleración, ya sea positiva –para aumentar la velocidad, negativa –para disminuirla- o lateral –al tomar las curvas-, por lo que será necesario procurar una conducción lo más fluida y suave posible.

El rendimiento de un motor es la relación entre la fuerza que produce y la energía que consume para suministrarla. En el caso de los motores térmicos puede expresarse en gramos de combustible por kilovatio/hora. Esta relación varía con el régimen del motor, pero en términos generales, el régimen de giro en el que se logra la mejor relación entre las prestaciones que desarrolla y el consumo que tiene, se encuentra muy cerca de la zona de par máximo. Desde el punto de vista del rendimiento, los motores turbodiesel de inyección directa son los que logran un rendimiento térmico superior, cercano al 50 por ciento. [54]

Pese a que parece una contradicción, frenar es gastar, porque implica perder inercia y requiere consumo para reanudar la marcha. Para practicar una conducción económica eficiente es necesario frenar lo menos posible –siempre sin poner en riesgo la seguridad, esto que quede muy claro-, por lo que intentaremos practicar una conducción con los cinco sentidos, que nos permita anticiparnos a los movimientos de los demás (si circulamos en autovía o autopista con tráfico denso y observamos que más adelante la marcha se está deteniendo, iniciaremos la reducción de velocidad con la antelación suficiente para evitar una frenada brusca, simplemente levantando el pedal del acelerador).

Aunque hay varias formas para lograr que el vehículo pierda velocidad: sobre los frenos, sobre la transmisión de potencia o sobre el motor, no se puede recomendar actuar siempre de una determinada forma. Ahora bien, en líneas generales y teniendo siempre en cuenta la seguridad, los

frenos son el medio más eficaz para conseguirlo, ya que han sido desarrollados para tal efecto, permiten dosificar la intensidad del esfuerzo con mayor precisión, actúan sobre las cuatro ruedas y no exigen grandes esfuerzos a la mecánica. La frenada óptima se logra cuando el vehículo rueda sobre el suelo sin deslizamiento o pérdida de adherencia, en línea recta.

En adelantamientos o incorporaciones a vías principales, donde es necesaria una aceleración rápida, se deben hacer marchas más cortas, cambiando un poco antes de alcanzar el régimen de potencia máxima. Una vez alcanzada la velocidad de cruce deseada intentaremos circular de forma constante en la velocidad más larga posible.

Como decíamos al principio, girar también significa gastar. Básicamente esto se produce por dos motivos: al coche le cuesta más circular en curva que en línea recta, tanto más cuanto más cerrada sea la curva y, en segundo lugar, porque el mecanismo que mueve la dirección para girar las ruedas también absorbe parte de la energía suministrada por el motor (algunos fabricantes incorporan ya sistemas de dirección servoasistidos por mecanismos eléctricos que no restan energía directamente de la polea del cigüeñal, sino que lo hacen de la batería. Según afirman, estos dispositivos permiten un ahorro de combustible en torno al 8 por ciento).

Está claro que hay que girar en las curvas, por lo que intentaremos trazarla lo más abierta que nos permita la carretera. Es decir, nos colocaremos hacia la parte exterior del inicio de la curva (punto de giro) hasta que veamos el vértice de la misma (punto de tangencia) y, una vez superado éste, abriremos la dirección suavemente, de nuevo, hacia la parte exterior (punto de salida). De esta forma lograremos describir la trayectoria con el mayor radio posible.

En la práctica, lo más fácil resulta mirar hacia donde se acaba la curva, no inmediatamente delante del coche, lo que nos permitirá llevar a cabo un trazo más amplio sin girar más de lo necesario.

Los automovilistas pueden contribuir a reducir el nivel de emisiones Teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✚ Se debe mantener siempre que se pueda la velocidad más económica (está indicada en el manual del automotor). Mantenerse dentro del límite máximo de velocidad.

-
- ✚ Suavidad al acelerar, trazar, cambiar de marcha o frenar y conducir anticipando las eventualidades del tráfico. Es conveniente mantener una velocidad a la que se mueve el resto de los vehículos, de forma que se mantiene un movimiento uniforme y constante. Acelerar y desacelerar el motor frecuentemente produce desgaste de todo el vehículo y mayor consumo de combustible.
 - ✚ Hay que sacar el pie del acelerador apenas se ve que la luz del semáforo de tránsito cambia del verde al amarillo o al rojo, y frenar moderadamente, en vez de mantener la velocidad o hasta aumentarla (como hacen erróneamente muchos conductores) y tener luego que frenar violentamente frente a la luz roja, para volver después a arrancar el vehículo cuando la luz cambia, lo que podría haberse evitado. Esta mala práctica no sólo es contaminante, sino que aumenta los gastos de operación y mantenimiento del vehículo, por mayor consumo de combustible y lubricante, desgaste de motor, frenos, neumáticos, embrague y carrocería, a más del peligro de ser chocado desde atrás. Hasta chocar es contaminante, además de las víctimas que puede ocasionar, dado que en la reparación se consume energía e insumos contaminantes.
 - ✚ Reducir el millaje recorrido por vehículo: Esto se logra con la planificación de los viajes aprovechando un mismo viaje para hacer varias cosas, con el uso del transporte público o bicicleta, caminar más, etc. Un autobús de 40 pies lleno de pasajeros posibilita que dejen de circular 58 automóviles. Se deben evitar las zonas de tránsito congestionado.
 - ✚ Conducir a velocidad moderada y constante. También es importante reducir el tiempo de detención del vehículo con el motor encendido. Una detención de más de medio minuto quema más gasolina de la que se consumiría apagando y volviendo a encender el motor. El conducir a alta velocidad produce un mayor nivel de emisiones. Evite detenerse en los expendedores para automovilistas.
 - ✚ No se debe llenar el tanque de gasolina hasta que desborde, la tapa del tanque debe ajustarse bien, de manera de evitar derrames de combustible. No habilitar gasolina en días de alto contenido de ozono, hacerlo después de que oscurezca.
 - ✚ Viajar con cargas innecesarias aumenta el consumo. La sobrecarga del vehículo repercute en comportamiento, seguridad y consumo. La utilización de la baca se realizará únicamente en situaciones de necesidad y deberá ser desmontada una vez terminado el servicio. Los cofres aerodinámicos son mejor solución que los remolques para llevar los objetos que no quepan

en el maletero en los largos desplazamientos. Un peso adicional de 100 libras en un vehículo puede reducir la economía de combustible hasta en un 2%.

- ✚ Circular con la calefacción o el aire acondicionado encendidos innecesariamente –que tiene un gran consumo eléctrico- penaliza el gasto. Lo mismo ocurre con, las luces cuando no son necesarias, etc.

2.2.1.3- Programas de renovación vehicular.

En muchos países en desarrollo, como consecuencia de su situación económica, el movimiento de mercancías y pasajeros se ha visto reducido drásticamente. Son muchas las empresas que desaparecen, porque carecen de preparación para enfrentar estos problemas; los más difíciles de superar son los humanos. [38]

Las empresas de transporte, en su mayoría, siguen funcionando como cooperativas, aunque legalmente sean empresas. Esta situación ha propiciado una renovación vehicular heterogénea y discontinua: existen períodos en que se realizan compras importantes y otros, muy prolongados, en los que no se adquieren vehículos. Se requieren nuevas técnicas para planificar con efectividad la adquisición de vehículos, adaptando las mismas a los requerimientos de cada empresa.

La renovación oportuna de las unidades, trae consigo un conjunto de beneficios significativos para cualquier empresa de transporte. Además de los ahorros de combustible, en ciertos casos hasta del 12 % del consumo anual de la unidad, la sustitución de una unidad con diez años de explotación, significa ahorros de mantenimiento superiores al 30 % en los primeros años de operación y, en consecuencia, un aumento de la disponibilidad del vehículo, al reducirse los tiempos de inmovilización en taller.

Estos beneficios sólo pueden mantenerse cuando la empresa practica una política adecuada de servicios técnicos. No obstante, es necesario enfatizar que la decisión oportuna de reposición constituye un factor clave. Si bien es cierto que un vehículo antiguo soporta costos fijos bajos, puesto que no carga con gastos financieros de amortización de crédito, ni con cargos por depreciación contable, en realidad, esta baja en los costos fijos de operación resulta ser un espejismo. A cambio de ella, la empresa asume crecientes costos variables de combustible y mantenimiento y, lo que es más significativo, cualquier unidad antigua suele reportar menores ingresos anuales que

externa. Cabe aclarar de las mismas simulaciones, en el caso de un país industrializado arrojarían una edad prioritaria sensiblemente menor (6-8 años), según la rama de actividad. El período 8-9 años aparece como una segunda prioridad, después de eliminar los vehículos más antiguos. Podría representar un buen compromiso para iniciar una reposición sistemática que permita a las empresas homologarse con sus competidores de Norteamérica.

Recomendaciones para la selección de los Métodos de Renovación.

Todos los métodos de reposición vehicular antes mencionados requieren de una información mínima para ser implantados. En particular, es imperativo disponer de una información por familias de vehículos, incluyendo por lo menos:

- ✚ Valor y fecha de compra de las unidades
- ✚ Reglas de depreciación practicadas
- ✚ Kilometraje anual de las unidades
- ✚ Costo anual de mantenimiento de las unidades

En lo referente a la selección de los métodos más adaptados a la capacidad de las empresas, se pueden sugerir las siguientes recomendaciones:

- ✚ Para empresas sin contabilidad analítica de costos: En este caso, muy común en países no desarrollados, es recomendable aplicar los métodos 1 ó 2, comenzando por desarrollar una contabilidad del taller, como paso previo al desarrollo ulterior de una contabilidad del costo completo de transporte. De esta manera, estas empresas estarán en posibilidad de aplicar paulatinamente los otros métodos que conlleven resultados más pertinentes, sobre todo cuando el kilometraje de las unidades es más irregular o cuando muchas marcas distintas están representadas en el parque de vehículos.
- ✚ Para empresas con contabilidad analítica de costos: La aplicación del resto de los métodos depende del nivel de desarrollo de sus herramientas informáticas. El método 3 no requiere ningún sistema en particular y puede ser implantado con recursos propios. Sin embargo, se recomienda una aplicación descentralizada, es decir, externa a la contabilidad general que podría ser desarrollada por una o dos personas pertenecientes a la gerencia de ventas o de tráfico, con sus respectivos enlaces en el taller y en la gerencia administrativa. En el caso de las empresas más familiarizadas con la micro-informática y el manejo de redes internas, se

recomienda la aplicación de los métodos 4 ó 5, siendo el último el más apropiado para una optimización integral de la reposición de vehículos, puesto que este método se beneficia de las mejoras constantes aportadas al desarrollo de una gama de productos informáticos.

En particular, ya existen productos comerciales que relacionan la política de reposición del parque de vehículos con disponibilidad financiera de las empresas, procurando optimizar las compras anuales de vehículos nuevos y semi-nuevos. Así mismo, existen aplicaciones más recientes que combinan la definición del período óptimo de reposición con la determinación de criterios de selección vehicular.

2.2.1.4- Índices de Eficiencia Energética

Los índices de consumo

Índice de combustible

Como en cualquier diagnóstico energético, en las empresas de transporte se deben de establecer los índices energéticos, que representen los valores de energía utilizados unitariamente. [20]

Se ha visto que uno de los más representativos es el rendimiento energético de las unidades o sea la cantidad de combustible utilizada por kilómetro recorrido o visto económicamente, el costo debido al consumo de combustible por cada kilómetro recorrido. Estos son los valores finales que en cualquier programa de uso racional de energía, dentro de una empresa transportista, se deben de optimizar y a la vez mantener en ellos un continuo monitoreo para evitar desviaciones o ver los resultados de las acciones implantadas.

Índice de aceite

Los índices de aceite para equipos de construcción, transporte y complementarios se expresan en kg de aceite/ 100 kg de combustible.

Para determinar los índices de cambio se ha dividido la capacidad de los carteres o depósitos por el número de horas (o km) entre cambios sucesivos mediante las siguientes expresiones según sea un equipo de construcción o transporte.

$\text{índice aceite} = 100 \times \text{capac. carter (L)} \times \text{peso esp. aceite (kg/L)} / \text{índice cons. comb. (kg/h)} \times \text{ciclo cambio aceite (h)}$

$\text{índice aceite} = 1000 \times \text{capac. carter (L)} \times \text{peso esp. aceite (kg/L)} / \text{índice cons. comb. (kg/100km)} \times \text{ciclo cambio aceite (km)}$

El índice total se define como la suma del índice de cambio más el índice de relleno. Para calcular el índice total se multiplica el índice de cambio de aceite motor por 1.5 y el resto de los índices por 1.25. La diferencia entre estos coeficientes reside en las cantidades de aceite motor que inevitablemente se quema o escapa en una u otra forma, en dependencia del estado de los aros del pistón, el tamaño y tipo del motor, el número de horas o km entre cambios constructivos por encima del consumo teórico para atender las pérdidas ocasionadas por la manipulación durante la distribución. Para hallar la necesidad de un tipo de lubricante se multiplica el índice de lubricante (kg de aceite/ 100kg de comb.) por el combustible consumido en un periodo dado y se divide por 100. Para calcular un cambio de aceite inicial se ofrecen las capacidades de los cárteres en litros, por marca y modelo de equipo.

La adecuación del servicio a la demanda puede medirse mediante CUATRO indicadores significativos.

- el índice kilométrico
- el índice de aprovechamiento vehicular
- el índice de recorrido en carga
- el índice de carga.

Índice kilométrico

El cálculo de este índice consiste en dividir el kilometraje anual real del vehículo, con o sin carga (pasajeros), por el kilometraje anual ideal, este último refiriéndose a una norma profesional o interna de la empresa.

$$\frac{\text{kilometraje anual real}}{\text{kilometraje anual ideal}} = \text{Índice kilométrico}$$

Índice de aprovechamiento vehicular

El cálculo de este índice consiste en dividir el número de toneladas kilométricas efectivamente transportadas por el número de toneladas kilométricas efectivamente ofertadas, siendo estas las que se transportarían a la plena capacidad nominal de la unidad recorriendo el kilometraje total.

$$\frac{\text{toneladas kilométricas reales}}{\text{toneladas kilométricas ofertadas}} = \text{Índice de aprovechamiento vehicular}$$

Índice de recorrido con carga

El cálculo de este índice consiste en dividir el kilometraje realizado con carga entre el kilometraje total efectuado.

$$\frac{\text{kilometraje con carga}}{\text{kilometraje total}} = \text{índice de recorrido con carga}$$

Índice de carga

Es la relación entre el número de toneladas promedio de carga - en un periodo determinado y para un tipo de recorrido dado - entre la carga útil o nominal del vehículo.

$$\frac{\text{toneladas promedio de carga}}{\text{capacidad nominal de la unidad}} = \text{Índice de carga}$$

Se verifica fácilmente que el índice de aprovechamiento vehicular es el producto del índice de carga y del índice de recorrido en carga. En efecto si $T_R \times K_R$ es el número de toneladas kilométricas realmente transportadas y $T \times K$ el número de toneladas kilométricas potenciales, tenemos:

$$\frac{T_R \times K_R}{T \times K} = \frac{T_R}{T} \times \frac{K_R}{K}$$

Con la información de cómo se obtuvieron los índices, en caso de adquirir un equipo nuevo que no exista en esta relación se pueden calcular los mismos para el uso en la empresa.

El valor de estos índices tiene que ser lo más aproximado a 1 en valor absoluto. Las desviaciones de la unidad se pueden ver como potenciales de ahorro analizando las causas que lo originan, para poder proponer soluciones que sean económicamente atractivas a la empresa.

En operación, existe también otro parámetro muy interesante por medir, cuando la empresa tiene los datos correspondientes, ya que está muy relacionada con la política de renovación vehicular de la empresa; se trata de la pirámide del kilometraje acumulado por vehículo, en función de su edad.

Con estos parámetros se está en capacidad de diagnosticar la operación de una empresa. El empresario y el consultor deben de analizar en detalle estos índices que siempre son una fuente confiable de información y un punto para detectar puntos de ahorro de energía.

Desgraciadamente las causas que originan valores bajos de ellos no pueden generalizarse puesto que dependen del caso particular de cada organización. Sin embargo, existen causas que se presentan con frecuencia en varias empresas.

2.2.1.5- Racionalización del transporte de mercancías

Aprovechamiento óptimo de la capacidad de carga del equipo

El índice de modalidad de transporte (IMT) - que relaciona las t.km efectivamente transportadas con las t.km que potencialmente podrían haber sido transportadas debe tender a valer 1 en los distintos tipos de carga. Este indicador revela el alto grado de competitividad en las empresas de transporte de carga.

Una empresa de transporte automotor calificada como “promedio”, debe contar con una infraestructura necesaria que reúna las siguientes características: a) un “umbral” mínimo de

mantenimiento de rutina; b) un sector de mantenimiento extraordinario con un “stock” de repuestos que incluya motores; c) una playa de estacionamiento con equipos auxiliares para acomodación de la carga; d) oficinas equipadas. Dichas exigencias las cumplen, en general, las empresas medianas, grandes y muy grandes. [22]

Si se analiza el grado medio de ociosidad asociado al tamaño de camión, se observa que el nivel más grande se encuentra entre los camiones extra pesados (un 33,8%). En el caso de las ETC esto puede originarse en que los camiones de gran porte no siempre logran carga de retorno, dado que la ociosidad se calcula tomando en cuenta los viajes en lastre, determinando su relación con los viajes que movilizan carga.

Las empresas dedicadas al transporte de cargas por automotor pueden agruparse en tres grandes categorías. Un primer grupo reúne a las empresas cuyas funciones se limitan al acarreo de las cargas. Este grupo es el más numeroso de los tres y contiene a las unidades de menor tamaño (la más baja relación vehículo/empresa). Una segunda categoría está conformada por las empresas que además de realizar el acarreo que obtienen de los dadores de carga, asumen la organización de la operación de transporte, subcontratan a otras empresas (las de la primera categoría) y efectúan las operaciones aledañas al transporte, como el depósito de mercaderías y diversos procedimientos administrativos. Son empresas de tamaño mediano a grande y suelen vincularse con sus clientes por períodos de medio y largo plazo, ya sea a través de las habituales relaciones de tipo informal o de contratos. El tercer grupo reúne a las empresas que ofrecen servicios de transporte multimodal acudiendo a la subcontratación.

Mediante sistemas de bodegas de transferencia, horarios adecuados de carga y descarga evitando los viajes vacíos.

GPS: Sistemas de Rastreo de Vehículos

El Sistema de Posicionamiento global (GPS, de las siglas en inglés), es un sistema de navegación mundial que consiste de 25 satélites operacionales, controlados y sufragados por el departamento de defensa de los Estados Unidos que transmiten a la tierra constante información de posición y tiempo. Se requiere de equipos avanzados de comunicación GPS para la recepción e interpretación de la

información. La localización es determinada por un proceso de triangulación de distancias entre el vehículo y los satélites. [39]

El rastreo de vehículos a través del GPS, es una de las más modernas herramientas en el manejo de flotas, con este se puede: optimizar las rutas de los conductores, ahorrar combustible y tiempo, reducir robos y controlar las funciones de los vehículos, entre otras cosas. Entre estos sistemas tenemos: "sistema de traza simple" y "sistema de rastreo a tiempo real".

Muchas compañías poseen amplias flotas de vehículos y dos de los problemas asociados con el cuidado y mantenimiento de las mismas son:

1. El conocimiento de la ubicación actual de algún vehículo en particular, y
2. La condición física de este.

Los sistemas de rastreo están orientados al mejoramiento de estos dos aspectos. Un sistema completo de rastreo de flota consta de: un dispositivo de comunicaciones colocado en el vehículo, una red de comunicación y un sistema computarizado de información.

En el mundo del Sistema de Localización Automática de Vehículos, (AVL, de sus siglas en inglés), con el cual se pretende:

- ✚ Mejorar la seguridad del viajero
- ✚ Mejorar la eficiencia del viaje al reducir la congestión.
- ✚ Ahorrar energía a través de la reducción del consumo de combustible.

Rastreo de posicionamiento simple vs Rastreo a tiempo real

El rastreo de los vehículos a tiempo real desde la oficina puede necesitar de un administrador de flota si el propósito principal es re-encauzar el vehículo, basándose en su posición con relación a otros vehículos de la flota. El rastreo a tiempo real requiere de una comunicación inalámbrica en ambos sentidos, entre el vehículo y la oficina. Para los vehículos que permanecen en un área geográfica limitada, como por ejemplo una ciudad, esto puede lograrse a través de radios. Cuando el vehículo necesita ser rastreado a una escala más amplia, se requiere de la comunicación satelital o celular.

La traza de posición simple (rastreo pasivo), es menos costosa, porque no se requiere de comunicación inalámbrica. En lugar de eso, un dispositivo GPS colocado en el vehículo ilustra la posición y velocidad, para más tarde vaciarla en un computador para su revisión. Un sistema de rastreo simple puede proveer información extremadamente detallada que es fácil de estudiar utilizando un software gráfico. El equipo de rastreo es muy seguro contra violaciones y únicamente puede ser accesado por el director de la flota. De hecho, el sistema de traza simple es el método más eficaz para contabilizar el desempeño en la flota de vehículos.

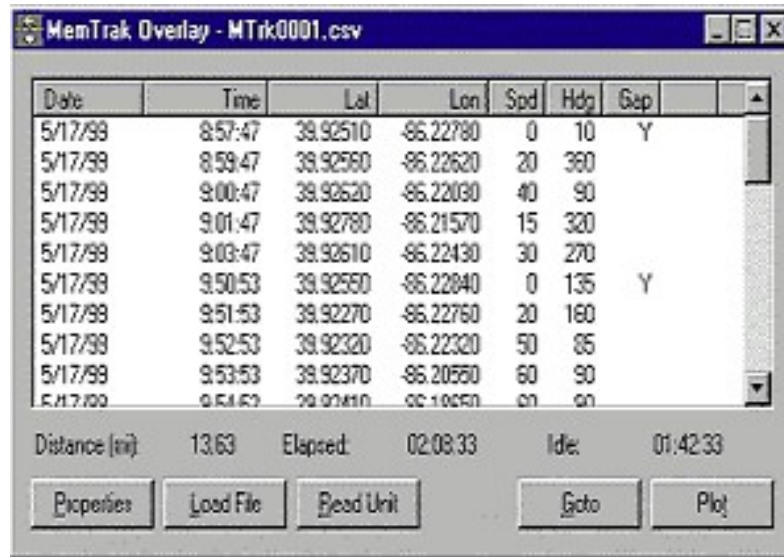
Algunas compañías han desarrollado sus propios dispositivos para el rastreo pasivo, por ejemplo, Outfitter Satellite, lanzó al mercado el MemTrak con este, los directores de flota pueden fácilmente revisar la traza de tiempo ocioso, analizarla y luego mejorar la eficiencia de los empleados, validar las rutas y si es necesario tomar acciones disciplinarias.

Una vez instalado en el vehículo, el dispositivo empieza a producir y a almacenar reportes de velocidad, posiciones con fecha y horas específicas. No se requiere la intervención del usuario. Lo que se necesita es bajar ocasionalmente la historia de la traza a través de un puerto serial en el computador. Por lo general, este hardware también viene acompañado de un paquete de software, el cual permite rastrear el recorrido a uno o más vehículos, y pueden ser graficados y vistos simultáneamente en un mapa de nivel detallado. El software le permite al usuario aislar rápidamente un período de tiempo específico y un vehículo específico, y ver información importante sobre el total de la distancia transitada o el total de tiempo ocioso.



Figura 2.4 Un rastreo pasivo

Ya que se almacena la data en formato separado por comas (CSV), puede almacenarse para una posterior revisión o importarse directamente a programas de hojas de cálculo para análisis adicionales:



Date	Time	Lat	Lon	Spd	Hdg	Gap
5/17/99	8:57:47	39.92510	-86.22780	0	10	Y
5/17/99	8:59:47	39.92560	-86.22620	20	360	
5/17/99	9:00:47	39.92620	-86.22030	40	90	
5/17/99	9:01:47	39.92780	-86.21570	15	320	
5/17/99	9:03:47	39.92610	-86.22430	30	270	
5/17/99	9:50:53	39.92590	-86.22840	0	135	Y
5/17/99	9:51:53	39.92270	-86.22760	20	160	
5/17/99	9:52:53	39.92320	-86.22320	50	85	
5/17/99	9:53:53	39.92370	-86.20550	60	90	
5/17/99	9:54:53	39.92410	-86.18590	60	90	

Distance (mi) 13.63 Elapsed 02:08:33 Ide 01:42:33

Properties Load File Read Unit Goto Plot

Figura 2.5 El análisis de datos del rastreo

Por otro lado, este tipo de dispositivo posee memoria no volátil, y puede almacenar hasta 3200 reportes de posiciones de vehículos en intervalos seleccionados por el usuario. También puede programarse para no grabar cuando el vehículo se detiene.

Rastreo de vehículos a tiempo real TraCleo

El sistema de rastreo a tiempo real TraCleo, provee un posicionamiento global y el status de cualquier vehículo a pesar de su ubicación. La comunicación se realiza a través de una extensa red de satélites de órbita baja (LEO: low orbit earth), así que TraCleo, no sufre de las limitaciones de cobertura de los típicos sistemas de rastreo celular.

El chequeo de la posición puede ser iniciado desde su sitio de web protegido por una contraseña. Eso significa que no se requiere una costosa estación base. Lo único que se requiere es un PC ordinario conectado a Internet. Esto también significa que los directores de flota pueden acceder simultáneamente desde diferentes lugares de la corporación.

La posición de uno o más vehículos, pueden ser mostradas en un mapa de nivel detallado de las calles. El proceso de muestreo normalmente toma 5 minutos, lo cual significa que siempre se sabe la ubicación actual de todos los vehículos.



Figura 2.6 La mapa de las calles

El equipo colocado en el vehículo puede ser programado para enviar automáticamente reportes de posición a intervalos regulares de tiempo, igualmente puede enviarse alertas de emergencia directamente al pager o fax.

Con los sistemas de Localización Automática de vehículos se puede:

1. Acortar el tiempo de respuestas a llamadas de emergencia
2. Saber la posición exacta de los vehículos.
3. Reducir las demandas constantes de ubicación por medio de los radios de voz.
4. Tener dominio visual estratégico de una flota de vehículos desde el centro de mando.
5. Despachar Vehículos a distintas áreas geográficas sin importar su recorrido.
6. Establecer rutas de patrullaje preventivo que no sean redundantes y revisar su actividad.

Los programas de ahorro de energía para las flotas vehiculares, tendrán como punto de partida, el uso generalizado de un Sistema de Información diseñado específicamente para el establecimiento de

controles estrictos sobre los consumos de combustible y que permitirá, entre otras cosas, evaluar para cada grupo homogéneo de vehículos, la eficiencia energética que registran en su operación cotidiana para actuar oportunamente ante las deficiencias.

2.2.1.6- Empleo del Diagnóstico para evaluar la situación energética de las Empresas.

La asistencia técnica, incluidas las auditorías energéticas, será una actividad fundamental para apoyar la solución de la problemática que viven las empresas de Transporte y sugerir la aplicación de proyectos y programas enfocados hacia la reducción del consumo de combustible y los beneficios colaterales que esto lleva como son: reducción de costos de mantenimiento, mayor duración de las unidades, de las llantas, etc. [20]

La metodología del diagnóstico energético se puede establecer de manera general mediante el siguiente esquema:

- 1) Recopilación en la empresa de transporte de la información de las cuatro áreas involucradas directamente con el vehículo: Operación, mantenimiento, parque vehicular y forma de manejo por parte del operador.
- 2) Se realiza el análisis de la información recopilada en cada una de las áreas.
- 3) Se presenta el diagnóstico de los problemas que fueron identificados en las diferentes áreas que fueron revisadas.
- 4) Se realizan las recomendaciones técnicas pertinentes que pueden tener un impacto desde el punto de vista energético, así como los proyectos específicos para cada área, estos proyectos pueden considerar nuevamente la realización de un diagnóstico detallado.

Cada una de las acciones mencionadas en el esquema anterior, requieren que se tomen en consideración los siguientes aspectos:

A Estructura organizacional de la empresa.

Se recopila la información concerniente a las bases jurídicas del establecimiento de la empresa, así como la organización general de la misma.

B Tipo de operación de la empresa.

Permite conocer la naturaleza de las actividades de la empresa, los medios con que se cuenta para afrontar la demanda, así como los resultados que se han tenido en los años anteriores. El departamento de operación, es el responsable de la organización tanto de las unidades como de los operadores, esto es, de la organización de los servicios de transporte propiamente dichos para satisfacer la demanda del cliente

C Estructura del parque vehicular.

El conocimiento del estado del parque vehicular, implica una distribución por clases considerando los siguientes factores: modelo, marca, capacidad (toneladas útiles o número de pasajeros), peso total en carga y en vacío, edad. Esto permite tener una idea del estado general de la flota, de las condiciones de mantenimiento, de los aparatos existentes a bordo de la unidad que permitan reducir o controlar los consumos de combustible.

D Características mecánicas de los vehículos

Tipo de recorrido que principalmente realiza., permitirá que exista un rendimiento mecánico y energético óptimo, con la facilidad de subir pendientes a una velocidad adecuada y de circular en condiciones óptimas de régimen estabilizado del motor

E Mantenimiento del parque vehicular

El diagnóstico del área de mantenimiento permite emitir un primer juicio sobre el esquema general de mantenimiento y de la capacidad que tiene la empresa para administrar el sistema que está aplicando

F Tipo de manejo del vehículo por parte del operador

Identificar la forma de conducir los vehículos y con esta base establecer las acciones a seguir.

G Gestión y seguimiento de la energía

Recopilar la información en cuanto a las características de los combustibles y lubricantes utilizados. Los mecanismos de adquisición, distribución y control de las cantidades tendrán que ser analizados. Se deberán de considerar las formas del establecimiento, contenido de los consumos específicos y de

los balances energéticos, así como de la organización y política de la empresa en materia de gestión de la energía.

H Sistemas de información

Identificar el sistema de información que se tiene en la empresa, así como los diferentes elementos de la organización que participan en el flujo de información. Ante la necesidad de contar con un mecanismo que permita establecer las deficiencias en la flota vehicular actual y las posibilidades de establecer medidas adecuadas para su óptimo funcionamiento. En este documento se presentan, primeramente, los fundamentos de los diagnósticos energéticos y la forma en que éstos se realizan. Posteriormente se analizan dos casos de estudio en los cuales se ha aplicado esta metodología. En primer lugar se presenta la metodología aplicada a una flota de una institución gubernamental; enseguida, su aplicación en una empresa de transporte de ferroviario. En cada caso, una vez que se ha realizado el diagnóstico, se presentan las recomendaciones para cada una de las áreas en las que se detectaron problemas.

2.2.1.7- Dispositivos para ahorrar el combustible

Magnetizador de Combustible.

El método consiste en aplicar un campo magnético, mediante un imán permanente, la figura 2.7, para ionizar el combustible que alimenta a los dispositivos de combustión, con lo que podemos conseguir una combustión más completa, mejorando la eficiencia (obteniendo un ahorro de combustible) y reduciendo las emisiones contaminantes. [21]

El aire y el combustible son tratados con un campo magnético mediante imanes permanentes montados en el conducto de entrada combustible. Instalaremos el imán permanente de forma que su polo Sur que en contacto con el conducto del combustible.

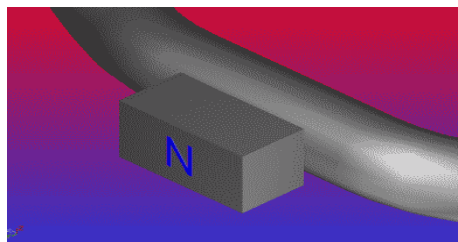


Figura 2.7 El magnetizador de combustible

Funcionamiento.

La mayoría de motores de combustión interna utilizan combustibles líquidos, pero los combustibles líquidos no son combustibles (en estado líquido), es decir, solo se quema la parte vaporizada y mezclada con aire en el momento de la explosión.

Normalmente las emisiones de gases procedentes del motor de los vehículos son Hidrocarburos no quemados (CH), Monóxido de Carbono (CO), y Óxidos de Nitrógeno (NO_x). Los Hidrocarburos no quemados y los Óxidos de Nitrógeno reaccionan con la atmósfera para formar humo. El humo es altamente oxidante en el ambiente y es la principal causa de la irritación de ojos y garganta, provoca mal olor, daña las plantas y reduce la visibilidad. Los Óxidos de Nitrógeno son también tóxicos. El Monóxido de Carbono perjudica la capacidad de la sangre de transportar oxígeno al cerebro, incrementando los tiempos de reacción y empeorando la capacidad de juicio.

Principalmente los combustibles son hidrocarburos. Estos hidrocarburos cuando pasan através de un campo magnético, cambian su orientación de magnetización a la dirección opuesta a la del campo magnético. Las moléculas de hidrocarburo cambian su configuración, al mismo tiempo que la fuerza intermolecular se reduce considerablemente. Esta modificación ayuda a dispersar las partículas del combustible, de forma que éste se vaporiza más fácilmente y por tanto se facilita su combustión. [27]

El combustible líquido o gaseoso utilizado en motores de combustión interna está compuesto de grupos de moléculas. Cada molécula incluye un determinado número de átomos, cada uno compuesto de su núcleo y de sus electrones orbitando su alrededor. Cada molécula tiene un campo magnético por sí misma, causado por la rotación de los electrones. De esta forma, existe una carga eléctrica, positiva (+) y negativa (-) en las moléculas de combustible. Por esta razón, las partículas de combustible de las cargas eléctricas positivas y negativas no se dividen en partículas más pequeñas (los polos opuestos se atraen). Por lo que, el combustible no está activamente interrelacionado con el oxígeno durante la combustión, provocando una combustión incompleta. Para mejorar esto, tenemos que descomponer o ionizar el combustible. Esta ionización la podemos conseguir con la aplicación de un campo magnético procedente de un imán permanente o de un electroimán, la ventaja que presentan los imanes permanentes sobre los electroimanes es que, los primeros, no consumen electricidad.

El combustible magnetizado produce una combustión más completa, proporcionando, mayor rendimiento del motor, ahorro de combustible, más potencia y reducción de Hidrocarburos, Monóxido de Carbono y Óxido de Nitrógeno en los gases de escape. Además, el combustible

cargado magnéticamente disuelve el carbón del carburador, inyectores de gasolina, y cámaras de combustión, ayudando a limpiar el motor y a mantenerlo limpio.

Resultados en pruebas de consumo realizados en automóviles:

- **Ford** de 1980 con un motor de 3.3 litros pasa de 18 MPG (Millas por Galón) a 24 / 27 MPG => 33 / 50 % incremento de millas, es decir: 5.5 G/100M a 4.16 / 3.7 G/100M => 25 / 32 % reducción de consumo.

- **Toyota** de 1970 en campo pasa de 35.8 MPG a 40.8 MPG => +14 % incremento de millas, es decir: 2.7 G/100M a 2.45 G/100M => 8 % reducción de consumo.

- **Toyota** de 1970 en ciudad, pasa de 21.4 MPG a 28.9 MPG => + 35 % incremento de millas, es decir: 4.6 G/100M a 3.4 G/100M => 26 % reducción de consumo.

- **Dodge** pasa de 12 MPG a 19 MPG => + 59 % => incremento de millas, es decir: 8.4 G/100M a 5.24 G/100M => 37 % reducción de consumo.

- **Citroën** BX 19 Diesel con imanes cerámicos obtenidos de motores eléctricos de imán permanente, ha pasado de consumir unos 6 litros/100Km a unos 4.8 litros/100 Km. => 20 % de reducción de consumo.

- **Yamaha** TZR 50 ha pasado de consumir unos 3.13 litros/100 Km. a unos 2 litros/100 Km. => 36 % de reducción de consumo.

NOTA: Estas medidas son aproximadas, al sistema de medición utilizado no le sobra precisión, y el consumo de un vehículo depende de muchos factores, como son: la humedad ambiental, el desnivel de la carretera, la cantidad de carga, la velocidad (la cantidad de tráfico, el tipo de conducción, etc...).

El Vortex



Figura 2.8 El vortex

Al pasar el aire más rápido, mejora la combustión, y por eso, hay ahorro. El Vortex como se muestra en las figuras 2.8 (a) & (b), provoca que entre así, en torbellino, así que llega más rápido. Se puede usar en cualquier camión, autobús, pick up, automóvil, hasta motos. No importa si su motor es diesel o gasolina. Al aumentar la potencia, usted le saca más rendimiento al combustible. Le va a servir para reducir la emisión de gases. El ahorro eso sí, usted lo va a notar si sigue manejando como lo hacía antes: porque si acelera más para sentir la potencia, entonces gasta más. [15]

El método de regulación de la presión inicial de inyección desde la línea de alimentación de combustible

Los índices de economía de combustible y ecológicos de los motores diesel automotrices y de tractores pueden ser mejorados optimizando los parámetros de la inyección de combustible para cada régimen de funcionamiento. La intensidad del suministro de combustible, así como el carácter constante del ángulo de adelanto de la inyección, influyen notoriamente sobre la economía del motor, la cual depende en particular de la presión inicial de combustible en la línea de alta presión. [53]

Uno de los parámetros más importantes para mejorar los procesos de inyección es la presión inicial del combustible, la cual proviene de la presión residual previa en la línea de alta presión; por lo tanto, regulando la presión inicial se pueden mejorar los parámetros de inyección y los índices económicos de los motores diesel automotrices.

El grado de influencia de la presión inicial en el proceso de suministro de combustible depende, ante todo, de la relación del volumen de suministro cíclico de combustible con el volumen de la línea de impulsión; por lo tanto, la efectividad del empleo de los sistemas con RND crece con la disminución de la carga.

El empleo de los sistemas con RND promete, más adelante, tomar una posición de procedimiento complementario; aumentando la economía de combustible, la potencia y la duración (vida útil) de los motores diesel.

Estructura y principio de funcionamiento del método

Después de finalizado el proceso de inyección, la presión en la línea de impulsión cae bruscamente alcanzando valores inclusive menores que la atmosférica; esta presión residual vendrá a ser la inicial del siguiente ciclo de inyección.

Este método tiene el siguiente principio: Después del final de la inyección, cuando la válvula impelente 2 con su anillo de descarga cae en su asiento; se forma en la línea de alta presión 3 una onda de depresión, abriéndose la válvula de retención 4 (válvula de regulación de la presión inicial

de inyección, válvula RND) y, por diferencia de presiones el combustible complementario, proveniente de la línea de baja presión 5, ingresa a la línea de alta presión (ver fig. 2.9). Debido a que la onda de depresión recorre la línea 3 varias veces hasta amortiguarse y, correspondientemente varias veces se abre la válvula RND (períodos w_1 , w_2 , w_3 en la fig. 5); el combustible complementario, proveniente de la línea de baja presión (LBP), ingresa en pequeñas cantidades, en función a los niveles de depresión.

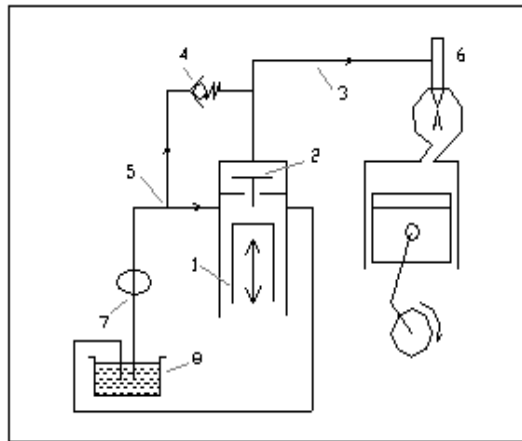


Figura 2.9. (a) Sistema de regulación de la presión inicial (sistema RND): 1-bomba de inyección, 2-válvula impelente, 3-LAP, 4-válvula RND, 5-LBP, 6-inyector, 7-bomba de baja presión, 8-tanque de combustible

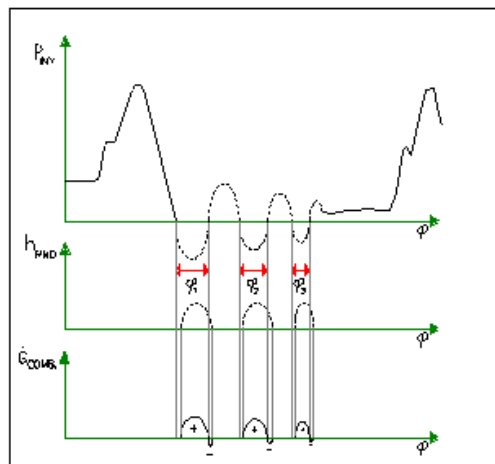


Figura 2.9. (b) Esquema oscilográfico de la variación de la presión de combustible en la línea de impulsión (P_{iny}), el paso de la válvula RND (h_{RND}) y el caudal del combustible complementario (G_{COMB}).

Debido a la estructura de la válvula RND, el suministro de combustible complementario sucede durante el movimiento de ésta en dirección de apertura, es decir cuando la presión del combustible complementario es mayor que en la línea de alta presión. Tan pronto que la presión en la línea de inyección alcanza valores mayores que la presión del combustible complementario, la válvula se cierra y se interrumpe el flujo. Sin embargo, debido al rozamiento y a la inercia de la válvula RND es inevitable pequeños retornos de la línea de alta presión al de combustible complementario, tal como se puede apreciar en la fig. 2.9 (con signo negativo).

Una importante peculiaridad de esta válvula es que cuando disminuye la carga (disminuye el suministro cíclico de combustible) permite un mayor ingreso de combustible complementario a la línea de inyección; esto debido a que crece la intensidad y la amplitud de la onda de depresión, por acción del anillo de descarga de la válvula impelente.

Este método se ha implantado tomando en consideración la necesidad de no alterar el sistema de inyección original del motor, por lo tanto la optimización de la cantidad de combustible complementario a suministrar dependerá de los parámetros constructivos de la válvula RND (ver fig.2.10), tales como la masa de la válvula de retención 13, la rigidez del resorte antagonista 14, la sección de paso de la válvula, la caída de presión en el sistema; asimismo, también dependerá del régimen de funcionamiento del motor, de las características constructivas del sistema de inyección y de las propiedades físicas del combustible en ensayo; y así como de la presión en la línea del combustible complementario.

La válvula de regulación de la presión inicial RND.

La válvula RND (ver la fig.2.10) es una válvula de retención que está constituida por un cuerpo central 1, el cual posee tres racores roscados 2, 3, 4. El cuerpo central se une, mediante el racor 2, con la tubería de alta presión 5 proveniente de la bomba de inyección 17, y mediante el racor 3 con la tubería 6 conducente al inyector 7. El racor 4 se une con la parte superior 8 del cuerpo central mediante el extremo roscado 9 y; con la cañería de combustible complementario 10 a través del perno de rebose 11. En el interior del cuerpo central se aloja el asiento 12 con su válvula de retención 13, el resorte antagonista 14 sirve para mantener presionada la válvula en su asiento. Presionada la válvula en su asiento. Para asegurar la estanqueidad se utilizan dos empaquetaduras de aluminio 15, y el tope 16 regula la carrera de la válvula. [53]

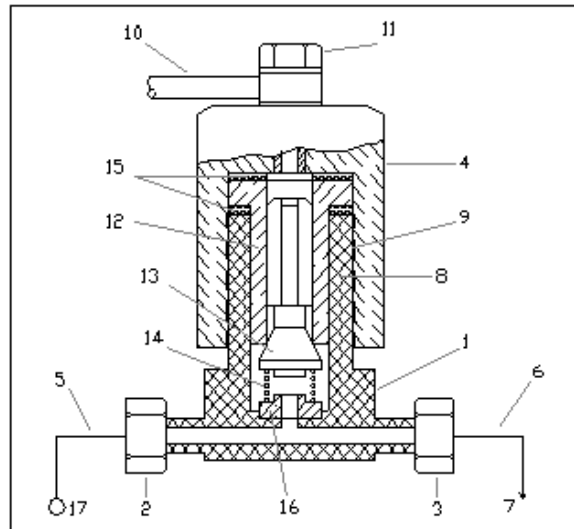


Fig.2.10.La válvula de regulación de la presión inicial de inyección RND

2.2.2 Cambios tecnológicos en los nuevos vehículos con mejoras en las tecnologías convencionales.

Motor:

Sabemos que, los motores de combustión interna consumen ingentes cantidades de energía proveniente del petróleo; de los cuales, los motores de los vehículos constituyen la mayor parte. Uno de los principales problemas del empleo de los motores de combustión interna, específicamente los motores diesel en diferentes condiciones de operación, es la búsqueda del aumento de la efectividad del funcionamiento y, en particular, de la economía de combustible; ya que éste representa un gran porcentaje del costo de operación del motor diesel y que, depende en gran medida de los regímenes de funcionamiento. [11]

2.2.2.1 Avances tecnológicos en los motores

Entre las medidas más relevantes que se indican como las más probables en un nivel mundial y a lo largo de los próximos años, y que tendrán un impacto en el consumo de combustible en virtud de mejorar la eficiencia energética con las nuevas tecnologías que son las siguientes. [32]

Regulación variable de válvulas y carrera de válvulas (VVT&L)

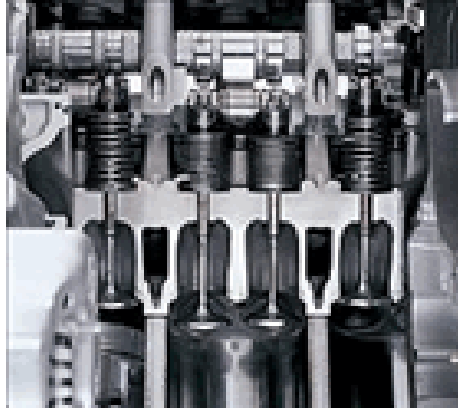


Figura 2.11 La regulación variable de válvulas y carrera de válvulas (VVT&L)

También llamado actuación variable de válvulas (VVT), regulación variable leva y control electrónica de regulación variable de válvulas y carrera de válvulas (VTEC).

Las válvulas (figura 2.11) controlan el flujo de aire y combustible, entrando los cilindros y el gas de escape fuera de ellos. Cuanto tiempo y como las válvulas están abiertas (regulación), como las válvulas se mueven (carrera) ambos afectan la eficiencia del motor.

El óptimo ajuste de la regulación y la carrera son diferentes por alta y baja velocidades del motor. Diseños tradicionales, sin embargo, utilizan el ajuste de regulación y carrera fija, lo cual son un arreglo entre el óptimo de alta y baja velocidades. Los sistemas de VVT&L automáticamente modifican la regulación y la carrera a los ajustes óptimos para la velocidad del motor.

Mejoramiento de la eficiencia potencial: 5%

Ahorro durante la vida del vehiculo: \$1,400

Desactivación del cilindro

También llamado desplazamiento múltiple, demanda de desplazamiento (DOD) y la administración variable del cilindro como se muestra en la figura 2.12.

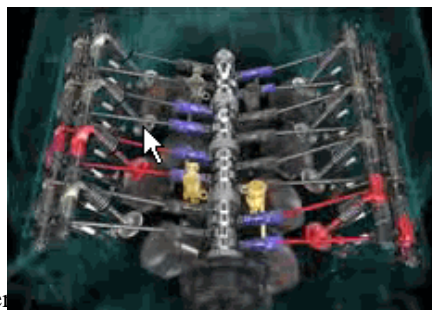


Figura. 2.12 Desactivación de cilindro

Esta tecnología simplemente desactiva algunos cilindros cuando no son necesarios. Este temporalmente cambia motores de 8 o 6 cilindros a motores de 4 o 3 cilindros. Esta tecnología no se utiliza para motores de 4 cilindros ya que puede causar una notable disminución en el liso del motor.

Mejoramiento de la eficiencia potencial: 7.5%

Ahorro durante la vida del vehiculo: \$2, 000

Turbocargando & Sobrealimentando



Figura 2.12 Un sistema de turbocargado y sobrealimentado

Turbocargados y sobrealimentados (figura 2.12) son ventiladores que forzan aire comprimido dentro de los cilindros del motor. Un ventilador turbocargado esta impulsado por el gas de escape, mientras el ventilador sobrealimentado esta impulsado por el mismo motor.

Ambas tecnologías permiten más aire y combustible comprimido que puede ser inyectado a los cilindros del motor, generando más impulso de cada explosión. Un motor turbocargado o sobrealimentado produce mas poder que el mismo motor sin el cargando, permitiendo a los fabricantes utilizar motores mas pequeños sin sacrificar su rendimiento.

Mejoramiento de la eficiencia potencial: 7.5%

Ahorro durante la vida del vehiculo: \$2, 000

Inyección de combustible directa (con turbocargando/ Sobrealimentando)

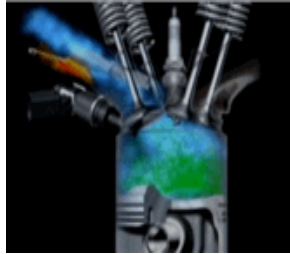


Figura 2.13 Inyección de combustible directa

En sistemas de inyección de combustible multi- punto convencional, el combustible esta inyectado en el puerto y mezclado con el aire antes que el aire- combustible esta bombeado dentro del cilindro. En los sistemas de inyección directa, el combustible esta inyectado directamente dentro del cilindro de modo que la regulación y la forma de la niebla de combustible puede ser controlado precisamente. Este permite mayor relación de compresión y más admisión eficiente de combustible, la cual reparte mayor rendimiento con menor consumo de combustible.

Mejoramiento de la eficiencia potencial: 12%

Ahorro durante la vida del vehiculo: \$3,200

Sistemas de arranque integrado/ generador (ISG)

Estos sistemas automáticamente apagan el motor cuando el vehiculo se detiene y arrancándolo de nuevo instantáneamente cuando el acelerador esta tocando de modo que el combustible no esta gastado por marcha en vacío. Además, frenando regenerativamente es frecuente utilizarlo para convertir energía mecánica perdida durante el frenando a electricidad, la cual esta almacenada en una batería y esta utilizada para impulsar el arranque automático.

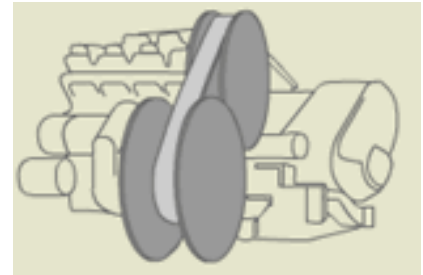
Mejoramiento de la eficiencia potencial: 8%

Ahorro durante la vida del vehiculo: \$2,200

Transmisión continuamente variable (CVT)



(a)



(b)

Figura 2.14 (a) & (b) La transmisión continuamente variable

Los sistemas de transmisión (figura 2.14), más convencionales controlan la relación entre la velocidad del motor y la velocidad de la rueda utilizando un número fijado del engranaje de metal. Antes que se utiliza engranajes, los CVTs en vehículos modernos utiliza un par de poleas variable con los diámetros conectados por una cinta o cadena que puede producir un numero infinito de relaciones de motor/ rueda.

El sistema tiene algunas ventajas sobre diseños de transmisiones convencionales:

- ✚ Sin costura aceleración sin el sacudida o traqueteo cuando cambiando velocidades
- ✚ No hay frecuente cambio de velocidades o caza de velocidades sobre lomas
- ✚ Mejor eficiencia de combustible

Mejoramiento de la eficiencia potencial: 6%

Ahorro durante la vida del vehiculo: \$1,600

Transmisión Manual automatizada (AMT)

La transmisión manual automatizada combina las mejores características de transmisiones manual y automática. Las transmisiones manuales pesan menor que transmisiones automáticas convencionales y sufren menores pérdidas de energía. Sin embargo, más conductores prefieren la conveniencia de una automática.

La AMT se opera de un modo parecido a la transmisión manual con excepción de la actuación del embrague sin necesitar la del conductor. El cambio automático esta controlado electrónicamente y cumplido para un sistema hidráulico o un motor eléctrico. Además, las tecnologías pueden ser empleadas para hacer el proceso de cambio más simple que las transmisiones manuales convencionales.

Mejoramiento de la eficiencia potencial: 7%

Ahorro durante la vida del vehiculo: \$1,900

Los vehículos equipados con motores sobrealimentados o turboalimentados de alta potencia, que combinan la inyección electrónica y la regulación del motor con un sistema de transmisión continuamente variable de control electrónico, consumen combustible de manera muy eficiente y desarrollan grandes potencias.

Los motores más pequeños consumen menos combustible, pero con la incorporación de turboalimentadores u otros dispositivos de sobrealimentación se puede compensar su menor potencia. Los mecanismos de válvula variable, que permiten modificar el número de válvulas en funcionamiento por cilindro, pueden hacer que un motor dado desarrolle más potencia, lo que permite reducir las dimensiones del mismo. La separación por oxígeno es otra técnica para reducir el tamaño del motor sin perder potencia.

Los fabricantes de motores están mostrando un interés creciente por los motores de dos tiempos, y se prevé que ya en el 2005 podrían entrar al mercado en gran escala. Los motores de dos tiempos desarrollan más potencia y más par por cm³ de cilindrada que los motores de cuatro tiempos. En consecuencia, se pueden fabricar motores de menor tamaño, con menos rozamiento y menos transferencia de energía térmica al refrigerante del motor, factores que hacen a la economía del consumo (aunque una de las desventajas de los motores de dos tiempos es que emiten grandes cantidades de hidrocarburos y humo).

Se está dedicando considerable esfuerzo al estudio de los motores Diesel de bajas pérdidas caloríficas o adiabáticos. Tales motores permitirían eliminar la refrigeración, sistema que absorbe energía y puede ofrecer problemas de fiabilidad. También podría mejorarse el rendimiento del combustible mediante técnicas de turbo composición para aprovechar, en los motores sin refrigeración, la energía de los gases de escape (muy superior a la de los motores refrigerados). [11]

Se ha estudiado la combustión con mezcla pobre, tanto por rendimiento del combustible como para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno. En un motor de mezcla pobre, la combustión deflagra

en presencia de un exceso de aire, y el aumento de aire en la mezcla carburante mejora la combustión y el consumo. No obstante, a altas velocidades o a cargas elevadas, los gases de escape contienen demasiado oxígeno, lo que impide que los convertidores catalíticos de triple acción actuales puedan procesar los óxidos de nitrógeno resultantes. En consecuencia, éstos aumentan rápidamente, lo cual probablemente limite la aplicación de técnicas de mezcla carburante pobre a los vehículos de motor pequeño. Sin embargo, un fabricante automotor japonés ha perfeccionado un motor de mezcla pobre que presuntamente reduce un 90% las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Anteriormente, la inyección directa de combustible tenía el inconveniente de que producía grandes niveles de emisiones. No obstante, esto ya se ha superado con innovaciones recientes en el control de emisiones y, en comparación con motores similares de inyección indirecta, los vehículos de inyección directa han demostrado mejoras en el rendimiento del combustible de hasta un 10%. La inyección con control electrónico eleva aún más las prestaciones de los vehículos.

El Diesel a diferencia de los viejos vehículos de diesel de hace 15 años los nuevos tienen un bajo nivel de ruido. El secreto está en la aplicación de un turbo compresor y el avance de la electrónica de control. Esta ha permitido el desarrollo de los últimos sistemas de inyección directa que las firmas automovilísticas comercializan con el nombre de TDI o HDI. El gasóleo se almacena en un conducto a presiones de hasta 1350 atmósferas y entra en los cilindros por válvulas electromagnéticas solo en la cantidad y en el momento necesarios.

Los motores diesel siguen el mismo ciclo de cuatro tiempos empleado en el motor de gasolina, aunque presentan notables diferencias con respecto a éste. En el tiempo de admisión, el motor diesel aspira aire puro, sin mezcla de combustible. En el tiempo de compresión, el aire se comprime mucho más que en el motor de gasolina, con lo que alcanza una temperatura extraordinariamente alta. En el tiempo de explosión no se hace saltar ninguna chispa —los motores diesel carecen de bujías de encendido—, sino que se inyecta el gasoil o gasóleo en el cilindro, donde se inflama instantáneamente al contacto con el aire caliente. Los motores de gasoil no tienen carburador; el acelerador regula la cantidad de gasoil que la bomba de inyección envía a los cilindros.

Los motores diesel son más eficientes y consumen menos combustible que los de gasolina. No obstante, en un principio se utilizaban sólo en camiones debido a su gran peso y a su elevado costo. Además, su capacidad de aceleración era relativamente pequeña. Los avances realizados en los últimos años, en particular la introducción de la turboalimentación, han hecho que se usen cada vez

más en automóviles; sin embargo, subsiste cierta polémica por el supuesto efecto cancerígeno de los gases de escape (aunque, por otra parte, la emisión de monóxido de carbono es menor en este tipo de motores).

Inyección directa de gasolina: Todavía hay que mejorar sus emisiones contaminantes pero la inyección directa de gasolina es el siguiente paso para reducir el consumo y mejorar hasta un 20% el rendimiento del motor de gasolina, lo que disminuye la cantidad de gasolina a usarse y por ende el nivel de contaminación que produce. El combustible se inyecta en la cámara, junto a la bujía, en vez de en un colector de admisión.

Motor de gasolina, los motores de gasolina pueden ser de dos o cuatro tiempos. Los primeros se utilizan sobre todo en motocicletas ligeras, y apenas se han usado en automóviles. En el motor de cuatro tiempos, en cada ciclo se producen cuatro movimientos de pistón (tiempos), llamados de admisión, de compresión, de explosión o fuerza y de escape o expulsión. [11]

En el tiempo de admisión, el pistón absorbe la mezcla de gasolina y aire que entra por la válvula de admisión. En la compresión, las válvulas están cerradas y el pistón se mueve hacia arriba comprimiendo la mezcla. En el tiempo de explosión, la bujía inflama los gases, cuya rápida combustión impulsa el pistón hacia abajo. En el tiempo de escape, el pistón se desplaza hacia arriba evacuando los gases de la combustión a través de la válvula de escape abierta.

El movimiento alternativo de los pistones se convierte en giratorio mediante las bielas y el cigüeñal, que a su vez transmite el movimiento al volante del motor, un disco pesado cuya inercia arrastra al pistón en todos los tiempos, salvo en el de explosión, en el que sucede lo contrario. En los motores de cuatro cilindros, en todo momento hay un cilindro que suministra potencia al hallarse en el tiempo de explosión, lo que proporciona una mayor suavidad y permite utilizar un volante más ligero.

El cigüeñal está conectado mediante engranajes u otros sistemas al llamado árbol de levas, que abre y cierra las válvulas de cada cilindro en el momento oportuno.

A principios de la década de 1970, un fabricante japonés empezó a producir automóviles impulsados por el motor de combustión rotativo (o motor Wankel), inventado por el ingeniero alemán Felix Wankel a principios de la década de 1950. Este motor, en el que la explosión del combustible

impulsa un rotor en lugar de un pistón, puede llegar a ser un tercio más ligero que los motores corrientes.

La nueva inyección directa en motores Diesel, las constantes mejoras que vienen registrándose en el sistema de inyección de los motores Diesel han desembocado de momento en el llamado "Motor Diesel de Inyección Directa a alta presión". Esta es una nueva tecnología de origen europeo que ya se comercializa con excelentes resultados. En las versiones iniciales emplea un inyector operado directamente por un árbol de levas y situado sobre el centro de la cámara de combustión para inyectar el gasóleo uniformemente. La inyección es controlada por un dispositivo electrónico que consigue la máxima eficiencia del combustible. Estas características proporcionan al motor la rápida ignición al comienzo de combustión propia de los sistemas de inyección indirecta, así como la combustión a alta presión durante el período principal de propagación, característica de los sistemas de inyección directa.

En la anterior tecnología de los motores Diesel una bomba de inyección - distribuidor crea la presión necesaria para inyectar el gasóleo. Los nuevos TOI tienen un sistema de inyección innovador, en el que cada cilindro tiene su propia bomba - integrada en el inyector (bomba inyectora). La presión actúa mecánicamente sobre levas adicionales incorporadas en el árbol de levas, lo cual supone una enorme ventaja: una muy alta presión de hasta 2050 bar es dirigida al orificio de salida de cada inyector (1000 bar era la presión normal). Esto proporciona gases de escape limpios y más rendimiento (115 PS en vez de 110 PS) y par (285 Nm en vez de 235). El sistema también mejora la atomización de gasóleo, que mejora la ignición, inhibiendo la combustión rápida al comienzo del ciclo de combustión, y reduciendo el ruido y las emisiones de NOx. El gasóleo se distribuye también más uniformemente, favoreciendo una combustión uniforme y mejorando el rendimiento. Una nueva versión denominada "common rail" utiliza una sola bomba que envía gasóleo a los inyectores a 1350 bares de presión, en tanto que el tiempo de inyección se dosifica electrónicamente desde cada inyector. Estos motores suelen ir equipados con doble válvula para la admisión y el escape, que incrementa el volumen de aire que entra en los cilindros y disminuye la resistencia a la evacuación de gases en la fase de escape. Este diseño mejora el coeficiente de resistencia-admisión - escape aproximadamente un 50 por ciento en comparación con la tecnología convencional de dos válvulas por pistón. El rendimiento resulta así mejorado, y las partículas resultan disminuidas debido a que el gasóleo se quema en presencia de más aire. Los pistones son ahora especialmente ligeros y

resistentes, al fabricarse con una nueva tecnología de compuesto de aluminio infiltrado de aire. El sistema electrónico de inyección de combustible controla constantemente los cambios registrados en el funcionamiento del motor, incluyendo la posición del acelerador, carga y la velocidad de giro, para dosificar óptimamente la cantidad y tiempo de la inyección. El ruido y emisiones de NOx se reducen en cualquier condición de carga del motor, debido a que el tiempo de inyección es retrasado en función de esta carga, resultando así mejorada la combustión del gasóleo y permitiendo incrementar la dosis de gasóleo en cada inyección aún en condiciones de carga máxima, sin que resulten incrementados los humos negros. El motor de inyección directa e ignición por compresión (CIDI) es el motor de combustión interna que se ha probado más eficiente y de momento es uno de los candidatos para equipar el sistema de propulsión de los vehículos que pretende conseguir un vehículo con economía de combustible de hasta 3 l/10 km. Las barreras técnicas importantes que presentan estos motores son las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno (NOx), así como su mayor costo en comparación con los motores de gasolina. Otras desventajas son su excesivo peso y complejidad, en tanto que si el volumen tampoco es muy apropiado. Por el contrario parecen poseer la mejor eficiencia hasta el momento en una planta motriz, lo que los hace candidatos para ser instalación en las plantas motrices híbridas.

2.2.2.2 Análisis de los regímenes de explotación de los motores diesel.

En el régimen nominal y cercano a él, los índices económicos alcanzan valores óptimos; pero, en los regímenes de vacío y de cargas parciales la efectividad de funcionamiento disminuye sustancialmente. Los regímenes de vacío y de cargas parciales son los de mayor frecuencia en la vida útil de los motores diesel y durante el trabajo en estos regímenes, el consumo de combustible se incrementa considerablemente. El motor diesel, en estas condiciones, trabaja inestablemente debido al trabajo inestable de su sistema de inyección, disminuyendo su capacidad de corrección de suministro de combustible y por tanto su adaptabilidad; por eso es necesario solucionar estos problemas para mejorar el rendimiento y la potencia del motor. [53]

El trabajar en regímenes de vacío, aumenta el consumo de combustible hasta en 20-30% del que se tiene con altas cargas. En la fig. se grafica el diagrama típico de la variación de la carga (N_e) y de la economía (g_e) de un motor diesel de tractor durante el tiempo (t) de explotación. Se puede apreciar que durante la explotación, el motor trabaja mucho tiempo en regímenes de cargas parciales. El motor trabaja casi un 40% de t , con cargas menores que el 50%. El tiempo de trabajo en los

regímenes de vacío es aproximadamente de 20%, en particular para motores de tractores y de automóviles, en diferentes condiciones de funcionamiento.

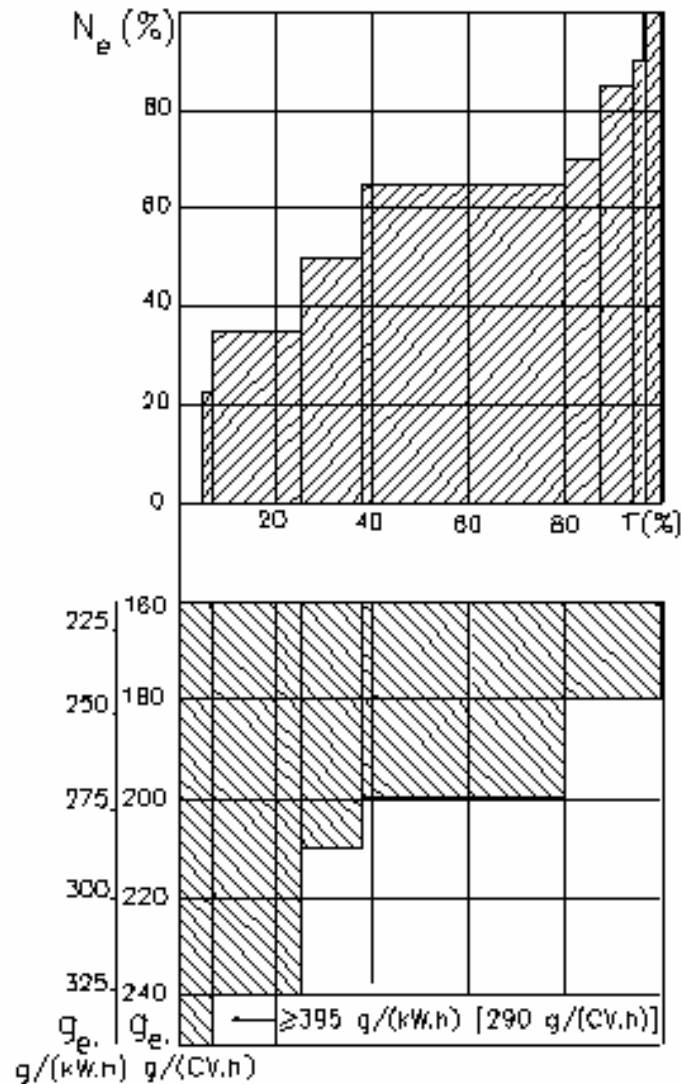


Figura 2.15 La variación de la carga (N_e) y de la economía de combustible (g_e) de un motor diesel de tractor durante su explotación (t , tiempo)

El tiempo de trabajo de los motores de tractores en los regímenes de vacío y de cargas parciales es muy grande, debido al gran porcentaje de trabajo de éstos como máquinas de autotransporte, incluyendo paseos sin carga. En los motores de vehículos de transporte urbano, el tiempo de trabajo cerca de los regímenes de la característica externa es de aproximadamente 40%; sin embargo, los regímenes de carga más frecuentes se encuentran en la zona de bajas cargas.

Como se puede deducir de la figura 2.15: El tiempo de explotación en los regímenes de cargas parciales y de vacío, es mayor que aquel de carga nominal o próxima a él. El consumo específico de

combustible, en los regímenes de cargas parciales, es muy elevado; especialmente en los cercanos al vacío.

En caso de utilizar el motor en calidad de fuente energética del automóvil, deberá tenerse en cuenta que en función de las condiciones viales, la velocidad de movimiento y la carga del vehículo, así como la potencia del motor y la frecuencia de rotación del cigüeñal, varían entre límites muy amplios. La experiencia obtenida en el servicio de vehículos muestra que, la mayor parte del tiempo, el motor no trabaja a máxima carga, siendo diferentes las frecuencias de rotación.

Los regímenes de trabajo típicos de los vehículos en condiciones de marcha por la ciudad con tráfico intenso, se presentan en la figura 2.16.

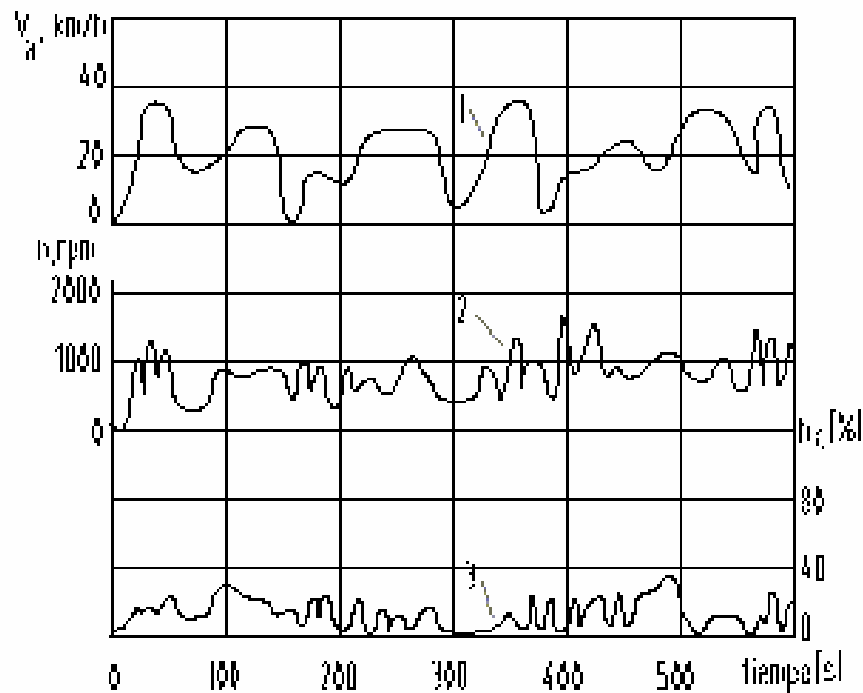


Figura 2.16 Los regímenes típicos de funcionamiento de los vehículos en condiciones de marcha por la ciudad con tráfico intenso.

Los experimentos muestran bruscas oscilaciones en la velocidad de movimiento V_a (curva 1) y en la frecuencia de rotación del cigüeñal del motor (curva 2). Además, las cargas aplicadas en función de la posición de la cremallera fluctúan entre medianas y mínimas posiciones (curva 3). La máxima posición de la cremallera fue del 40% de h_c .

Gran importancia, para el motor del vehículo, tiene la estabilidad de funcionamiento a marcha en vacío y a baja frecuencia de rotación del cigüeñal. Este régimen tiene lugar durante el calentamiento del motor, en caso de cortas paradas, al realizar los cambios de velocidad, etc. El trabajo del motor

en el régimen de vacío se caracteriza por la igualdad de la energía desarrollada por el motor y la energía consumida para vencer las pérdidas mecánicas. Para asegurar el funcionamiento más económico del motor, se debe tender a disminuir la velocidad de rotación mínima tolerable durante el servicio.

2.2.2.3 Influencia de la disminución de la carga sobre los índices y parámetros de funcionamiento:

El análisis de las características de inyección demuestra que al disminuir el suministro cíclico de combustible, la duración de la inyección decrece; los instantes reales de inyección cambian en correspondencia con la variación de las fases geométricas (se retrasa el inicio y se adelanta el fin de la inyección) y las presiones máximas de inyección disminuyen. Estos factores hacen que la calidad de los procesos de inyección y pulverización de combustible disminuyan notablemente, decreciendo a la vez su capacidad de corrección y por tanto su adaptabilidad. [53]

La disminución de la carga permite también disminuir la temperatura de la cámara de combustión, que sumada a los deficientes procesos de formación de la mezcla conllevan a un empeoramiento de la combustión, consecuentemente la eficiencia efectiva disminuye y el consumo específico de combustible aumenta (disminución de la economía de combustible).

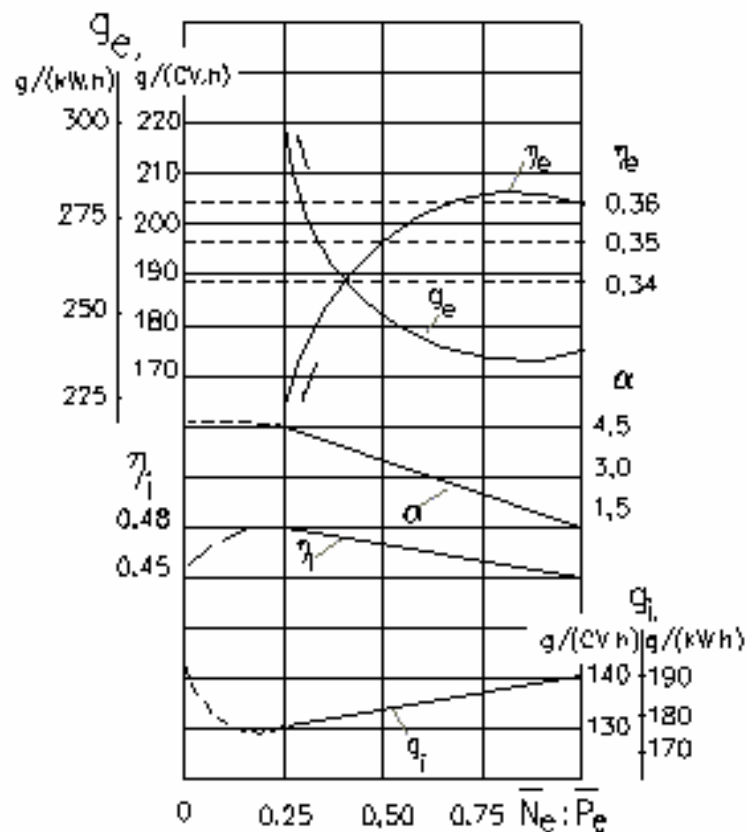


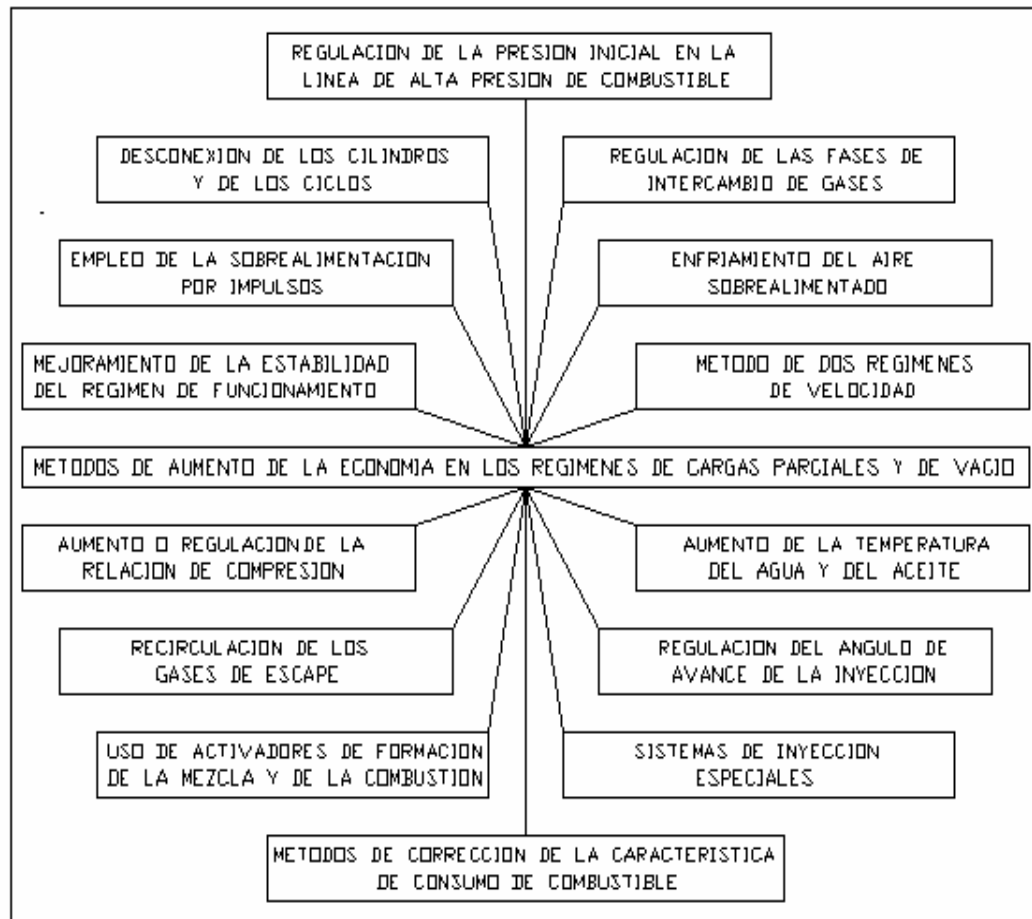
Figura 2.17 La variación de los principales parámetros de funcionamiento del motor diesel según la característica de carga.

En la figura 2.17 podemos apreciar claramente lo enunciado previamente: El consumo específico de combustible se incrementa con la disminución de la carga (incremento del coeficiente de exceso de aire a), siendo más notorio en los regímenes de cargas parciales cercanos al vacío.

2.2.2.4 Métodos de aumento de la economía de trabajo del motor diesel en los regímenes de cargas parciales y de vacío.

Existen diferentes métodos y medios para la disminución del consumo de combustible, en los regímenes de cargas parciales y de vacío. En el cuadro, hacemos mención generalizada de los diferentes métodos para aumentar la economía en estos regímenes. Es posible la existencia de otras, pero los más importantes son mencionados en este cuadro.

CUADRO 1: METODOS DE AUMENTO DE LA ECONOMIA EN LOS REGIMENES DE CARGAS PARCIALES Y DE VACIO



FUENTE : [2].

Como se puede apreciar en el gráfico son varios los métodos que persiguen este fin, tanto los que trabajan con los sistemas de alimentación de combustible como los que con el propio motor diesel.

De todos estos, los que ejercen una gran influencia en el mejoramiento de los procesos de trabajo del motor, por tanto en su economía de combustible, son los métodos de corrección de la característica de consumo de combustible. Los sistemas con desconexión de los cilindros son eficientes para bajas cargas por que permiten aumentar la eficiencia indicada en los cilindros no desconectados y estabilizar el funcionamiento del motor pero, es recomendable utilizarlo en motores con gran número de cilindros. Todos estos sistemas, excepto el método de la regulación de la presión inicial, presentan un factor negativo que es el que deben ser utilizados en nuevos modelos de sistemas de inyección o de motor o, en diseños o construcciones modificadas.

Es preciso señalar que existen diferentes medios de regular la presión inicial de inyección, los cuales también se aplican en nuevos sistemas de inyección de combustible pero, un método se aplica a motores diesel existentes que se encuentran en explotación y prácticamente mantiene la estructura original de su sistema de inyección (ver accesorios).

2.2.2.5 GM aplica los mismos principios técnicos a la integración de sus tecnologías híbridas

A medida que trabaja en pos de mejorar la eficiencia de sus motores convencionales, GM aplica los mismos principios técnicos a la integración de sus tecnologías híbridas.

Actualmente, GM ofrece un sistema híbrido en sus modelos Chevrolet Silverado y GMC Sierra, las primeras camionetas híbridas del mundo. Luego, implementará otros dos sistemas híbridos diferenciados. Un nuevo sistema híbrido de encendido mediante alternador de correa hará su debut en el mercado como parte del modelo Saturn Vue a principios del próximo año. Además, GM presentará su tecnología de sistema híbrido bimodal en los modelos Chevrolet Tahoe y GMC Yukon en 2007. [67]

Aparte del tren motriz, muchas otras tecnologías vehiculares contribuyen a un mayor rendimiento del combustible, entre ellas las siguientes:

- ✚ Control de voltaje regulado (RVC): La tecnología RVC patentada por GM optimiza la carga del alternador reduciendo el voltaje cuando la batería alcanza el 80% de estado de carga. Esta tecnología prolonga la vida de la batería y los componentes eléctricos y logra una economía de combustible de aproximadamente un 1%.
- ✚ Ventiladores eléctricos de refrigeración: Reemplazan a los ventiladores impulsados por el motor, requieren menos potencia y producen menos ruidos. Aportan una reducción de un 1% en el gasto de combustible.

-
- ✚ Compresor de aire acondicionado de desplazamiento variable: Reemplaza al compresor de desplazamiento fijo, permite una operación más eficiente y aporta una economía de combustible de entre un 3% y un 5%.
 - ✚ Servodirección eléctrica: Reduce las pérdidas mecánicas mediante la eliminación de la bomba, las mangueras y los líquidos hidráulicos. Aporta una economía de combustible de entre un 1% y un 2%.

Estas tecnologías están incorporadas en muchos vehículos GM, entre ellos los nuevos modelos GMC Yukon y Chevrolet Tahoe 2007, característica que refuerza su condición de líderes en la economía de combustible del segmento SUV de tamaño completo.

Saab 9-7X, el primer SUV de Saab. Una amplia gama que alcanza un segmento en crecimiento.

El 9-7X refleja el carácter de Saab como marca deportiva y funcional a través de su diseño exterior. Rasgos claves como la parrilla Saab con tres aberturas, los acristalamientos posteriores que parecen envolver los pilares D y las llantas distintivas de la marca señalan la herencia del 9-7X incluso a distancia. Sobre todo, el Saab 9-7X presenta un aspecto deportivo y aerodinámico muy suave, con una excelente proporción entre carrocería y neumáticos, derivada de la posición baja del vehículo en combinación con las ruedas estándar de 18 pulgadas. [66]

El perfil del 9-7X es limpio y sin interrupciones, sin grandes paragolpes ni formas que sobresalgan. Los grupos ópticos traseros están dispuestos verticalmente.

Todos los amortiguadores han sido ajustados para ofrecer un buen control de los movimientos de la carrocería de cara a un comportamiento seguro. Los neumáticos de alto rendimiento para todas las épocas del año en medida P255/55R 18 han sido especialmente desarrollados por Dunlop para ofrecer un agarre superior sobre la carretera. Una rápida desmultiplicación de la dirección de 18,5:1, junto con soportes de fijación más rígidos, contribuye a proporcionar sensibilidad y precisión. El propio mecanismo de la dirección ha sido ajustado para ofrecer un funcionamiento más suave y mayor aplomo. La parte delantera del chasis se ha robustecido con refuerzos que ayudan a que la dirección se muestre más sensible y precisa.

El Saab 9-7X equipa de serie un avanzado sistema de tracción total automática a las cuatro ruedas. El rendimiento de la tracción y la manejabilidad han mejorado todavía más mediante la adopción de un

diferencial trasero de acoplamiento viscoso. Los frenos son de mayores dimensiones, con discos ventilados en las cuatro ruedas, pinzas de aluminio de doble pistón en el eje delantero y sistema ABS.

Los clientes pueden elegir entre dos motores fabricados completamente en aluminio, acoplados a una caja de cambios automática de 4 velocidades con control electrónico. El motor de 6 cilindros en línea de 4,2 litros, elegido uno de los “10 mejores motores” por la revista Ward, proporciona 290 CV (217 kW) y 375 Nm de par. El V8 de 5,3 litros entrega 300 CV (224 kW) y 447 Nm de par, e incluye la tecnología de cilindrada variable “Displacement on Demand” (DoD) para un mayor ahorro de combustible.

La tecnología DoD permite ahorros de combustible de hasta un 8 por ciento en ciertas condiciones de conducción al reducir el número de cilindros operativos durante el proceso de combustión. Un sofisticado sistema de gestión del motor de última generación determina cuándo desactivar los cilindros, permitiendo al motor mantener la velocidad del vehículo en condiciones como conducción por autopista a velocidad de crucero. Cuando se desactivan los cilindros, el motor funciona como si fuesen unos cuatro cilindros, con cada uno de los otros cilindros en el orden de explosión deshabilitados. El motor se convierte de nuevo suavemente en un V8 en el momento que el sistema de control determina que la velocidad del vehículo o la carga requieren potencia adicional.

El nuevo sistema de control electrónico de estabilidad StabiliTrak de serie es un elemento importante para evitar accidentes que se encarga de que el vehículo mantenga la trayectoria marcada por el conductor aplicando una fuerza de frenado en cada una de las esquinas del vehículo independientemente del uso que el conductor haga del pedal del freno.

El sistema utiliza un sensor de posición de pedal del acelerador, un sensor de presión en el cilindro principal del sistema de frenos y un sensor que mide el ángulo de giro del volante como señales para interpretar la trayectoria indicada por el conductor y si acelera o desacelera el vehículo. Además de estos sensores también utiliza un acelerómetro lateral y un sensor de guiñada para determinar la trayectoria actual del vehículo.

Si la diferencia entre la trayectoria marcada por el conductor y la que sigue el vehículo se hace lo suficientemente grande, el sistema actúa de forma apropiada para ayudar al conductor a mantener el camino marcado. Si el vehículo comienza a “irse de morro”, el sistema aplica los frenos en la rueda trasera

interior para ayudar a que el vehículo se inscriba en la trazada. Si el vehículo empieza a “derrapar”, o sobrevirar, la rueda que se frena para enderezar el vehículo es la delantera exterior.

2.2.2.6 Nuevos motores Honda: Más potencia y menor consumo

Un nuevo sistema de sincronización de válvulas para un motor gasolina 1.8 y un nuevo sistema híbrido con sistema VTEC de tres etapas son las últimas estrellas de Honda, el mayor fabricante de motores del mundo. Ambas mecánicas van dirigidas a la gama Civic y su premisa es básica: mayor rendimiento y menor consumo. [65]



Figura 2.18 El motor 1.8 i-
La familia Civic recibirá en
gasolina de 1.8 litros cuya

VTEC

nuevo sistema inteligente VTEC. Éste varía la sincronización de las válvulas dependiendo de las demandas del conductor. Durante el arranque y la aceleración se aumenta la eficacia para otorgar mayor par. En cambio, a velocidades de cruce y en condiciones de conducción poco exigente se retarda el cierre de las válvulas de admisión para ahorrar combustible.

breve un nuevo motor
característica principal es su

El resultado es que el nuevo motor 1.8 se comporta igual que un 2.0 litros en fases de aceleración mientras su consumo es inferior al del actual Civic con motor 1.6. De hecho, a velocidades de cruce- y siguiendo con las comparaciones- su consumo es equiparable al de un motor de 1.5 litros. Además del sistema "Drive by wire" que controla con precisión la apertura y el cierre de las válvulas, la nueva mecánica japonesa cuenta con otras novedades. Es el caso de un colector de admisión de longitud variable y un nuevo sistema de inyección de aceite para enfriar los pistones, suprimir el picado del motor y generar un par elevado en regímenes de revoluciones habituales.

También se ha instalado un convertidor catalítico de dos vías tras el colector con el que se consigue un nivel de emisiones muy bajo. En cuanto a las cifras, Honda sólo ha facilitado que la potencia ser

de 140 CV y su par máximo es de 174 Nm a 4.300 vueltas.

Nuevo sistema híbrido

Los Honda Civic híbridos contarán con un nuevo motor a partir de 2006. Se trata de un nuevo propulsor híbrido que combina un motor i-VTEC de tres etapas (bajas revoluciones, altas revoluciones y ralentí) con el sistema IMA (Integrated Motor Assis) puesto al día, mucho más compacto y eficiente.



Figura 2.19 El motor 1.4 i- VTEC

El motor i-VTEC de tres etapas es 95 CV que utiliza tres vías desacoplar cinco grupos de

un cuatro cilindros de 1.4 litros y hidráulicas para acoplar y balancines. Esto permite tres

etapas de control distintas dependiendo de conducción. Gracias a la combinación del sistema IMA y el motor de gasolina, el nuevo sistema híbrido funciona de forma distinta en todas las situaciones para proporcionar el mejor rendimiento con el mínimo consumo:

- ✚ Vehículo parado: El motor se para. Consumo nulo.
- ✚ Arranque y aceleración: El motor funciona con el modo de sincronización de válvulas de baja velocidad ayudado por el motor eléctrico.
- ✚ Aceleración rápida: El motor funciona con el modo de sincronización de válvulas de alta velocidad ayudado por el motor eléctrico.
- ✚ Circulación a baja velocidad: Las válvulas quedan cerradas y no hay combustión. Sólo funciona el motor eléctrico.
- ✚ Aceleración suave y circulación a alta velocidad: El vehículo se mueve únicamente con el modo de sincronización de baja velocidad.
- ✚ Desaceleración: Válvulas cerradas. No hay combustión. El motor aprovecha la energía de la desaceleración para almacenarla en la batería.

El nuevo motor eléctrico IMA cuenta con una potencia máxima de 20 CV pero logra aumentar el rendimiento 1'5 veces respecto al actual IMA. La potencia de la batería se ha aumentado un 30% mientras que el diseño más compacto del bloque ofrece una mayor capacidad de refrigeración y resistencia a la vibración para conseguir más fiabilidad.

Además se ha aumentado la recuperación de la energía de frenado un 10% respecto a su predecesor. El resultado de todo esto es un motor cuyo rendimiento ha aumentado un 20% para igualar la potencia de un motor estándar de 1.8 litros, reduciendo el tamaño del conjunto un 5%, disminuir el consumo y conseguir el mejor nivel de emisiones del mundo.

2.2.2.7 El motor V10 del BMW M5

El corazón de cualquier BMW es su potente motor. Esta afirmación es especialmente válida en el caso del BMW M5 por su propulsor de diez cilindros, un impulsor que marca un hito en la historia moderna de los motores. [30]

Este impulsor BMW es el primer motor V10 de altas revoluciones montado en un sedán de serie, contrario a lo que venía sucediendo con los V10 que solo se utilizaban en modelos destinados a las competencias automovilísticas o en automóviles exóticos individuales. Con sus revoluciones máximas de 8.250 r.p.m., el motor M avanza hasta niveles que, hasta hace poco, estaban reservados a los automóviles de la competencia.

Éste es un motor completamente nuevo, diseñado por los ingenieros de BMW M GMBH, que por un lado se inspiraron en el propulsor del bólido de la escudería BMW WilliamsF1, reconocido como el motor más potente en la parrilla de salida de la Fórmula 1; y por otro lado, recurrieron a todas las cualidades que siempre distinguieron a los automóviles M fabricados de serie, tales como doble VANOS, mariposas individuales, la electrónica del motor (desarrollada en la propia empresa) y el sistema de alimentación de aceite regulada con compensación de los efectos de las fuerzas laterales en curvas.

El sistema de regulación variable de los árboles de levas se ocupa en el M5 de unas reacciones óptimas a los cambios, lo que se traduce en más potencia, mejor trayectoria de la curva del par motor, respuesta inmediata, menor consumo y menos emisiones. Esta solución permite, por ejemplo, que pueda conducirse a revoluciones bajas y medianas con un mayor cruce de válvulas y, por lo tanto, con más recuperación interna de los gases de escape, disminuyendo así las pérdidas ocasionadas por cambios de carga y, por lo tanto, el consumo de combustible es menor. El ángulo se regula de modo continuo en función de un parámetro determinado y dependiendo de la posición del pedal del

acelerador y de las revoluciones del motor. Para lograrlo, la rueda de guía, unida al cigüeñal mediante una cadena simple, se une al árbol de levas a través de un engranaje de dientes oblicuos de dos fases. Al producirse un desplazamiento axial del émbolo de regulación, los dientes oblicuos provocan un giro del árbol de levas en relación con la rueda de guía.

De esta manera es posible variar el ángulo del árbol de levas de admisión en hasta 66° y el del árbol de levas de escape en hasta 37° .

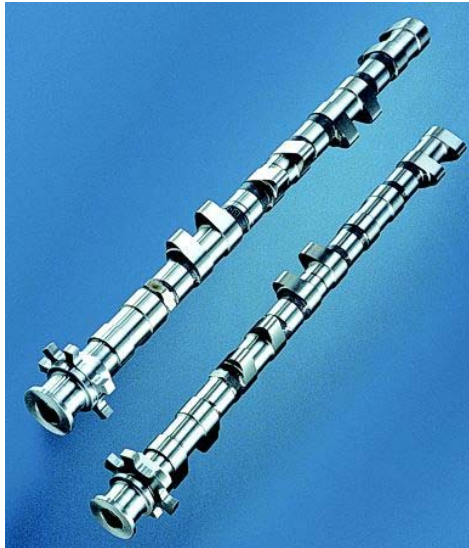


Figura 2.20 El árbol de levas

En cuanto a los cilindros, cada uno dispone de su propia mariposa y cada bancada tiene su propio actuador para activarlas. Este sistema tiene una mecánica sumamente sofisticada, pero no existe un sistema mejor si se quiere obtener una respuesta espontánea del motor. Para que, por un lado, sea posible que el motor reaccione suavemente a bajas revoluciones y, por el otro, para que entregue mucha potencia al acelerar con fuerza, las mariposas se accionan eléctricamente. Para ello, dos potenciómetros Hall miden 200 veces por segundo la posición del pedal del acelerador, transmitiendo las correspondientes señales para su evaluación. El sistema de gestión del motor reacciona a los cambios y activa los motores eléctricos que, a su vez, modifican la posición de las diez mariposas, las cuales se abren completamente en apenas 120 milésimas de segundo, es decir, más o menos el tiempo que necesita un conductor experimentado para pisar el acelerador a fondo, de tal manera que también se puede dosificar con precisión la potencia que se le pide al motor. El sistema de accionamiento electrónico de las mariposas permite que los pasos de desaceleración a media carga y viceversa sean armoniosos.

La unidad de control MS S65 es fundamental para obtener los excelentes parámetros de rendimiento

y de gases de escape del motor V10. Esta centralita coordina de modo óptimo todas las funciones del motor, intercambiando para ello datos con las demás unidades de control, en especial la de la caja de cambios secuencial SMG. Esta innovadora unidad de control es única en motores fabricados en serie, ya que ninguna otra unidad de control tiene, como la del M5, más de 1.000 piezas individuales en tan poco espacio. El hardware, el software y el funcionamiento fueron desarrollados por los expertos de BMW M

Considerando las altas revoluciones del motor M y teniendo en cuenta la cantidad de tareas de control y regulación, la unidad de control MS S65 tiene que ser especialmente eficiente. Para ello dispone de tres procesadores de 32 bit. Éstos son capaces de ejecutar 200 millones de operaciones individuales por segundo, lo que significa que multiplican por ocho el rendimiento de la unidad de control del M3, presentada hace apenas hace cuatro años. La centralita recurre a más de 50 señales de entrada para calcular, para cada cilindro y para cada ciclo, el punto de encendido óptimo, el llenado ideal de la cámara de combustión, la cantidad a inyectar y el momento de la inyección. Al mismo tiempo se calcula y ajusta el ángulo óptimo del árbol de levas y, además, la posición de cada una de las diez mariposas.

Mediante un interruptor que se encuentra junto a la caja de cambios, el conductor puede activar un programa deportivo que aprovecha toda la potencia. Así se activa un sistema progresivo que incide en el recorrido del pedal del acelerador y la abertura de las mariposas y que, a través de la centralita del motor, aporta una respuesta más espontánea. Cuando se pone en marcha el motor del M5, se activa automáticamente el programa más adecuado. Los programas de estilo de manejo pueden preconfigurarse en MDrive para efectuar el cambio en cualquier momento. Además, sólo en MDrive es posible activar otro programa que es extremadamente deportivo.

El control del sistema electrónico de regulación de las mariposas se basa en una estructura de momentos de las fuerzas. Este sistema se ocupa de transformar la orden del conductor, expresada a través del potenciómetro conectado al pedal del acelerador, en el punto ideal. En la unidad de gestión se procede a la corrección necesaria, considerando los momentos de fuerza de los grupos complementarios, por ejemplo del compresor del climatizador o del alternador. Además, se consideran otras funciones, como la regulación del ralentí, la descontaminación de los gases de escape y la autodetonación, para coordinarlas de modo apropiado. Adicionalmente, se produce una coordinación con los momentos máximos o mínimos del sistema de control dinámico de la estabilidad (DSC) y del sistema de regulación del momento de arrastre del motor (MSR). Así se obtiene un momento nominal que se ajusta en función del ángulo de encendido vigente en cada

momento. Además, la unidad de control del motor asume también diversas funciones de diagnóstico de a bordo, ejecutando diversas rutinas de diagnóstico para el taller, amén de otras funciones y el control de otros grupos periféricos.

Uno de los aportes técnicos más resaltantes de la unidad de control del motor es la tecnología de flujo iónico para detectar la autodetonación, y las fallas en el encendido y en el proceso de combustión. Como autodetonación se define el indeseado autoencendido del combustible en el cilindro, y para evitarla, en los motores sin regulación de autodetonación, se baja la compresión y se retarda el punto de encendido, lo cual genera un mayor consumo de combustible. En el BMW M V-10 el sistema de regulación activa de la autodetonación permite aprovechar el punto de encendido óptimo, evitando que se produzcan daños en el motor, y aprovechando al máximo su eficiencia. En el caso de las soluciones de tipo convencional, la regulación de autodetonación recibe las señales provenientes de sensores acústicos, montados en la parte exterior de los cilindros, pero en el caso de BMW M, tratándose de un motor de numerosos cilindros (V-10) y altas revoluciones, para garantizar una calidad óptima del proceso de combustión y, por lo tanto, una gran duración de las piezas involucradas y una elevada calidad de los gases de escape, los ingenieros optaron por la tecnología de flujo iónico, que no solo permite detectar y evitar la autodetonación en cada cilindro, sino que controla la calidad del encendido y detecta posibles fallas de encendido. Ello significa que la bujía hace las veces de actuador (para la operación de encendido) y, además, de sensor para controlar el proceso de combustión. Así resulta evidente la diferencia frente a los sensores de autodetonación y encendido de tipo convencional, que se encuentran en el exterior de las cámaras de combustión, mientras que la medición de flujo iónico, por lo contrario, se realiza en la propia cámara de combustión, ya que la misma bujía funciona como sensor.

En los motores a gasolina, la temperatura dentro de la cámara de combustión puede llegar hasta los 2.500 grados, la cual junto con las reacciones químicas que se producen durante el proceso de combustión, provocan una ionización parcial de la mezcla de aire y gasolina dentro de la cámara. Especialmente en el frente de la llama, el gas conduce corriente eléctrica debido a la generación de iones por la disociación y acumula electrones (proceso de ionización). Recurriendo al electrodo de la bujía, aislado eléctricamente de la culata y unido a una unidad de control satélite, dependiente de la centralita del motor, se mide el flujo de los iones entre los electrodos. Su magnitud depende del grado de ionización del gas que se encuentra entre los electrodos. Ello significa que midiendo el flujo de iones se reciben informaciones sobre el proceso de combustión, directamente desde la

cámara de combustión. El medidor del flujo de iones recibe las señales provenientes de las cinco bujías de la bancada correspondiente, las amplifica y las retransmite a la unidad de control del motor. Allí se analizan los datos y, si procede, se activan las intervenciones pertinentes en los cilindros respectivos. El sistema es capaz, por ejemplo, de adaptar de modo ideal el punto del encendido al proceso de combustión en cada cilindro por separado. La doble función que asumen las bujías (fuente de la chispa y sensor) también simplifica el diagnóstico necesario para realizar trabajos de reparación y mantenimiento.

Con el motor M V10 montado en el M5, BMW ofrece más potencia, mejor recorrido de la curva del par motor, respuesta óptima, menos consumo y gases de escape menos contaminantes, pero según los técnicos de la casa alemana, el concepto de motor de altas revoluciones sólo tiene sentido, si el impulsor está acoplado a una transmisión de relaciones correspondientes, pues solo se puede aprovechar el par motor mediante relaciones más cortas, transformándolo en una capacidad de aceleración óptima, para lo cual adoptaron la caja de cambios secuencial SMG de siete velocidades, de la cual hablaremos en una próxima oportunidad.

2.2.2.8 Nuevo Opel Astra

Un comportamiento ágil y una rápida respuesta de todos los mandos fueron algunas de las principales prioridades que han formado parte de las especificaciones del vehículo. Uno de los elementos más destacados que está disponible opcionalmente en el nuevo Astra es la suspensión adaptativa IDS^{Plus} (Interactive Driving System – Sistema de Conducción Interactiva), con Control Continuo de la Amortiguación (Continuous Damping Control - CDC). Los nuevos motores de gasolina con tecnología TWINPORT y los turbo diesel common-rail. [6]

Todos los motores son avanzadas unidades ECOTEC con cuatro válvulas por cilindro y que cumplen la normativa Euro4 de emisiones que entrará en vigor en el año 2005. Estos tres motores vienen equipados de serie con una nueva caja de cambios manual de seis velocidades. Adicionalmente, Opel ofrece una caja de cambios manual de cinco velocidades, una transmisión automática y una versión más desarrollada de la caja de cambios manual automatizada Easytronic, que ahora incluye también un programa “deportivo”.

Diseño dinámico, la tercera generación del Astra representa un paso más en la evolución del moderno lenguaje de diseño de Opel. Las características típicas incluyen unas proporciones

equilibradas, la combinación de superficies lisas con líneas claramente definidas, detalles de precisión técnica y distintivos elementos de diseño.

Las nuevas tecnologías están ayudando a Opel a lograr este objetivo de forma más rápida que en el pasado. Hoy en día no son solamente los lápices y tableros de dibujo los que dominan los estudios de diseño, también hay ratones y pantallas de ordenador. Con la tecnología de Realidad Virtual (VR) es posible hacer visibles superficies de datos en tres dimensiones y con estas formas de carrocería simuladas se puede perfeccionar de forma más rápida. “Esta tecnología es una herramienta maravillosa para presentar ideas creativas al inicio del proceso sin la necesidad de maquinaria. Podemos utilizarla para evaluar y trabajar en numerosas propuestas de diseño y transformar una gran cantidad de ideas en bocetos reales en un muy corto espacio de tiempo”, afirma Smith.

Silueta: Un techo aerodinámico y un atractivo diseño lateral

Otra de las características distintivas del Astra es su techo curvado. En la parte trasera cae casi cinco centímetros para mejorar la forma aerodinámica. El contorno definido de las ventanillas sobre la musculosa carrocería tiene una apariencia estilizada, lo cual no significa que haya poco espacio para los ocupantes. Al contrario, a pesar de su aerodinámico diseño exterior, el nuevo Astra ha crecido de tamaño, gracias a la inteligente arquitectura interior ahora ofrece 30 mm más de espacio a la altura de los hombros en la parte delantera, 55 mm más de espacio para la cabeza en la parte trasera y 17 mm más de espacio a la altura de las rodillas de los ocupantes del asiento trasero.

Progreso: Motores de gasolina con tecnología TWINPORT para ahorrar combustible

Una impresionante ingeniería y buenas prestaciones con bajos consumos de combustible y gran respeto medioambiental son algunas de las principales características de los nuevos motores del Astra. En total, la gama de motores disponible para el Astra se compone de cinco unidades de gasolina y tres diesel con potencias desde los 90 a los 200 CV (en gasolina) y de los 80 a los 150 CV (en diesel). Todos ellos son unidades ECOTEC de cuatro cilindros, con cuatro válvulas por cilindro y que cumplen la normativa Euro4 de emisiones.

Además de sus compactas dimensiones y las reducidas fricciones internas, este motor de cuatro cilindros es notable por la utilización del innovador concepto TWINPORT. Gracias al control variable de la admisión y a los altos niveles de recirculación de gases, la inteligente tecnología de Opel de ahorro de combustible para motores de hasta 1.6 litros de cubicaje, logra un sustancial

ahorro de combustible, de hasta el 10%, en condiciones de utilización diarias. Mientras que a carga parcial hasta un 25% del aire de admisión se obtiene de gases de escape quemados, la entrega de potencia y el ahorro de combustible se mantiene a plena carga – lo que es un importante factor en motores de pequeño cubicaje, que normalmente tiene un trabajo más duro que los motores más grandes.

El motor 1.6 litros también incorpora el sistema de admisión TWINPORT. Por primera vez este motor estará disponible con la caja manual automatizada de cinco velocidades Easytronic, que ahora también incluye un programa especial “deportivo”. En modo “sport” el cambio de marchas se realiza a tope de régimen para un cambio más deportivo. Mientras que al frenar – dependiendo de la desaceleración del vehículo – la reducción de marchas se lleva a cabo de forma más rápida para asegurar la máxima potencia en la siguiente aceleración. Opcionalmente, el nuevo cambio Easytronic se puede accionar mediante mandos en el volante, al igual que en un coche de Fórmula 1.

Campaña de potencia: Tres motores diesel common-rail de la última generación

La ofensiva diesel de Opel está despegando: El nuevo Astra se puede solicitar con tres avanzados motores diesel common-rail, todos con cuatro válvulas por cilindro y que cumplen la normativa Euro4 de emisiones.

La segunda generación de los sistemas de inyección directa common-rail es solamente uno entre los muchos aspectos tecnológicos destacados de este motor ECOTEC turbo diesel. Con una alta presión de inyección, tiene un gran control sobre cada proceso de inyección y una gran efectividad en la atomización del combustible. Esto ayuda a mejorar el comportamiento de las emisiones de escape del motor, su respuesta – cuando se acelera desde parado, por ejemplo – y su nivel acústico. Además el motor incorpora una gran cantidad de detalles técnicos subrayando la intención de Opel de convertirse en uno de los líderes del mercado europeo de turismos diesel en el futuro, incluyendo válvulas neumáticas de control de la turbulencia en el colector de admisión y un preciso control del sistema de recirculación de gases de escape (EGR) refrigerados por agua.

Los ingenieros de Opel han mejorado la eficiencia del ESP y del ABS mediante la inteligente interconexión de sensores y programas de control, y han añadido una serie de funciones adicionales, entre las que se incluyen:

-
- ✚ **Control Lógico del Subviraje (UCL):** En caso de subviraje, la velocidad se reduce en primer lugar cortando la alimentación y en segundo lugar aplicando los frenos a la rueda delantera exterior. Si se llega al límite de accionamiento del ESP, la presión del freno de la rueda delantera exterior decrece, y vuelve a aumentar en paralelo con la rueda interior delantera, hasta que el coche recupere la trayectoria correcta
 - ✚ **Asistente de Arranque en Rampas (HSA):** Cuando se inicia la marcha en una pendiente pronunciada, el desplazamiento del coche hacia atrás no se tiene que evitar utilizando el freno de mano. Tras soltar el pedal del freno, el sistema mantiene la presión durante dos segundos, ofreciendo al conductor el tiempo necesario para seleccionar una marcha y actuar sobre el acelerador. Tan pronto el coche empieza a moverse hacia delante, la presión del freno es liberada.
 - ✚ **Programa de Estabilidad de Remolque (TSP):** Este sistema monitoriza la velocidad de cabeceo del conjunto coche-remolque. Si alguna de estas velocidades límite se excede, el coche y el remolque son frenados cortando la alimentación y aplicando los frenos, hasta que se recupere la estabilidad.
 - ✚ **Sistema de Detección de Pérdida de Presión (DDS):** Con la ayuda de señales desde los sensores de velocidad de las ruedas, una luz de aviso informa al conductor si alguna de las ruedas ha perdido presión. El sistema detecta la posible pérdida de presión identificando una disminución de la circunferencia del neumático con una mayor velocidad de rotación con relación a las otras ruedas. La luz de aviso se activa si la pérdida de presión es alrededor del 30%.

Otro sistema que aporta una importante contribución a la seguridad activa es el Monitor de Presión de Neumáticos (TPMS), el primero en el mundo en integrar la función DDS. El TPMS detecta una desviación de hasta 0,1 bar respecto a la presión correcta de la rueda utilizando unos sensores especiales en cada rueda. La señal llega a un receptor central en el lado del acompañante y la presión actual se muestra en la pantalla del TPMS en el habitáculo. Si baja de una cifra predeterminada, avisa al conductor.

Dado que el DDS no precisa sensores especiales en los neumáticos, complementa de forma efectiva el sistema de control de presión de las ruedas, por ejemplo, si en invierno se montan neumáticos sin sensores TPMS.

2.2.2.9 Implementación de nuevos sistemas de propulsión basados en tecnologías avanzadas

La tecnología híbrida

Existen dos tipos de sistemas híbridos: En un 'híbrido en serie' el motor acciona un generador y la potencia creada se usa como motor eléctrico para mover las ruedas del vehículo. En un 'híbrido en paralelo' las fuerzas de transmisión del motor y del motor eléctrico mueven las ruedas por separado. [41]

El Sistema Híbrido de Toyota (THS) introducido en el Prius de 1997 fue el único en combinar ambos sistemas para maximizar sus ventajas. Se alcanzó un menor consumo y una mayor reducción en la emisión de gases con la estrategia de los motores "parar y marchar" y la recuperación de energía con la frenada.

Durante el uso, la potencia motriz del Prius proviene de la combinación del motor de gasolina, la energía eléctrica del generador y/o la almacenada en las baterías. Esta combinación elimina la necesidad de utilizar una transmisión manual o automática, dando lugar a una transmisión continuamente variable eléctrica (CVT). Un sistema altamente sofisticado de gestión por ordenador determina la combinación de potencia motriz más apropiada en cada momento durante el ciclo de conducción, conmutando a la perfección entre los tres para obtener el máximo rendimiento y minimizar las emisiones de gases. [11]

Esta tecnología fue actualizada en el año 2000 ha dando como resultado una mejora en la potencia y la fuerza: El motor de gasolina aumentó la potencia un 19 % hasta 71 Hp y la fuerza mejoró en un 13 % hasta 115 Nm; por su parte, la potencia del motor eléctrico también mejoró pasando a 44 Hp y 350 Nm, dando como resultado una mejora de las prestaciones en todos los aspectos. Durante sus seis años de vida, el Prius original ha proporcionado una valiosa experiencia a Toyota lo que le permite lanzar la versión del Prius de 2ª generación.

2.2.3 Combustibles Alternativos

Frente a las exigencias actuales, en torno a los efectos de la contaminación ambiental y la dependencia hacia las fuentes de energía fósiles, se han desarrollado investigaciones e iniciativas para incorporar fuentes de energías alternas no contaminantes, de alto rendimiento y baratas para la producción de combustibles. Sin embargo, algunas de ellas requieren de grandes inversiones en investigación y desarrollo para que cumplan con estos requisitos. Por otra parte, las fuentes de energía fósiles parecen aportar las “mejores opciones”.

Actualmente contamos con una serie de estudios técnicos y de comportamientos de escenarios futuros que decidirán el manejo de las inversiones que orientarán el uso y disponibilidad de combustibles, menor impacto ambiental y mejor rendimiento en los vehículos.

Se entiende por combustibles alternativos aquellos con mejores desempeños desde el punto de vista del Impacto Medioambiental y pueden ser renovables o fósiles “más amigables” con el Ambiente.

En el capítulo I se analizó que con su empleo de una parte se limita la contaminación ambiental y de la otra el agotamiento de las reservas fósiles. Para el primer caso se proponen combustibles que pueden ser renovables o fósiles más “amigables” con el Ambiente, en el caso del agotamiento de las reservas por supuesto que la opción es únicamente el empleo de combustibles renovables.

Una vez hechas estas aclaraciones se analizarán en primer lugar los combustibles renovables con que se cuenta actualmente y luego las opciones de combustibles fósiles menos contaminantes.

2.2.4 Combustibles de Renovables

Entre las tecnologías para la producción de energía en el transporte, a partir de la biomasa tenemos:

- **Fermentación alcohólica:** Producción de combustible alcohólico a partir de la transformación del almidón en azúcar y de la fermentación de azúcar a alcohol.

- **Gasificación - Síntesis de Combustible:** Empleo de la gasificación y del proceso de refinado de los combustibles para la producción de metanol.

- **Transesterificación:** Implica la combinación de aceites orgánicos y alcohol para formar ésteres lipídicos como el etil o metil éster. Se denomina biodiesel al combustible final.

Diferentes tipos de alcoholes: Metanol y Etanol.

Los alcoholes son derivados de simples hidrocarburos (moléculas formadas por carbono e hidrógeno) y se caracterizan por tener un grupo oxidrilo (OH) unido a uno de los átomos de carbono en sus moléculas. [12]

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

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

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

Metanol

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

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

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

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

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

Un derivado químico del mismo llamado methyl tertiary butyl ether, MTBE, comenzó a ser usado en nuevos combustibles alternativos para reducir las exhaustivas emisiones de contaminantes.

Tiene dos ventajas con respecto a la gasolina en lo que concierne a la calidad del aire: un potencial inferior de formación de ozono y un mínimo de emisiones de benceno y otros compuestos aromáticos policíclicos. El metanol en estado puro produce tan sólo pequeñas cantidades de óxidos de azufre. El problema con los vehículos a metanol es la emisión de formaldehído, sustancia tóxica y probablemente cancerígena, aunque según la Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente (EPA), todo aumento en el riesgo de cáncer debido a las emisiones de formaldehído estaría más que compensado por la enorme reducción del riesgo de cáncer lograda con la disminución de las emisiones de 1,3 butadieno. En algunas zonas muy contaminadas de los Estados Unidos (principalmente en la cuenca de Los Ángeles) y en Escandinavia se está fomentando el uso de metanol, donde puede producirse como un combustible “renovable” de la biomasa. También en los Estados Unidos se ha venido promoviendo la introducción de metanol en los vehículos de combustible adaptable que queman mezclas de metanol y gasolina, y un fabricante automotor estadounidense ha inventado un coche con motor de combustible variable que funciona tanto con metanol como con gasolina.

Etanol

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

- Materias ricas en sacarosa como la caña de azúcar, la melaza y el sorgo dulce.

-
- Materias ricas en almidón como los cereales (maíz, trigo, cebada, etc) y los tubérculos (yuca, camote, papa, malanga, etc).
 - Materias ricas en celulosa como la madera y los residuos agrícolas.

Desde el punto de vista técnico, la caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas de biomasa. Lo anterior se debe a que los azúcares que contiene se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables y además durante su procesamiento se genera el bagazo, que se usa como combustible en la producción de etanol. El principal inconveniente de la caña de azúcar son los costes de producción. Además, se requieren tierras fértiles para su cultivo las cuales podrían ser destinadas a la producción de alimentos. [12]

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

Finalmente, las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión de estos en carbohidratos fermentables sea una tarea difícil y poco rentable en la actualidad. Los procesos de hidrólisis ácida y enzimática de sustratos celulósicos se encuentran poco desarrollados a nivel industrial, sin embargo se esperan avances importantes en los próximos años.

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

- Es un líquido inflamable, incoloro y es el alcohol de menor toxicidad.
- Es usado en las bebidas alcohólicas y como desinfectante o solvente.
- Posee un alto octanaje y una mayor solubilidad en gasolina que el metanol.

-
- Además es usado como un aditivo que se le añade a la gasolina para oxigenarla, llamado Ethyl Tertiary Butyl Ether, ETBE, el cual ayuda a que se produzca una mejor y limpia combustión.

Alcohol similar al metanol, aunque mucho menos contaminante y tóxico. No obstante, la producción es más cara, requiere de grandes cosechas y consume ingentes cantidades de energía. También genera emisiones de óxidos de nitrógeno más elevadas que el metanol, si bien aun considerablemente inferiores a las de los motores Diesel. El etanol tiene un elevado octanaje, razón por la cual se lo viene utilizando en mezclas con gasolina. El etanol mezclado con gasolina contribuye a la formación de niebla fotoquímica, y también puede producir muchas veces más acetaldehído que los vehículos de gasolina, aunque el riesgo de cáncer del acetaldehído es muy inferior al del 1,3 butadieno. La producción de etanol de maíz requiere grandes superficies de tierra: en los Estados Unidos, para producir el combustible que necesita quemar anualmente un vehículo normal a etanol, se necesitaría nueve veces la superficie de tierra necesaria para alimentar a una persona. Por otra parte, la plantación de cultivos año tras año erosiona gravemente los suelos.

Existen combinaciones que son resultado de la mezcla de alcoholes (metanol y etanol), naftas y otros derivados del petróleo (kerosene), los cuales se utilizan con buenos resultados en los EE.UU., Canadá y Brasil, los más utilizados son:

E5: Es una mezcla de nafta súper sin plomo con 5 % de etanol anhidro (se entiende por etanol anhidro al que tiene el 99,5 % como grado de hidratación).

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

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

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

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

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

E100: Es etanol anhidro al 100%.

ETBE (ethyl tertiary butyl ether): Es un aditivo que oxigena la nafta ayudando a una combustión más limpia. Se puede añadir a la nafta hasta un 17% del volumen.

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

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

MTBE (methyl tertiary butyl ether): Es un aditivo que oxigena la nafta, reduciendo la emisión de monóxido de carbono.

-Etanol alcohol producido de la basura.

Etanol 85 (85% de etanol y un 15 % de gasolina) es para la aplicación de trabajos livianos y Etanol 95 (95% de etanol y un 5 % de gasolina) es para la aplicación de trabajos pesados. Se estima que habrá en las tiendas cerca de 250.000 vehículos. La potencia, la aceleración, el rendimiento y la velocidad crucero se pueden comparar con muchos de los combustibles convencionales. El uso de lubricantes especiales puede ser requerido, se debe consultar el manual o consultar al fabricante para saber cual es el tipo de aceite que debe ser usado.

Biodiesel

El proceso comprende la transesterificación del aceite o grasa con alcoholes ligeros, utilizándose un catalizador adecuado, para generar ésteres de ácidos grasos (biodiesel). El alcohol que generalmente se utiliza es metanol, aunque se pueden utilizar otros alcoholes ligeros, como etanol, propanol o butanol. Como producto se obtiene glicerina, que se puede utilizar en otros procesos de interés industrial, suponiendo un factor positivo desde el punto de vista económico. Para la producción de 1.005 kilos de biodiesel, son necesarios 110 kilos de metanol, 15 de catalizador y mil de aceite, además de 4,29 metros cúbicos de agua. Este procedimiento permite además la obtención de cien kilos de glicerina como subproducto. Estos datos indican que el balance energético de este procedimiento es positivo.

Como se menciona anteriormente para los motores Diesel, los biocombustibles a considerar y ya empleados en algunos países son los aceites vegetales transesterificados. Un aceite vegetal puro presenta elevada viscosidad, pero mediante la reacción de transesterificación, una mezcla de aceite vegetal y 10% de alcohol, en medio alcalino, se convierte en una mezcla de ester de ácidos grasos y 10% de glicerina. Luego de la separación de la glicerina y de restos de agentes contaminantes, se obtiene el ester técnicamente puro, llamado de biodiesel. Hay alguna influencia del tipo de aceite vegetal y de las características del proceso sobre las propiedades del biodiesel.

Materias primas:

- **Aceites vegetales:**
 - ✚ Aceites de semillas oleaginosas: girasol, colza, soja y coco.
 - ✚ Aceites de frutos oleaginosos: palma.
 - ✚ Aceites de semillas oleaginosas alternativas: *Brassica carinata*, *Camelina sativa*, *Pogianus*
 - ✚ Aceites de semillas oleaginosas modificadas genéticamente: Aceite de girasol de alto oleico.
 - ✚ Aceites vegetales de final de campaña: Aceite de oliva de alta acidez.
- **Aceites de fritura usados.**
- **Grasas animales:** sebo de distintas calidades.

Sectores implicados:

- **Agrícola:** Siembra y recogida del grano.
- **Industrias aceiteras:** Producción de aceite.
- **Industria química:** Transesterificación.
- **Compañías petroleras:** Mezcla con gasóleo y distribución del biodiesel.
- **Cooperativas Agrícolas:** Uso de biodiesel en tractores y maquinaria agrícola.

-
- **Administraciones** locales y autonómicas: Flotas de autobuses, taxis, calefacciones etc.

Áreas ambientalmente protegidas: Utilización de biodiesel en los medios de transporte de parques nacionales, lagos etc.

Ventajas:

- ✚ Disminuir de forma notable las principales emisiones de los vehículos, como son el monóxido de carbono y los hidrocarburos volátiles, en el caso de los motores de gasolina, y las partículas, en el de los motores diesel.
- ✚ La producción de biocarburentes supone una alternativa de uso del suelo que evita los fenómenos de erosión y desertificación a los que pueden quedar expuestas aquellas tierras agrícolas que, por razones de mercado, están siendo abandonadas por los agricultores.
- ✚ Supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles derivados del petróleo, constituyendo así un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.



El biodiesel, utilizado como combustible líquido, presenta **ventajas energéticas, medioambientales y económicas:**

- **Desarrollo sostenible** tanto en agricultura como en energía.

- **Menor impacto ambiental:**

- ✚ Reducción de las emisiones contaminantes: SO₂, partículas, humos visibles, hidrocarburos y compuestos aromáticos.
- ✚ Mejor calidad del aire.
- ✚ Efectos positivos para la salud, ya que reduce compuestos cancerígenos como PAH y PADH.

- **Reduce el calentamiento global:**

- ✚ Reduce el CO₂ en el ambiente cumpliendo el protocolo de Kyoto.
- ✚ Balance energético positivo (3,24:1).
- ✚ 80% del ciclo de vida decrece en CO₂.
- ✚ Producto biodegradable: Se degrada el 85% en 28 días.

- **Desarrollo local y regional:**

- ✚ Cohesión económica y social.
- ✚ Creación de puestos de trabajo.

- **Industrial:**

- ✚ Puede sustituir a los gasóleos convencionales en motores, quemadores y turbinas.
- ✚ Se puede utilizar en flotas de autobuses, taxis y maquinaria agrícola.

- **Favorece el mercado doméstico.**

- **Reducción de la importación de combustibles:**

- ✚ Seguridad energética, cumpliendo las Actas de la Unión Europea. EPACT (1992). ECRA (1998).

Sin embargo, es muy poco probable que puedan utilizarse sin mezclar, y la mejor forma de usarlos es mezclándolos con combustibles para motores Diesel. Más allá de sus ventajas como combustibles eficientes, los aceites vegetales suponen otros problemas. El Organismo alemán de protección del

medio ambiente halló que una de las principales desventajas era la emisión de grandes cantidades de dióxido de nitrógeno durante el ciclo de producción. Asimismo, al igual que en el caso del etanol, la erosión del suelo es otro de los factores que cuentan en su contra. De hecho, las desventajas son más graves en el caso de dedicar tierra a cultivos con el fin específico de obtener energía de biomasa. Para lograr la producción de combustibles en una escala lo suficientemente grande para que fuera una opción viable se deberían cultivar materias primas exclusivamente para la generación de energía. Un informe de los ministros federales y estatales de agricultura de Alemania, presentado en agosto de 1994, reveló que, comparado con el combustible Diesel normal, el biocombustible Diesel reduce las emisiones de dióxido de carbono hasta un 65%, produce menos hollín, monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar, y es biodegradable. Sin embargo, según el Instituto de los Recursos Mundiales, en muchas partes del mundo existe la posibilidad de que el cultivo para combustibles automotores compita con la producción de alimentos en un momento en que el cambio climático podría estar sobreexigiendo a la producción agrícola.

En principio, el biodiesel puro podría ser utilizado en los motores Diesel convencionales sin cualquier modificación, pero los fabricantes de motores y bombas inyectoras típicamente recomiendan que sean empleadas mezclas con diesel convencional hasta 20% de biodiesel, el B20. Es frecuente denominarse las mezclas como BX, siendo X el contenido porcentual de biodiesel. Para mezclas B5, con 5% de biodiesel, la gran mayoría de la industria automovilística no coloca restricciones en el empleo de este biocombustible. Las ventajas particulares que el biodiesel posee frente al derivado de petróleo, además de la renovabilidad, son la cetanaje elevada, la ausencia de azufre, la buena lubricidad y el elevado punto de fulgor. Las emisiones resultantes de mezclas con biodiesel indican particularmente una reducción en el CO y los particulados.

Las mezclas presentan una mejora en las características del diesel en la función directa de la proporción de biodiesel, así eventualmente este biocombustible podría representar para el derivado de petróleo un rol de aditivo, como es el caso del etanol en la gasolina. Vale mencionar que, con la tendencia de reducción del azufre en el diesel convencional, los valores de lubricidad han bajado y al añadir biodiesel en contenidos no muy altos se recupera en niveles adecuados esta propiedad.

En resumen los biocombustibles son uno de los combustibles alternativos que disfrutan de unas ventajas más claras y que se obtienen a partir de **productos** agrícolas, no contienen azufre y por lo tanto no forman el anhídrico sulfuroso, uno de los principales causantes de la lluvia ácida, ni

incrementan la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera. Los análisis realizados, tanto en bancos de pruebas como en experiencias piloto, dejan bien claro que la utilización de los biocombustibles ofrece ventajas medioambientales en comparación con los combustibles convencionales como el gasoil.

En la siguiente tabla mostramos una comparación entre los niveles de emisión de un motor que funciona con gasoil y otro que trabaje con éster metílico de colza como biocombustible. En cuanto a los gases de invernadero la cadena gasoil emite cinco veces más cantidad de ellos que la cadena del éster metílico del aceite de colza, solo para el CO₂ la cadena gasoil emite 7,6 veces más. Para ilustrar la importancia que se le otorga en la actualidad a la reducción de la toxicidad de los gases de escape mostramos un paralelo entre la legislación de emisión de humos en Europa y el estado alcanzado por la firma alemana Fendt .

Tabla 2.4 Los niveles de emisión de un motor que funciona con gasoil

Emisiones de gases en g/(kW h)	D CEE 15-4-82	DCE 88/77 1-10-97	Fendt modelos de 1990 de serie
CO	14	11.2	1.5
Hidrocarburos	3.5	2.4	1.15
Oxidos de N ₂	18	14.4	13.8

El hidrógeno

Es el elemento más abundante en el universo, pero es raro encontrarlo sin combinación en la tierra. El hidrógeno es normalmente un gas y puede ser comprimido y puesto en cilindros, también puede ser un líquido pero el gas solo se convierte en líquido a temperaturas de -423.2° Fahrenheit. Hoy en día el hidrógeno se obtiene del rompimiento de combustibles hidrocarburos pero pueden ser producidos por electrólisis del agua y fotólisis, el mayor problema con el hidrógeno es que el tanque de almacenamiento requiere de varios tanques de combustibles. Para un contenido equivalente al de la gasolina el hidrógeno líquido requiere sistema de refrigeración, requiere de 6 a 8 veces mas espacio que la gasolina y el gas de hidrógeno comprimido requiere de 6 a 10 veces mas espacio.

Es interesante como combustible alternativo porque, aparte de las emisiones de óxidos de nitrógeno, casi no contamina, ya que no contiene carbono, azufre ni otros materiales contaminantes. Al usar el hidrógeno en una célula energética, en vez de en un motor de combustión interna, prácticamente se eliminarían las emisiones de óxidos de nitrógeno. El almacenamiento plantea problemas, y antes de ganar la aceptación del público tendrán que tratarse y resolverse los aspectos de seguridad. Otro problema es que, si bien el hidrógeno en sí no es muy contaminante ni es un factor que contribuye al calentamiento del planeta, su producción sí lo es. El gas se produce comercialmente por electrólisis, proceso que consume una cantidad considerable de energía y que, en efecto, lo que hace es pasar el problema de la contaminación del tubo de escape del vehículo a la chimenea de la planta de producción. Alemania, los Estados Unidos y el Japón tienen programas de investigación y desarrollo, y el Instituto de Tecnología Musashi del Japón ha inventado varios tipos de vehículos, entre ellos un coche pequeño con un motor de dos tiempos que funciona a hidrógeno líquido. Asimismo, varios fabricantes automotores importantes están realizando pruebas con vehículos de hidrógeno. Un fabricante automotor japonés está trabajando en la puesta a punto de un motor rotativo que funciona con hidrógeno, cuyo único gas de escape es vapor. Por otra parte, un fabricante automotor alemán ya cuenta con versiones de hidrógeno de varios de sus coches más grandes; que usan almacenamiento criogénico (de temperaturas muy bajas). Es posible que el hidrógeno se empiece a utilizar como combustible automotor después de su uso para la generación de energía, pero a menos que se introduzcan reglas que prescriban el uso de vehículos de emisión cero en ciertas zonas, es probable que el costo del hidrógeno sea un obstáculo insalvable para su entrada en el mercado a corto plazo. [29]

El hidrógeno es un portador de energía como la electricidad y puede producirse a partir de una amplia variedad de fuentes de energía tales como: el gas natural, el carbón, la biomasa, el agua, etc., así como de las aguas negras, de los residuos sólidos e incluso desechos del petróleo.

Las ventajas y desventajas del hidrógeno derivan de sus propiedades físicas básicas. La molécula de hidrógeno es la más ligera, la más pequeña y está entre las moléculas más simples, además, es relativamente estable. El hidrógeno tiene más alto contenido de energía por unidad de peso que la combustión a altas relaciones de compresión y altas eficiencias en máquinas de combustión interna. Cuando se le combina con el oxígeno en celdas de combustible electroquímicas, el hidrógeno puede

producir electricidad directamente, rebasando los límites de eficiencia del ciclo de Carnot obtenidos actualmente en plantas generadoras de potencia.

Como desventajas, el hidrógeno tiene una temperatura de licuefacción extremadamente baja (de unos 20 Kelvins) y una energía muy baja por unidad de volumen como gas o como líquido (una tercera parte de la del gas natural o una gasolina). Otras desventajas son: la obtención del hidrógeno líquido requiere de un proceso altamente consumidor de energía, el transporte de hidrógeno gaseoso por conductos es menos eficiente que para otros gases, y los contenedores para su almacenaje son grandes y el almacenamiento de cantidades adecuadas en un vehículo todavía representa un problema significativo (en este campo los ingenieros alemanes de BMW son los que más avances han conseguido dado que llevan trabajando con este tipo de sistema durante bastante tiempo, e incluso se atreven a decir que serán los primeros en lanzar un modelo al mercado). Además habría que señalar que el hidrógeno no es tóxico y no es contaminante, pero es difícil de detectar sin sensores adecuados ya que es incoloro, inodoro y su flama al aire es casi invisible.

La eficiencia de los motores de hidrógeno supera con creces el rendimiento de los más modernos de gasolina, dado que mientras estos llegan a un 13%, los de hidrógeno ya sean híbridos o de pilas de combustible llegarían al 35 e incluso el 45%.

2.2.5 Los combustibles fósiles más viables para el futuro son:

-**Metanol** se obtiene del gas natural pero tiene un mayor poder energético. Ataca a ciertos plásticos y a metales como aluminio o el zinc. El metanol (un 85% de metanol y un 15% de gasolina) es para la aplicación y el metanol 100 con un 100% de pureza es para la aplicación. Requiere un depósito especial y modificaciones en el motor. Reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno. Existen más de 20.000 vehículos en uso actualmente. Usa lubricantes especiales que se suplen por medio de un pedido. El costo del metanol 85 es igual al de las gasolinas premium. [11]

-**Diesel** es más pesado, aceitoso y se evapora mucho mas lento que la gasolina esto porque contiene mas átomos de carbón en cadenas mas largas de gasolina (la gasolina típica es C_9H_{20}) mientras que el diesel es típicamente ($C_{14}H_{30}$). Toma menos tiempo refinar para crear el combustible diesel, ya que generalmente es mas barato.

-Gasolina sin plomo: es un tipo de combustible fósil que se obtiene del petróleo, es el hidrocarburo más usado actualmente, sin embargo por su alto nivel de contaminación de azufre y partículas contaminantes es que se han desarrollado investigaciones tratando de buscar otras alternativas, y se ha desarrollado la gasolina sin plomo, pero esta gasolina no reduce completamente las emisiones contaminantes y requiere de otros aditivos que si no son usados en forma apropiada poseen los mismos efectos contaminantes que el plomo, tal como lo veremos a continuación.

-El Gas Natural necesita depósitos especiales para almacenarse, en forma de gas tiene que estar a 200 atmósferas de presión y en forma líquida, a -175° C de temperatura. Su rendimiento energético es 4 veces más bajo que el de la gasolina, aunque este depende de la capacidad que tenga el vehículo para almacenar el combustible (generalmente es baja), reduce las emisiones de dióxido de carbono y óxido de nitrógeno. BMW y Fiat ya tienen prototipos que trabajan con gas natural. Hay unos 75.000 vehículos propulsados por gas natural en Estados Unidos y cerca de 1 millón en el mundo. Uno de cada 5 autobuses en EEUU tiene como combustible el gas natural. Los tanques de almacenamiento tienen que tener periódicas inspecciones y mantenimiento, tienen de 2 a 3 años de vida de servicio y se extiende mientras requiere mantenimiento, Los tanques de gas natural son más seguros que los de gasolina. El costo de este combustible es menor que el de la gasolina.

El gas natural apenas requiere transformación y su detonación en el seno del motor origina menos cantidad de monóxido de carbono que cualquier otro combustible convencional. Eso sí, su emisiones contienen dosis estimables de óxido de nitrógeno que es preciso volver a quemar. Requiere depósitos especiales tanto en su estado gaseoso como licuado. El metanol, un derivado del gas natural, parece contar con un futuro incierto. Alcanza una capacidad energética más elevada y produce menos óxidos de nitrógeno, pero acarrea inconvenientes como su incompatibilidad con determinados materiales plásticos, aluminio, magnesio, zinc, etc), por lo que necesita depósitos especiales.

El gas natural puede utilizarse como combustible de vehículos automotores, ya sea comprimido en cilindros como gas natural comprimido o como gas natural licuado (aunque esta última forma no se considera viable por ser más onerosa y de más difícil manejo). Éstos emiten mucho menos dióxido de carbono y monóxido de carbono que los vehículos que queman gasolina o metanol, la misma cantidad –o probablemente un poco más– de óxidos de nitrógeno, y prácticamente nada de benceno, humo ni óxidos de azufre.

Las autoridades de México D.F., la ciudad con el aire más contaminado del mundo, han ordenado la conversión de 1.000 taxis a gas natural. La decisión se tomó tras ciertos estudios que revelaron que, de este modo, tales vehículos contaminarían un 96% menos que los vehículos normales. Existen dos obstáculos principales que evitan que los vehículos a gas entren en carrera: la necesidad de instalar cilindros de gas de grandes dimensiones –problema más notorio en el caso de los coches– y la falta de un sistema de estaciones de repostaje. Para que estos vehículos se puedan utilizar a gran escala, se deberán superar estos problemas de distribución y limitación de la autonomía de los vehículos, amén de las posibles pérdidas de metano durante el transporte, la distribución y el consumo. Sin embargo, cada vez hay más respaldo para los vehículos a gas en varios países. Entre ellos los Estados Unidos, donde un fabricante automotor extranjero estima que éstos representarán el 5% de sus ventas en los próximos cinco años, y en Japón, donde las autoridades municipales utilizan vehículos a gas para la recolección de residuos y para los autobuses locales. También en Japón, el gobierno tiene el objetivo de instalar 600 estaciones de repostaje para el año 2000 en un intento de lograr que el parque de vehículos a gas llegue a 200.000 unidades.

-El Gas Licuado de Petróleo cuya combustión a un motor de gasolina resulta sencilla y no muy costosa, lográndose así una combustión más limpia. El problema reside en el almacenamiento y el suministro. Actualmente se usa a pequeña escala en vehículos de servicio público.

Otro de los combustibles alternativos de empleo factible es el GLP, el gas licuado del petróleo. En realidad es una combinación de hidrocarburos, entre cuyos ingredientes destacan sobre todo el butano y el propano. El fluido, que a temperatura ambiental se gasifica, requiere una sencilla adaptación en el motor de explosión, depara un buen rendimiento y menor cantidad de emanaciones nocivas. El GLP comienza a ser utilizado en algunos países europeos en vehículos de servicio público y cada día cuenta con más puntos de repostaje en las gasolineras.

Sus ventajas:

- ✚ Calidad controlada del combustible.
- ✚ Extraordinarias ventajas medioambientales por menor emisión de contaminantes frente a otras alternativas clásicas.
- ✚ Fiabilidad técnica y excelentes prestaciones de los vehículos (equivalentes a los diesel).

-
- ✚ Sencilla infraestructura de suministro del combustible (estación de almacenamiento y llenado) y tiempos de repostaje mínimos.
 - ✚ Aspectos de seguridad resueltos y justificados por experiencias existentes.
 - ✚ Costes de explotación asumibles por la Empresa de Transporte.

Sus ventajas medioambientales:

- ✚ Emisiones contaminantes reguladas por la normativa vigente, denominada Euro III: CO (monóxido de carbono), NO_x (óxidos de nitrógeno), HC (hidrocarburos inquemados) y partículas.
- ✚ A este respecto, los autobuses de GLP, dependiendo de la tecnología utilizada (carburación, inyección, etc.) reducen estas emisiones hasta un 90% respecto a la alternativa diesel. La primacía de emisiones contaminantes respecto a la utilización de autobuses con energía diesel se mantendrá en el futuro (las emisiones de autobuses a GLP cumplen holgadamente la prevista Euro V).
- ✚ Emisiones contaminantes no reguladas en la actualidad pero que, sin duda, serán incluidas en breve, en la normativa europea: CO₂ (dióxido de carbono), aldehídos, compuestos aromáticos, smog fotoquímico, etc.
- ✚ Debido a la composición química del GLP, las emisiones de CO₂ son hasta un 10% inferior a las de los vehículos diesel.
- ✚ Las reducciones en las emisiones de aldehídos y compuestos aromáticos (Hidrocarburos poliaromáticos, PAH, o bencenos, toluenos y xilenos, denominados genéricamente BTX), consideradas sustancias con efectos cancerígenos, son claramente significativas en relación con las provocadas por los vehículos diesel.
- ✚ Los niveles de ruido se ven reducidos en un 50%.
- ✚ Finalmente, la utilización del GLP no genera emisiones de SO₂ (dióxido de azufre) culpable junto con los NO_x de la lluvia ácida, elimina los olores y humos de aceleración característicos de los motores diesel y reduce las vibraciones del motor a niveles mínimos.

El Gas Licuado de Petróleo utilizado como carburante para automoción es una mezcla de hidrocarburos, fundamentalmente Propano y Butano (en una proporción de 60% propano y 40% butano), obtenidos de la destilación del petróleo en las refinerías o en la destilación del gas natural húmedo. La importancia de la no variabilidad en la calidad del gas suministrado radica en que de

esta manera, el fabricante del vehículo puede ponerlo a punto para permitir alcanzar unos niveles óptimos de seguridad, prestaciones del vehículo y emisiones contaminantes, y que estos niveles se mantengan durante su uso. El cumplimiento de estas especificaciones se asegura mediante procedimientos internos de control de calidad. Debido a su naturaleza, el GLP se almacena, transporta y suministra en estado líquido.

Fiabilidad:

En el mercado español existen dos fabricantes de autobuses que ofrecen versiones GLP de sus modelos MAN y DAF. Estos autobuses son productos tecnológica y comercialmente terminados por lo que su fiabilidad y garantía son equivalentes a las que estos mismos fabricantes ofrecen en las versiones diesel de sus vehículos. Por otra parte, a diferencia de lo que ocurre con autobuses que utilizan algún otro tipo de combustibles alternativos, la utilización del GLP no supone un handicap en cuanto al peso, autonomía y capacidad de viajeros en comparación con el vehículo Diesel. En concreto, la autonomía de un vehículo GLP puede ser aproximadamente de 450 kms., más que suficiente para el uso diario de los autobuses urbanos. En lo referente al peso del vehículo, la utilización de GLP supone un sobrepeso en comparación con el autobús diesel de 260 kg. (debido fundamentalmente al peso de los depósitos de almacenamiento de gas), que representa algo menos del 1,5% del peso máximo admisible del vehículo. Finalmente, los autobuses a GLP ofrecen una serie de ventajas técnicas como son:

- Mezcla homogénea, controlada y bien distribuida con el aire comburente en los cilindros facilitando una combustión más completa.
- Los aceites lubricantes del motor se mantienen limpios más tiempo debido a la ausencia de depósitos carbonosos.
- Mayor potencia y mayor par motor a carga parcial (arranques, paradas, aceleraciones y deceleraciones) que suele ser el régimen de funcionamiento usual del autobús.

El gas de petróleo licuado, mezcla de gases cuyos componentes principales son el butano y el propano, es un subproducto de la refinación del petróleo crudo y del procesamiento del gas natural. Es el combustible sucedáneo más ampliamente disponible; se estima que lo utilizan unos 4 millones de vehículos en los Estados Unidos, los Países Bajos, Italia, Australia, Nueva Zelandia y Canadá, así como en Asia, donde su consumo representa cerca de un tercio del uso mundial. Canadá, Francia,

Italia, Australia, Japón y los Países Bajos son más partidarios del combustible subvencionado y de los combustibles de menor valor energético. El gas de petróleo licuado permite el uso de calibraciones con mezcla pobre, lo que aumenta el rendimiento del combustible y reduce las emisiones. Su combustión produce menos gases de efecto invernadero (salvo el dióxido de carbono) y, al utilizarlo en motores de encendido eléctrico, produce prácticamente cero emisiones de partículas, muy poco monóxido de carbono y emisiones moderadas de hidrocarburos. No obstante, su demanda y disponibilidad dependen directamente de la producción de petróleo crudo y gas natural, lo que limitará su potencial como sustituto de combustibles tradicionales. Un problema constante es la falta de infraestructura de repostaje. Probablemente el gas de petróleo licuado se adapta mejor como combustible especial para autobuses urbanos y camiones de reparto que trabajan en zonas de contaminación considerable.

Según un estudio realizado por la Agencia Internacional de Energía en 1993, es técnicamente posible reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta un 80% utilizando combustibles sucedáneos. El problema es que este potencial técnico no es alcanzable a corto plazo. Por otra parte, es muy probable que la producción de la mayoría de los combustibles de sustitución (con la salvedad del gas de petróleo licuado y el gas natural comprimido, así como el combustible Diesel) cueste más que la producción de gasolina durante los próximos 20 años. Sin embargo, la Agencia Internacional de Energía también halló que, si se toma en cuenta el ciclo de vida, los coches que queman gas de petróleo licuado, gas natural comprimido o gasóleo emiten entre un 10% y un 30% menos de gases de efecto invernadero que los vehículos a gasolina. Un informe de AEA Technology elaborado en 1996 para el Gobierno del Reino Unido reveló que el gas de petróleo licuado emite menos óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y partículas, que el gas natural comprimido produce cantidades inferiores de la mayoría de los agentes contaminantes, y que los combustibles basados en alcohol emiten volúmenes netos bajos de dióxido de carbono, si bien en el resto de las emisiones son comparables a los combustibles tradicionales. Sin embargo, otros estudios toman posiciones diferentes. El Instituto de los Recursos Mundiales acepta que las mezclas de metanol y etanol en gasolina tienen el potencial de reducir las emisiones de monóxido de carbono, aunque señala que esto no necesariamente frenará el calentamiento de la atmósfera, y que el cambio a gas natural comprimido tendría un efecto mínimo. Según el Instituto, para reducir las emisiones de dióxido de carbono, la solución no son los combustibles sucedáneos basados en combustibles fósiles. Estima que utilizar la

biomasa como materia prima para la producción de alcohol ayudaría, pero se pregunta si es factible o viable producir grandes cantidades de combustibles orgánicos de manera sostenible.

Otro elemento interesante se desprende del estudio de la Agencia Internacional de Energía, a saber, que para algunos conductores, los coches a gas de petróleo licuado, gas natural comprimido o gasóleo pueden resultar más baratos, pero en el futuro previsible, éstos queden relegados a mercados muy específicos. Lo reducido de su autonomía, el largo tiempo que insume repostar y la falta de estaciones de gas natural comprimido son todos factores que pesan en su contra. Si se resuelve el problema de la autonomía aumentando la capacidad de almacenamiento de combustible, es probable que el costo de los coches a gas natural comprimido suba a tal punto que pasen a ser más costosos que los coches de gasolina.

Comparación con el uso de gasolina

La primera ventaja que advierte en un automóvil alimentado con GLP es la suavidad de funcionamiento del motor, que aguanta más las marchas sin tener que cambiar ni soporta tirones, ni pica al pisarlo a fondo; las aceleraciones son escientes sin que aparezca detonación. Tampoco es fácil que se produzca el autoencendido. La potencia obtenible puede ser equivalente, y en algunos casos superiores, al proporcionado por gasolina. La vida del motor resulta prolongada, y el mantenimiento más sencillo y barato. En los gases de escape hay menos proporción de óxido de carbono, lo que es ventajoso para la circulación urbana. El aumento de peso es tolerable, pero el espacio ocupado por las bombonas disminuye sensiblemente la utilidad del portaequipajes. La seguridad de la instalación es, por lo menos, tanta como la de gasolina, las botellas son francamente más sólidas que el depósito de gasolina sobre todo en caso de accidente, y los escapes de combustible menos probables y peligrosos. [5]

La diferencia de coste entre los combustibles trae consigo un ahorro. Si a esto se añaden los económicos antes expuestas en bujías; aceite y duración del motor puede llegarse al 40 a 45 por 100 de lo que se gastaría con gasolina. El coste de la conversión es menor aun y por tanto la economía o aumento de beneficios resulta francamente apreciable. El inconveniente es la servidumbre a un área de recorridos limitada por el servicio de botellas; aporte de que la aplicaron a los vehículos incluso los tractores agrícolas, no está permitida en la mayoría de los países por razones fiscales. Y también porque si se extendiera libremente a los automóviles el empleo de GLP llegaría a escasear para sobrar gasolina con desequilibrio peligroso en perjuicio de todos (precio del GLP equivalente al gasolina) y especialmente de las aplicaciones domésticos de los GLP.

Tabla 2.5 Relación entre fuentes energéticas, combustibles y medios de conversión

Fuentes energéticas	Combustibles	Medios de conversión
Petróleo	Gasolinas, diesel	-Motores de inyección directa. -Híbridos. -Fuel cells
Gas natural	Metanol, etanol, gas natural comprimido, libre y líquido	
Bio-energía	Bio-combustibles	
Varios	Hidrógeno	

Otros Tipos de Vehículos

El motor proporciona energía mecánica para mover el automóvil. La mayoría de los automóviles utilizan motores de explosión de pistones, aunque a principios de la década de 1970 fueron muy frecuentes los motores rotativos o rotatorios. Los motores de explosión de pistones pueden ser de gasolina o diesel. [12]

Entre las alternativas a los motores de explosión convencionales, los motores eléctricos parecen ser los más prometedores. El motor de turbina continúa sin resultar práctico a escala comercial por sus elevados costes de fabricación y otros problemas; el motor Stirling modernizado presenta todavía obstáculos técnicos, y el motor de vapor, con el que se experimentó en las décadas de 1960 y 1970, demostró ser poco práctico. Por otra parte, el motor rotativo Wankel, cuyo consumo es inherentemente mayor, ha seguido produciéndose en pocas cantidades para aplicaciones de alta potencia.

Los importantes avances en la tecnología de baterías han permitido fabricar automóviles eléctricos capaces de desarrollar velocidades superiores a los 100 km/h con una gran autonomía. Este tipo de vehículo es extremadamente limpio y silencioso, y resulta ideal para el tráfico urbano. Además, como la mayoría de las centrales eléctricas utiliza carbón, el uso masivo de los vehículos eléctricos reduciría la demanda de petróleo. La desventaja de los automóviles eléctricos es su elevado coste actual (que, entre otras razones, es ocasionado por el bajo número de unidades producidas) y la necesidad de crear una infraestructura adecuada para recargar las baterías.

Los Motores y generadores eléctricos, grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dinamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se establece o se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. El principio opuesto a éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampère. Si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica sobre el conductor. Véase Magnetismo.

La máquina dinamoeléctrica más sencilla es la dinamo de disco desarrollada por Faraday, que consiste en un disco de cobre que se monta de tal forma que la parte del disco que se encuentra entre el centro y el borde quede situada entre los polos de un imán de herradura. Cuando el disco gira, se induce una corriente entre el centro del disco y su borde debido a la acción del campo del imán. El disco puede fabricarse para funcionar como un motor mediante la aplicación de un voltaje entre el borde y el centro del disco, lo que hace que el disco gire gracias a la fuerza producida por el campo magnético.

El campo magnético de un imán permanente sólo tiene fuerza suficiente como para hacer funcionar una dinamo pequeña o motor. Por ello, los electroimanes se emplean en máquinas grandes. Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el inductor, que crea el campo magnético y que suele ser un electroimán, y la armadura o inducido, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan los cables conductores.

Actualmente contamos con diferentes alternativas para los motores de conversión, además de los eléctricos, en su mayoría en fase experimental, puesto que tanto los costos como los avances tecnológicos y los intereses comerciales inciden en la escogencia de alguno en particular.

Tipos de motores de conversión de combustibles:

Híbrido eléctrico: es un vehículo que tiene dos fuentes de energía una a través de un motor de combustión o una celda de combustible para la obtención de hidrógeno, adicionalmente funciona con un motor eléctrico, estos motores se pueden usar en serie o en paralelo. Estos motores de conversión presentan una gran complejidad mecánica.

Eléctrico: un vehículo eléctrico es aquel cuya fuerza final para moverlo proviene de un motor eléctrico, estos vehículos con un motor eléctrico puede alimentarse de energía solar a través del uso de células fotovoltaicas, la cual se puede almacenar en baterías, también estos vehículos pueden usar otras fuentes de energía con combustibles como gas natural, energía nuclear, renovables, entre otras. En un vehículo eléctrico se aprovecha un 90% de la energía de las baterías, mientras que el rendimiento de un motor de combustión apenas llega al 40%. Sin embargo para conseguir 1kwh de energía, se necesitan 40 kilos de baterías y solo 80 gramos de gasolina. Hasta hace poco, los motores eléctricos más utilizados eran los de corriente continua, pero la evolución de los dispositivos inversores ha permitido desarrollar nuevos motores de corriente alterna, mucho más fiables y eficaces y que se adaptan mejor al frenado regenerativo. Tienen como ventaja su alta eficiencia energética, nula contaminación y baja rumorosidad. Entre sus desventajas esta la escasa autonomía y elevado tiempo de recarga de las baterías así como un precio todavía muy elevado

Hidrogeno, el eterno mito del motor de agua pasa por extraer previamente el hidrógeno que contiene. Es muy abundante y su combustión, totalmente limpia. Pero requiere mucha energía para su producción, resulta muy inflamable y necesita sistemas de almacenamiento especiales.

El Diesel a diferencia de los viejos vehículos de diesel de hace 15 años los nuevos tienen un bajo nivel de ruido. El secreto está en la aplicación de un turbo compresor y el avance de la electrónica de control. Esta ha permitido el desarrollo de los últimos sistemas de inyección directa que las firmas automovilísticas comercializan con el nombre de TDI o HDI. El gasóleo se almacena en un conducto a presiones de hasta 1350 atmósferas y entra en los cilindros por válvulas electromagnéticas solo en la cantidad y en el momento necesarios.

Fuel cells: la idea surgió a principios de los setentas cuando el programa espacial de los EEUU buscaba fuentes de energía para sus naves Gémini y Apollo en estos vehículos el hidrógeno pasa por

una serie de ventanas electrolíticas que transforman el oxígeno y el hidrógeno en electricidad, el hidrogeno reacciona con el oxígeno y produce electricidad y vapor de agua. Los vehículos con celdas de combustibles pueden ser muy eficientes y reducir las emisiones, los inconvenientes que han presentado es su gran peso y tamaño y su precio elevado, varios fabricantes desarrollan ya esta tecnología.

Vehículos de emisión cero

Si todos los combustibles sucedáneos orgánicos tienen demasiadas desventajas en su contra como opciones ideales para sustituir a la gasolina, ¿cuáles son las alternativas? Los vehículos de emisión cero, es decir, a hidrógeno, o eléctricos a batería (o una combinación de los dos) están comenzando a generar considerable interés y entusiasmo. [54]



Figura 2.21 El vehículo con una sistema hidrogeno

El hidrógeno es interesante como combustible sucedáneo porque, aparte de las emisiones de óxidos de nitrógeno, casi no contamina, ya que no contiene carbono, azufre ni otros materiales contaminantes. Al usar el hidrógeno en una célula energética, en vez de en un motor de combustión interna, prácticamente se eliminarían las emisiones de óxidos de nitrógeno. El almacenamiento plantea problemas, y antes de ganar la aceptación del público tendrán que tratarse y resolverse los aspectos de seguridad. Por otra parte, los motores a hidrógeno deben ser de mayores dimensiones para compensar la baja densidad energética del combustible. Otro problema es que, si bien el hidrógeno en sí no es muy contaminante ni es un factor que contribuye al calentamiento del planeta, su producción sí lo es. El gas se produce comercialmente por electrólisis, proceso que consume una

cantidad considerable de energía y que, en efecto, lo que hace es pasar el problema de la contaminación del tubo de escape del vehículo a la chimenea de la planta de producción. Alemania, los Estados Unidos y el Japón tienen programas de investigación y desarrollo, y el Instituto de Tecnología Musashi del Japón ha inventado varios tipos de vehículos, entre ellos un coche pequeño con un motor de dos tiempos que funciona a hidrógeno líquido. Asimismo, varios fabricantes automotores importantes están realizando pruebas con vehículos de hidrógeno. Un fabricante automotor japonés está trabajando en la puesta a punto de un motor rotativo que funciona con hidrógeno, cuyo único gas de escape es vapor. Por otra parte, un fabricante automotor alemán ya cuenta con versiones de hidrógeno de varios de sus coches más grandes; que usan almacenamiento criogénico (de temperaturas muy bajas). Es posible que el hidrógeno se empiece a utilizar como combustible automotor después de su uso para la generación de energía, pero a menos que se introduzcan reglas que prescriban el uso de vehículos de emisión cero en ciertas zonas, es probable que el costo del hidrógeno sea un obstáculo insalvable para su entrada en el mercado a corto plazo.

Los vehículos eléctricos

A comienzos de siglo había más coches eléctricos que de gasolina. En la actualidad hay un resurgimiento del interés por los vehículos eléctricos, espoleado en gran medida por la legislación de California (Estados Unidos) sobre vehículos de emisión cero. Sus partidarios afirman que reducirían considerablemente la contaminación urbana y las emisiones de gases de efecto invernadero en el correr de la próxima década y que sentarían las bases para un sistema de transporte no contaminante. Ahora bien, esto sólo sería cierto si la electricidad que necesitan se generara también sin contaminar; de otro modo, se estaría simplemente transfiriendo la contaminación a otra fase. Sin embargo, los vehículos eléctricos tienen ciertas desventajas propias: su autonomía es extremadamente limitada y demoran hasta seis horas en recargarse; no obstante, el principal obstáculo en el perfeccionamiento de estos vehículos ha sido la falta de una batería liviana, compacta, duradera y de bajo costo. Los vehículos eléctricos en el mercado actualmente trabajan con baterías corrientes de plomo-ácido que se recargan enchufándolas a un toma corrientes normal. Los otros tipos de baterías existentes son: níquel-cadmio, níquel hierro, sodio-azufre, sodio-níquel-cloruro, níquel -metal-hidruro, níquel-hidrógeno y baterías de electrolitos de litio-polímeros. Una compañía israelí ha inventado una batería cinc-aire cuya capacidad energética es diez veces superior a la de las baterías de plomo. El servicio de correos de Alemania las tiene en etapa de prueba, y eventualmente planea convertir el 80% de su parque de 25.000 vehículos a vehículos eléctricos alimentados con baterías de cinc-aire. En

California también se utilizan camionetas eléctricas para la distribución del correo, y en algunas ciudades de los Estados Unidos, el Reino Unido, Suiza e Italia ya circulan autobuses eléctricos. Se está trabajando en dispositivos de reemplazo de las baterías, como los ultra condensadores, que pueden almacenar grandes cantidades de electricidad y se pueden cargar y descargar rápidamente, así como en volantes, que almacenan energía en un rotor.

Las células energéticas

Es muy probable que el verdadero avance en vehículos eléctricos lo traigan las células energéticas. Se trata de minicentrales que convierten la energía química en electricidad con una gran eficiencia y sin contaminación. No es una tecnología nueva, y está muy probada: los costos y la poca diferencia de rendimiento han enlentecido su avance, pero las reducciones recientes de los costos y el aumento del rendimiento han dado un espaldarazo a sus posibilidades. Las células energéticas por membrana de intercambio protónico son las que más prometen para el uso vehicular. [10]

Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico de conversión de energía similar a una batería, pero se diferencia del último en que está diseñada para el relleno continuo de los reactivos consumidos; es decir produce electricidad de una fuente externa de combustible y de oxígeno en contraposición a la capacidad limitada de almacenamiento de energía que posee una batería. Además, los electrodos en una batería reaccionan y cambian según como esté de cargada o descargada; en cambio una celda de combustible los electrodos son [[catalizador | catalíticos] y relativamente estables.

Los reactivos típicos utilizados en una celda de combustible son hidrógeno en el lado del ánodo y oxígeno, en el lado del cátodo (si se trata de una celda de hidrógeno). Por otra parte las baterías convencionales consumen reactivos sólidos y, una vez que se han agotado, debe de ser eliminada, o recargada con electricidad. Generalmente, los reactivos "fluyen hacia dentro" y los productos de la reacción "fluyen hacia fuera". La operación a largo plazo virtualmente continua es factible mientras se mantengan estos flujos.

Tecnología

En el ejemplo típico de una membrana intercambiadora de protones (o electrolito polimérico) hidrógeno/oxígeno de una celda de combustible (PEMFC, en inglés: protón exchange membrane

fuel cell), una membrana polimérica conductora de protones, (el electrolito), separa el lado del ánodo del lado del cátodo.

En el lado del ánodo, el hidrógeno esparcido el ánodo catalizador se disocia en protones y electrones. Los protones son conducidos a través de la membrana al cátodo, pero los electrones están forzados a viajar por un circuito externo (produciendo energía) ya que la membrana está aislada eléctricamente. En el catalizador del cátodo, las moléculas del oxígeno reaccionan con los electrones (conducidos a través del circuito externo) y protones para formar el agua. En este ejemplo, el único residuo es vapor de agua o agua líquida.

Además de hidrógeno puro, también se tiene el hidrógeno contenido en otras moléculas de combustibles incluyendo el diésel, metanol (véase DMFC) y los hidruros químicos, el residuo producido por este tipo de combustibles además de agua es dióxido de carbono, entre otros.

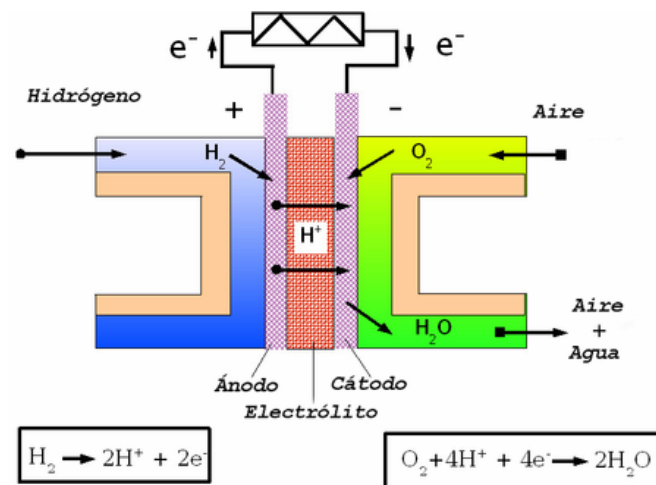


Figura 2.22 El funcionamiento de una pila de combustible.

Eficiencia

La eficiencia de las celdas de combustible, a diferencia de los motores de combustión (interna y externa) no está limitada por el ciclo de Carnot ya que no siguen un ciclo termodinámico. Por lo tanto, su eficiencia es muy alta (en comparación) al convertir energía química a eléctrica directamente. La eficacia de una celda de combustible, bajo condiciones estándares está limitada por el cociente de la variación de la energía libre (estándar) de Gibbs, por la variación de la entalpía estándar de la reacción química completa. La eficiencia real es igual o inferior a esto (normalmente inferior).

Una celda de combustible convierte normalmente la energía química de combustible en electricidad con una eficacia aproximadamente del 50%. La eficacia sin embargo depende en gran medida de la corriente que circula a través de la celda de combustible: cuanto mayor es la corriente, más baja es la eficacia. Para una celda de hidrógeno la eficiencia (energía real/energía teórica) es igual al voltaje de la celda dividido por 1,23 voltios, a una temperatura de 25°C. Este voltaje depende de combustible usado, de calidad y de la temperatura de la celda. Una celda que funciona a 0.6V tiene una eficacia de cerca de 50%, lo que significa que el 50% de la energía contenida en el hidrógeno es convertida en energía eléctrica.

Una celda de combustible y un electrolizador devuelve menos del 50 por ciento de la energía de entrada (esto se conoce como eficacia ida-vuelta), mientras que una batería de plomo y ácido mucho más barata puede devolver cerca de 90 por ciento.

Hay que considerar también las pérdidas debidas a la producción, al transporte y al almacenaje. Los vehículos de la celda de combustible que funcionan con hidrógeno comprimido tienen una eficiencia del 22% si el hidrógeno se almacena como gas de alta presión, y del 17% si se almacena como hidrógeno líquido.

Las celdas de combustible no pueden almacenar energía como una batería, sino que en algunos usos, como centrales eléctricas independientes basadas en fuentes "discontinuas" (solares, energía del viento), se combinan con electrolizadores y sistemas del almacenaje para formar un sistema para guardar esta energía. La eficacia ida-vuelta (de electricidad al hidrógeno y de nuevo a electricidad) de tales plantas se encuentra entre el 30 y el 40%.

En "usos combinados del calor y de la energía" (una mejora de los procesos de cogeneración, la celda de combustible se pone en un sitio en donde también se requiera calor, se tolera una eficacia más baja de la conversión de combustible a electricidad (típicamente 15-20%), porque la mayoría de la energía no convertida en electricidad se utiliza como calor. Algo de calor se pierde con el gas que escapa más o menos como en un horno normal, así que con esta combinación de energía térmica y de energía eléctrica la eficacia sigue siendo más baja de 100%, normalmente alrededor del 80%. En términos de energía sin embargo, el proceso es ineficaz, y uno obtendría mejor resultado maximizando la electricidad generada y después usando la electricidad para hacer funcionar una bomba de calor.

Conclusiones

- ✚ Está demostrado que la calidad del aire es afectada por el transporte automotor por contaminación tóxica, calentamiento global y ruidos, lo que influye sobre el hombre, animales, plantas, construcciones y provoca cambios climáticos.
- ✚ Se obtuvo que las vías principales que pueden disminuir los impactos ambientales son: tratamiento directo de los contaminantes, incremento de la eficiencia energética, empleo de combustibles alternativos y nuevos tipos de propulsión de los vehículos.
- ✚ Para incrementar la eficiencia energética es necesario tener una explotación adecuada, la que tomara en cuenta: servicios técnicos, metodologías para la conducción eficiente, programas de renovación vehicular, índices de eficiencia energética, racionalización del transporte de mercancías, empleo del diagnóstico para evaluar la situación energética de las empresas y el uso de dispositivos para ahorrar combustible.
- ✚ Otros aspectos a tomar en cuenta para elevar la eficiencia energética son: cambios tecnológicos en los nuevos vehículos con mejoras en las tecnologías convencionales; implementación de nuevos sistemas de propulsión basados en tecnologías avanzadas; promover las tecnologías más eficientes para instruir al consumidor en decisiones sobre compra de vehículos, basadas en eficiencia energética; estudios y soluciones para mejorar la capacidad vial, el flujo vehicular y mejoramiento de sistemas de tránsito en sentido general; estudios y soluciones para mejorar los patrones de urbanización, sistemas estrictos de regulación tecnológica y funcional, de inspección y vigilancia vial a los sistemas de transporte, con énfasis especial en las emisiones contaminantes de la atmósfera.
- ✚ El empleo de los combustibles alternativos en primera instancia los renovables disminuyen notablemente la contaminación del medio ambiente.
- ✚ Los nuevos tipos de vehículos desarrollados como son: el híbrido eléctrico, el eléctrico, el diesel moderno y la celda de combustible incrementan la eficiencia energética y disminuyen el impacto ambiental

Recomendaciones

- ✚ Aplicar la metodología para el diagnóstico energético en una empresa de transporte en la provincia.
- ✚ Incrementar las exigencias técnicas en la determinación y control de los índices energéticos.
- ✚ Elevar las exigencias del personal responsabilizado con la asistencia técnica para lograr la elevación de la calidad en los mantenimientos técnicos y reparaciones como fuente para incrementar la eficiencia energética y para disminuir las emisiones de sustancias tóxicas y de ruido a la atmósfera.

Bibliografía

1. Advanced auto parts
<http://www.advanceautoparts.com/spanish/youcan/html/ccr/ccr20030101gm.html>, 20 de marzo de 2006
2. Ahorradores de gasolina, una opción para el bolsillo
http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/A/ahorradores_de_gasolina_una_opcion_para_el_bolsillo/ahorradores_de_gasolina_una_opcion_para_el_bolsillo.asp?CodSeccion=53, 12 de Mayo de 2006
3. Ahorre gasolina y bujías con el Vortex,
<http://www.teletica.com/archivo/buendia/noticias/2006/03/vortex.htm>, 12 de Mayo de 2006
4. Ante el cambio climático, menos CO₂, <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n5/lista.html>, 12 de Febrero de 2006
5. Arias – Paz, M. “Manual de Automóviles”, España, 2004 , Pág.1130 - 1132
6. Autoniva, <http://www.autovia.com/noticias/index.php?ampliar=118> 1 de Junio de 2006
7. Betto, Ciudad contaminada por todos los poros,
<http://colombia.indymedia.org/news/2005/04/24075.php>, 12 de Febrero de 2006
8. Beneficios de las Celdas de Combustible en el Transporte http://www.worldwide.fuelcells.org/sp_base.cgim?template=sp_benefits
9. Cambio Climático 2001
http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/spanish/174.htm, 12 de Marzo de 2006
10. Celda de combustible
http://es.wikipedia.org/wiki/Celda_de_combustible, 22 de Junio de 2006
11. Combustibles no contaminantes, <http://html.rincondelvago.com/combustibles-no-contaminantes.html>, 12 de Febrero de 2006
12. Combustibles alternativos, <http://html.rincondelvago.com/combustibles-alternativos.html>, 12 de Mayo de 2006
13. Combustibles alternativos en el transporte de Cuba
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar09/HTML/articulo01.htm>, 20 de abril de 2006
14. ¿Como es posible Ahorrar Combustible? <http://ekoauto.net/beneficios/index.php>, 28 de Mayo de 2006

-
15. Cordero M. Vortex <http://www.teletica.com/archivo/buendia/noticias/2006/03/vortex.htm> 20 de Marzo de 2006
 16. Cristian Farizano, A., Transporte, energía, cambio climático y medio ambiente I, , <http://www.diariosigloxxi.com/noticia.php?id=10317> , 26 de Febrero de 2006
 17. Desarrollo Sustentable <http://www.felipe-calderon.org/fc/html/pdf/cuatro.pdf>, 1 de Mayo de 1006
 18. Díaz Véliz, R., Programa de mejoramiento de la calidad del aire en cuba. 1998, http://bvs.sld.cu/revistas/res/vol12_3_99/ressu399.htm, 26 de Febrero de 2006
 19. Díaz Véliz, R., Unidades de observación, diagnóstico y pronóstico de la contaminación atmosférica Cuba <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/caliaire/peru/cubpca007.pdf>, 26 de Febrero de 2006
 20. Diagnóstico Energética de las Empresas de transporte, <http://www.conae.gob.mx>, 12 de Febrero de 2006
 21. Dispositivos para Ahorrar Combustible http://www.tinet.org/~sje/mag_comb.htm, 30 de Abril de 2006
 22. Dirección General de Transporte Marítimo, <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea75s/ch08.htm>, 12 de Febrero de 2006
 23. Displacement on Demand in Action, http://www.gm.com/company/gmability/environment/news_issues/news/displacement_explainer_052101.html, 26 de Febrero de 2006
 24. Eficiencia automotriz: soluciones sobre ruedas <http://www.laneta.apc.org/emis/gpeace/smile.htm>, 12 de Febrero de 2006
 25. Eficiencia energética y fuentes renovables <http://www.union.org.mx/guia/actividadesyagravios/eficienciaenergetica.htm>, 26 de Abril de 2006
 26. Efecto de la tecnología en transmisión, distribución y en los usos finales de energía <http://www.iiie.org.mx/publica/boletin%20mar-abr99/tendma99.htm>
 27. Ekoauto, el dispositivo de Imán <http://ekoauto.net/beneficios/index.php> , 12 de Mayo de 2006
 28. El futuro de Brasil en el campo de la eficiencia energética http://www.conpet.gov.br/esp/noticia.php?id_noticia=3

-
29. El hidrogeno, Las Celdas De Combustible, Y La Realidad
http://www.motortrendenespanol.com/articulos/consumidor/e12_0408_hidrogeno/, 21 de Junio de 2006
 30. El motor V10 del BMW M5
<http://www.bmwfaq.com/showthread.php?t=41973> 28 de Mayo de 2006
 31. Emisiones de automóviles
<http://www.envtox.ucdavis.edu/cehs/TOXINS/SPANISH5/Whatdoaboutcar.html> ,12 de Mayo de 2006
 32. Engine Technologies
http://www.fueleconomy.gov/feg/tech_engine_more.shtml#vvt, 28 de Mayo de 2006
 33. Energy efficient technologies
http://www.fueleconomy.gov/feg/tech_adv.shtml, 26 de Abril de 2006
 34. Energy Efficiency and Renewable Energy Resources
http://www.cms.k12.nc.us/allschools/providence/keenan/apes/miller/notes/ch16r_new_energy.html, 26 de Abril de 2006
 35. Energia,http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/159/htm/sec_6.htm, 26 de Abril de 2006
 36. Fuel economy, <http://www.fueleconomy.gov/feg/info.shtml> 1 de Junio de 2006
 37. Fuentes de energía y su utilización en Colombia, <http://www.virtual.unal.edu.co>, 26 de Abril de 2006
 38. Fuentes Vega, Dr. J. R, La Eficiencia Energética en el Transporte Automotor, Cienfuegos, Cuba.204
 39. Gallardo, M., GPS: sistemas de rastreo de vehículos <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No8/Myhuglanis%20Gallardo/gpsvehicle.htm>, 12 de Mayo de 2006
 40. Gutiérrez Torres, G., El motor de combustión interna y su impacto ambiental, <http://www.monografias.com/trabajos14/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml#in>, 26 de Febrero de 2006
 41. Hybrid vehicle, <http://www.llnl.gov/str/Hybrid.html>
 42. Impacto ambiental del transporte urbano en el gran Mendoza
<http://www.aep.org.ar/espa/anales/works05/tomassetti.pdf>, 24 de Abril de 2006
 43. Industria del automóvil
http://es.encarta.msn.com/text_761563934_1/Industria_del_autom%C3%B3vil.html

-
44. Korc, M., Control de contaminación del aire, Febrero 2006
http://www.gnc.org.ar/Emisiones/curso_control_contaminacion_del_aire.htm
 45. La búsqueda de estrategias de desarrollo sustentable <http://www.ecopuerto.com/copx/ent-tabares.htm>, 12 de Mayo de 2006
 46. Las medidas para mejorar la movilidad,
<http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/2lasmedidas.htm#acciones>, 12 de Febrero de 2006
 47. Las tecnologías ecológicas y el transporte por carretera
<http://www.regency.org/suspdf/sp/ch11.pdf> 24 de Abril de 2006
 48. Local Action
http://www.iclei.org/documents/LACS/LocalAction21_SP.pdf, 24 de Abril de 2006
 49. Lazo, L., Impacto de globalización
<http://www.neticoop.org.uy/documentos/dc0208.html>, 26 de Febrero de 2006
 50. Marcano, J., Efectos de los Contaminantes Atmosféricos,
http://www.jmarcano.com/recursos/rnn_index.html , 12 de Febrero de 2006
 51. Movilidad Sostenible, Por Dr. Carlos César Parrado Delgado
<http://www.ambiente-ecologico.com/revist61/parrad61.htm>, 28 de Mayo de 2006
 52. Notas e Informes para el Autotransporte, <http://transportservices.blogspot.com/>, 28 de Mayo de 2006
 53. Optimización de los índices económicos de los motores diesel automotrices en los regimenes de cargas parciales y de vacío
<http://quipu.uni.edu.pe/public/revistas/tecnica/vol9n1/09art/index.html>, 8 de Mayo de 2006
 54. Options to Improve Energy Efficiency and Reduce Vehicle Emissions from China's Transportation Sector
<http://www.chinaenvironment.net/sino/sino2/page14.html>, 26 de Abril de 2006
 55. Perspectivas del medio ambiente
<http://www.ambiental.net/biblioteca/pnuma/Geo03Cap2Atmosfera.pdf>, 12 de Marzo de 2006
 56. Problemas ambientales
<http://www.acondicionamiento.com.ar/docs/Problemas%20ambientales.pdf>, 17 de Abril de 2006

-
57. Prospectiva del Ahorro de Energía en el Transporte,
http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/Prospectiva_del_ahorro_de_energia_en_el_transporte, 12 de Febrero de 2006
 58. Schifter I, Salinas E. L, Usos y Abusos de las gasolinas
<http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/159/htm/gasolina.htm>, 12 de Marzo de 2006
 59. Schifter I, Salinas E. L, Energía
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/159/htm/sec_6.htm, 12 de Marzo de 2006
 60. Sobre ruedas anda la contaminación, <http://www.conama.cl/rm/568/article-1155.html>, 12 de Febrero de 2006
 61. Técnica y seguridad
<http://www.terra.com.gt/motor/articulo/articulo.cfm?ID=MOT1529>, 12 de Mayo de 2006
 62. Técnicas para el ahorro de combustible
<http://www.terra.com.gt/motor/articulo/articulo.cfm?ID=MOT1528>, 12 de Mayo de 2006
 63. Transporte, energía, cambio climático y medio ambiente I
<http://www.diariosigloxxi.com/noticia.php?id=10317>, 12 de Mayo de 2006
 64. Valdés Ríos, Dr. H., Las regulaciones del transporte de pasajeros en Cuba.,
<http://www.eclac.cl/Transporte/capacitacion/3/5173/panelcuba.htm>, 26 de Febrero de 2006
 65. Zona motor
http://www.zonamotor.com/motmag/articulo.asp?articulo=10981&imgdir=sobre_ruedas, 28 de Mayo de 2006
 66. Saab 9- 7X, el primer SUV de Saab, <http://media.saab.com>, 12 de Mayo de 2006
 67. <http://www.gm.com>, 12 de Febrero de 2006
 68. NC 111: 2004 © NC