

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

CATALIZADORES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN
INTERNA EN AUTOMÓVILES

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARCO VINICIO GARCÍA CHÁVEZ
AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis, titulado :

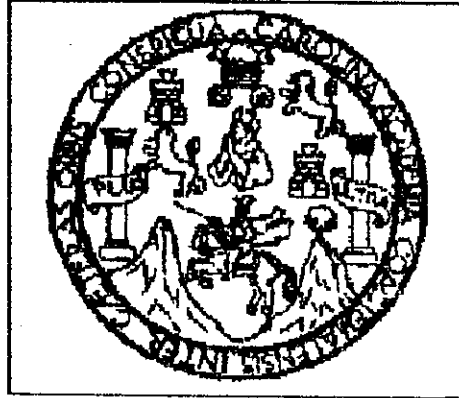
CATALIZADORES PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN AUTOMÓVILES

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 27 de febrero de 1996.



Marco Vinicio García Chávez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º	ING. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ GUERRA
VOCAL 2º	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLÓRZANO
VOCAL 3º	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
VOCAL 4º	BR. VICTOR RAFAEL LOBOS ALDANA
VOCAL 5º	BR. WÁGNER GUSTAVO LÓPEZ CÁCERES
SECRETARIO	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK
EXAMINADOR	ING. JORGE CHILO SIGUERE ROCKSTOF
EXAMINADOR	ING. JORGE PELÁEZ CASTELLANOS
EXAMINADOR	ING. LYONEL ESTUARDO ALVARADO LÓPEZ
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

Guatemala, 14 de abril de 1997.

Ingeniero
Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Gómez:

Por medio de la presente hago constar que he revisado como asesor, la Tesis del señor Marco Vinicio García Chávez con carnet No. 91-12194 denominada CATALIZADORES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA EN AUTOMOVILES, habiéndola encontrado satisfactoria y adecuada para su aprobación.

Por lo tanto considero someter este trabajo de Tesis a su estimable consideración, a la vez aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 3,071



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **CATALIZADORES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA EN AUTOMOVILES**, presentado por el estudiante universitario **Marco Vinicio Garcia Chávez**, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Cecilio Basta Gamar
Catedrático Revisor de Tesis
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

Guatemala, mayo de 1997

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Area, del Coordinador General de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado CATALIZADORES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA EN AUTOMOVILES, presentado por el estudiante universitario Marco Vinicio García Chávez, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

**Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL**

Guatemala, julio de 1,997.

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

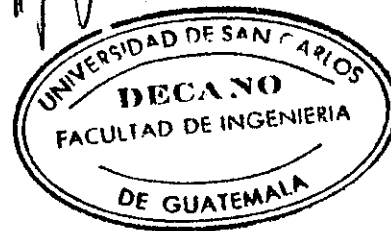
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **CATALIZADORES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA EN AUTOMOVILES**, presentado por el estudiante universitario Marco Vinicio García Chávez procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, julio de 1,997.

emds

Dedicatoria

- A Dios** Padre celestial, por haberme guiado, dandome perseverancia y el entendimiento necesario para lograr esta meta.
- A mis padres** José Eduardo García Duarte, por su amor y apoyo y que mi triunfo sea de gran satisfacción por sus esfuerzos.
Elvia Esperanza Chávez de García, porque esto y mucho más, es lo que mi madre, ha hecho en mi vida.
- A mis abuelos** Marco Aurelio García Benavente (+), como el más grande amor que tengo en mi recuerdo.
Paula Reyes de vda. de García, por su cariño y dedicación.
Basilia Solis de Chávez y Samuel Chávez (+), con cariño y respeto.
- A mi tías abuelas** Ma. del Carmen y Soila Hortencia García Benavente, por haber hecho de mí, una persona de bien; siempre las llevaré presentes en mi corazón.
- A mis tíos** Fredy Amando Figueroa, Silvia García de Figueroa y Carlos Chávez, por ser tan especiales.
- A mi amigo** Gustavo Barrios Martínez, por su apoyo y amistad; él es, parte importante de este triunfo.
- A la familia** Utrilla López, por su cariño y amistad.

Agradecimientos

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Al Ing. Jorge Chilo Siguere Rockstof, por su apoyo y aliento.

Al Ing. Carlos Humberto Perez Rodríguez, por guiarme incondicionalmente y por su valiosa asesoría.

Al Ing. Héctor Alarcón, por brindarme su amistad y confianza.

Al Profesor Eric López, instructor de INTECAP, por su instrucción técnica y por su amistad incondicional.

Al Ing. Danilo Salguero, por su asesoría para la elaboración de las ilustraciones de este trabajo de tesis.

Al Sr. Daniel Flores, por su contribución incondicional en la revisión de este trabajo.

A la Profesora, Aida Pichardo de Rojas, con respeto y cariño, por sembrar en mí, la semilla del saber.

A toda mi familia y amigos, por su amor, motivación y apoyo.

INDICE GENERAL

	Página
Indice general	xi
Indice de figuras	xiii
Indice de tablas	xvi
Abreviaturas, siglas y símbolos	xvii
Glosario	xix
Introducción	xx
1. EFECTOS DEL SMOG EN EL MEDIO AMBIENTE	1
1.1 Caso de México	1
1.2 Caso de Guatemala	4
1.3 Contaminantes en el aire	6
1.4 Contaminación producida por los automóviles	8
1.4.1 Gases de escape	9
1.4.2 Composición de los gases de escape	11
1.4.2.1 Monóxido de carbono	11
1.4.2.2 Dióxido de carbono	12
1.4.2.3 Hidrocarburos	12
1.4.2.4 Óxidos de nitrógeno	13
1.4.2.5 Condiciones de manejo	13
1.4.3 Formas de reducir las emisiones en los gases de escape	14
1.4.3.1 Sistema de ventilación positiva	15
1.4.3.2 Sistema de precalentamiento del aire de admisión	17
1.4.3.3 Sistema de inyección de aire	18
1.4.3.4 Sistema de succión de aire	21
1.4.3.5 Sistema de recirculación de gases de escape	22
1.4.3.6 Catalizadores	24
1.4.3.7 Sensor de oxígeno	25
2. LEGISLACION GUATEMALTECA SOBRE CONTROL DE EMISIONES	27
3. CATALIZADORES	32
3.1 Proceso de la catálisis	32
3.1.1 Catálisis homogénea	34
3.1.2 Catálisis heterogénea	34
3.1.3 Catálisis enzimática	34
3.2 Aplicaciones de los catalizadores en automóviles	36
3.2.1 Catalizadores de bolitas	39
3.2.2 Catalizadores monolíticos	40
3.3 Mantenimiento general	41

4.	MEDICION Y ANALISIS DE GASES DE ESCAPE	44
4.1	Medición con BAR-90 y BAR-96	44
4.2	Medición con Prueba Orsat	46
4.3	Medición con Smog-Tester	47
5.	SILENCIADORES Y TUBERIAS PARA SISTEMAS DE ESCAPE	50
5.1	Sistema de escape	50
5.1.1	Múltiple de escape	52
5.1.2	Tubería de escape	52
5.1.3	Antidetonante	52
5.1.4	Silenciador	53
5.2	Relación con el cilindraje del motor	53
5.3	Silenciadores	55
5.3.1	Diseño de silenciadores y disminución del ruido	55
5.3.1.1	Diseño de silenciadores	55
5.3.1.2	Disminución del ruido	60
5.3.1.3	Silenciadores electrónicos	61
5.3.2	Efecto de contrapresiones	63
5.4	Dimensión de la tubería	64
6.	ANALISIS BENEFICIO-COSTO DE LA UTILIZACION DE LOS CATALIZADORES EN EL MEDIO AMBIENTE NACIONAL	67
6.1	Método sin catalizador	68
6.2	Método con catalizador	70
	CONCLUSIONES	xxi
	RECOMENDACIONES	xxii
	BIBLIOGRAFIA	xxiii
	APENDICE "A"	xxv
	APENDICE "B"	xxxiii
	APENDICE "C"	xxxiv

INDICE DE FIGURAS

Fig.No.	Descripción	Página
1.1	Sistema BAR - 90	3
1.2	Toneladas de contaminantes en la ciudad de Guatemala, durante 1993	5
1.3	Producción de emisiones al utilizar y no utilizar control de emisiones	6
1.4	Estructura de la atmósfera	7
1.5	Fuentes de contaminación del aire	7
1.6	Contaminación producida por los vehículos	8
1.7	Esquema de la combustión ideal	9
1.8	Relación ideal en volumen de aire/combustible	10
1.9	El monóxido de carbono, veneno en el organismo	11
1.10	Sectores humanos que son afectados por los contaminantes	12
1.11	Múltiple de admisión	14
1.12	El soplo eleva los niveles de contaminación	15
1.13	Sistema de ventilación positiva del cárter	16
1.14	Válvula del sistema P.C.V.	16
1.15	Sistema de precalentamiento del aire de admisión	17
1.16	Sistema H.A.I en posición abierta	18
1.17	Sistema H.A.I en posición cerrada	18
1.18	Sistema de inyección de aire	19
1.19	Bomba para el sistema de inyección de aire	20
1.20	Válvula de retención en el sistema de inyección de aire	20

1.21	Válvula A.S.V del sistema de inyección de aire	21
1.22	Sistema de succión de aire	22
1.23	Sistema de recirculación de los gases de escape	23
1.24	Funcionamiento del sistema E.G.R	23
1.25	Vista exterior de un catalizador	24
1.26	Vista interna de un catalizador	25
1.27	Sensor de oxígeno	25
3.1	Tipos de soporte en los catalizadores sólidos	35
3.2	Variación del lambda	37
3.3	Catalizador de oxidación	37
3.4	Catalizador de reducción	38
3.5	Catalizador de tres vías	38
3.6	Catalizador de bolitas	40
3.7	Catalizador monolítico	40
3.8	Desconexión de los sistemas unidos al catalizador	42
3.9	Desmontaje de un catalizador	42
4.1	Instalación del analizador BAR-90 al vehículo	45
4.2	Analizador ORSAT	46
4.3	Tipo de registro utilizado con análisis ORSAT	47
4.4	Analizador Smog-Tester	48
4.5	Cartilla utilizada en el analizador Smog-Tester	49
4.6	Cálculo de unidades Bacharach	49
5.1	Proceso de combustión	50
5.2	Puertos de escape	51
5.3	Sistema de escape	51
5.4	Antidetonante	52
5.5	Tipos de fallas por efecto de contrapresiones	54

5.6	Flujo inverso de los gases de escape	55
5.7	Formas más utilizadas en los silenciadores	56
5.8	Variación del diseño de los silenciadores entre un fabricante y otro	57
5.9	Número máximo de recámaras en un silenciador	58
5.10	Fibra de vidrio, como amortiguador del ruido	59
5.11	Silenciador de restricción limitada	59
5.12	Antidetonante de flujo directo	60
5.13	Desfase de ondas sonoras en un silenciador	61
5.14	Silenciador electrónico	62
5.15	Fallas en las tuberías de escape	64
5.16	Dobladora de tubos hidráulica	65
5.17	Headers	66

INDICE DE TABLAS

Tabla No.	Descripción	Página
1.1	Comparación de los analizadores BAR-80 y 90	2
1.2	Vehículos en circulación en la República de Guatemala	4
1.3	Norma de emisiones para Guatemala	6
3.1	Reacciones del catalizador de tres vías	39
6.1	Matriz de ponderaciones para análisis B/C	72

ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS

A.C.	Antes de Cristo
A.I.	Sistema de inyección de aire
A.S.	Sistema de succión de aire
A _s	Area del silenciador
A.S.V	Válvula de succión de aire
BAR	Buro de reparaciones automotrices
B/C	Beneficio-costo
C ₈ H ₁₈	Gasolina
cms ³	Centímetros cúbicos
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Bióxido de carbono
Co	Cobalto
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
E.G.R	Sistema de recirculación de gases
ECU	Unidad de control electrónico
Fe	Hierro
H ₂	Hidrógeno
H.A.I	Sistema de precalentamiento del aire
HC	Hidrocarburos
H ₂ O	Agua
Hz	Hertz
I.T.C	Válvula de control de temperatura del aire de admisión
k	Relación de cilindraje del motor y el volúmen del silenciador

δ	Lambda, relación aire/combustible
L_s	Longitud del silenciador
mi	Millas
MPa	Megapascales
N_2	Nitrógeno
Ni	Niquel
N/m^2	Newton por metro cuadrado
NO_x	Oxidos nitrosos
O_2	Oxígeno
p	Presión
P.C.V.	Sistema de ventilación positiva del cárter
Pd	Paladio
ppm	Partes por millón
psi	Pounds square inch (libras por pulgada cuadrada)
Proeco	Programa ecológico en Centro América
Pt	Platino
Q	Quetzales
Rh	Rodio
RNA	Acido desoxiribunocleico
rpm	Revoluciones por minuto
SO_2	Oxidos de azufre
t	Tiempo
UB	Unidades Bacharach
UH	Unidades Hartridge
V_n	Cilindraje del motor
V_s	Volúmen del silenciador

GLOSARIO

Acido desoxiribunocleico - base del código genético.

Alta compresión - relaciones de compresión aire/combustible, que son mayores de 9:1.

Cilindraje del motor - capacidad volumétrica del motor, según el número de cilindros y dimensiones de los mismos.

Cinética química - se ocupa de las reacciones químicas tomando en cuenta el mecanismo en el nivel molecular de tales transformaciones.

Culata - pieza colocada sobre el cuerpo del motor, la cual contiene las válvulas de admisión y escape, y el mecanismo motor de las mismas.

Deflector - cavidad donde se expanden los gases de escape dentro del silenciador.

Gasolina oxigenada - gasolina que contiene elementos especiales que compensan las deficiencias de presión atmosférica en lugares de elevada altitud.

Lambda - relación aire/combustible en una mezcla.

Ralentí - funcionamiento del motor sin marcha.

Sistema de control de emisiones - conjunto de sistemas que tienen por objetivo minimizar los contaminantes producidos por la combustión interna en los vehículos.

Unidades Bacharach y Hartridge - unidades definidas como parámetros para establecer los niveles de hollín en los motores que utilizan diesel como combustible.

INTRODUCCION

En la actualidad el incremento anormal de substancias dañinas presentes en los ecosistemas, da inicio a la contaminación ambiental. Dentro del ecosistema al que pertenece el ser humano, uno de los elementos esenciales es el aire, tanto en cantidad como en calidad; por lo que, la presencia de contaminantes en el aire son factores limitantes en la calidad de vida del ser humano, de la vegetación, de los animales y de los materiales.

Ya que las fuentes de contaminación del aire artificiales son originadas por procesos creados por el hombre, corresponde a éste orientar dichos procesos en forma tal, que no perjudiquen la calidad del aire. El problema de contaminación del aire se concentra principalmente en las grandes ciudades del mundo, con las fuentes móviles de contaminación, específicamente por los medios de transporte que utilizan motores de combustión interna como fuente de energía; es aquí donde radica la relación importante entre la correcta aplicación o utilización de este proceso y la adquisición de una conciencia ecológica que establezca un balance entre el desarrollo tecnológico de los procesos y la naturaleza.

Es indudable que la contaminación del aire no se puede eliminar totalmente, pero si se puede lograr una reducción de estos contaminantes hacia un límite aceptable, es por esto que en la actualidad uno de los controles directos que sera tomado para reducir las emisiones contaminantes producidas por los vehículos, es la implementación del Proceso de Catálisis, incorporado a los sistemas de escape de gases en dichas unidades.

En Guatemala, existe una legislación que contempla el mantener dentro de límites aceptables de funcionamiento un motor de combustión interna, dentro de los cuales se aconseja la utilización de catalizadores para la reducción de contaminantes en el aire, pero la falta de asesoría técnica que proporcione una guía de la utilización de este proceso, no deja que se logre establecer una correcta verificación de los vehículos, es por esto que se debe tomar una conciencia ecológica para permitir el avance de los requerimientos de controles de emisiones.

1. Efectos del smog en el medio ambiente

1.1 Caso de México

Actualmente se considera a México, uno de los países con mayor índice de contaminación ambiental, de ahí que también sea el país donde más programas encaminados al control de la contaminación se han realizado. Por consiguiente cada uno de estos programas ha tenido logros significativos, por lo que es de interés general y de este estudio comentar acerca de la magnitud del problema y los resultados obtenidos con dichos programas.

Estudios realizados en México durante 1991, por el Instituto Mexicano del Petróleo, establecieron que el 25% de los vehículos que circulaban en la ciudad de México, eran responsables de más del 50% de las emisiones contaminantes¹.

Realizando un breve historial, acerca de los programas de verificación vehicular en México, éstos se remontan a principios de la década de los setenta, en donde se realizaron los primeros controles utilizando simplemente la verificación visual de los humos producidos por los vehículos. Posteriormente, a finales de los setenta se introdujeron los primeros verificadores manuales de gases (analizando solamente los óxidos de carbono e hidrocarburos), conjuntamente con la implementación de centros para la afinación de los motores. En 1989 se hizo obligatoria la verificación vehicular, instalándose más centros de diagnóstico. A finales de 1994 el usuario de vehículos cuenta con análisis gratuitos y asesoría técnica en relación al estado mecánico de su vehículo.

En la actualidad el consumo general de combustibles en la ciudad de México es de 43 millones de litros² por día, y va en aumento en relación al 15% diario. Así mismo, las ventas de vehículos nuevos se incrementan en razón del 17.8% anual. Con los dos parámetros anteriores, podemos pensar en un aumento considerable de la contaminación ambiental, pero no es así, ejemplo de ello, es que el monóxido de carbono ha bajado de emisión en razón del 44.7%, en el período de enero

¹ Programa Integral contra la Contaminación en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

² Un galón U.S equivale a 3.785 litros.

de 1993 a septiembre de 1994. Esto se asocia directamente a los programas de verificación vehicular.

México ha establecido normas estrictas para sus vehículos nuevos, alcanzando niveles altos de exigencia en relación a la producción de contaminantes, esto con la implementación de sistemas que incluyen motores de alta compresión, convertidores catalíticos de tres vías (véase capítulo 3), encendido electrónico, inyección de combustible, sistemas de recirculación de gases de escape (véase sección 1.4.3) y control computarizado de la relación aire/combustible.

Con relación a los combustibles utilizados, se han introducido varias características para servir de apoyo a los sistemas anteriormente mencionados, tal es el caso de la gasolina oxigenada³. Estas y otras medidas tomadas en lo concerniente a combustibles ha logrado establecer niveles bajos de producción de hidrocarburos.

Hasta finales de 1992 se utilizaron en México, sistemas de verificación manual de acuerdo a las especificaciones del Estado de California, conocidas como BAR-80⁴, luego se implementaron los equipos con especificaciones BAR-90 en donde se complementan con computadoras que poseen programas de alta seguridad, extendiéndose esta modernización como la capacitación del personal, remodelación de las áreas de taller, y una atención personalizada hacia el cliente.

Comparación de los equipos de análisis de gases según BAR (Tabla 1.1)

PARAMETROS	EQUIPOS BAR - 80	EQUIPOS BAR - 90
Operación	Manual	Computerizado
Calibración	Electrónica	Química y electrónica
Participación del operario	Posibilidad de modificación	Solo alimentar el computador
Proceso de verificación	Manual	Computerizado
Reporte a las autoridades	Escritos en certificados	Digitalizados en discos

³ La gasolina oxigenada contiene ETHER METIL TERBULITICO, con el objeto de compensar la deficiencia de oxígeno en la atmosfera de la ciudad de México, debido a que se encuentra a 2300 mts. sobre el nivel del mar, donde la presión atmosférica desciende.

⁴ Buro de Reparaciones Automotrices.

Los equipos de análisis BAR-90, son sistemas computarizados que determinan la concentración de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno en los gases de escape de los vehículos. Con base a un programa, la computadora analiza y compara estas concentraciones con los límites especificados en el programa y posteriormente imprime la aceptación o el rechazo de las condiciones del vehículo en estudio.

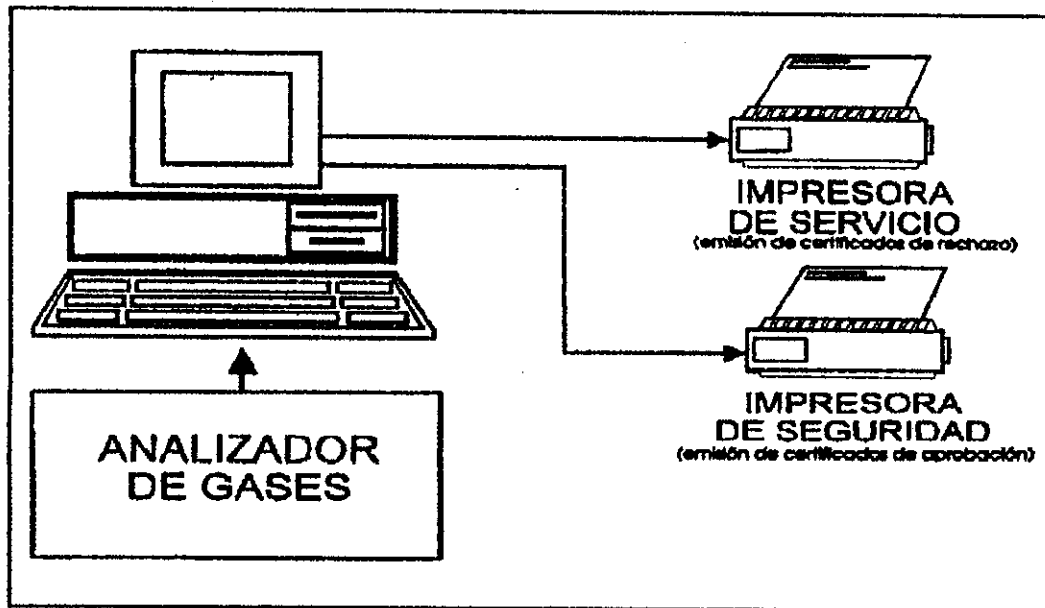


Figura 1.1
Esquema del sistema BAR-90

Con todos los sistemas que se introducen directamente al diseño de los vehículos, principalmente con los convertidores catalíticos de tres vías (véase capítulo 3), el mejoramiento de los combustibles, un control rutinario con base en normas estrictamente establecidas y una responsabilidad moral y social por parte del propietarios de vehículos en general, México ha logrado reducir los niveles de contaminación ambiental producida por el transporte terrestre (impulsado por motores de combustión interna).

La disminución estimada del monóxido de carbono es de 10.6% del total de emisiones vehiculares, y 6% de hidrocarburos de las emisiones anuales. Con una mejora en la calidad del aire, manteniendo los contaminantes dentro de las normas establecidas que protegen la salud, se tendrán vehículos con mayor aprovechamiento de su eficiencia y un menor desgaste.

1.2 Caso de Guatemala

En nuestro país actualmente se encuentran en circulación 540,000 vehículos, de los cuales el 57% circulan en la ciudad capital. Con un consumo diario de 3 millones de litros, que en comparación con los 43 millones de la ciudad de México, puede pensarse en un índice de contaminación del 91% menor en relación a dicho país y por lo tanto un menor problema de contaminación ambiental.

Vehículos en circulación en Guatemala (Tabla 1.2)

Departamento	Particular	Alquiler	Carga	Moto	Oficial	Urbano	OTRAS	Total
Guatemala	249908	1746	35512	51107	7131	3085	10686	359175
El Progreso	2236	7	663	763	5	9	33	3716
Sacatepéquez	6049	123	1445	1673	18	13	136	9457
Chimatenango	4757	45	2083	1345	8	21	156	8415
Escuintla	11228	201	3382	8527	37	23	893	24291
Santa Rosa	5859	36	1429	1550	7	12	35	8928
Solola	1410	7	553	562	6	0	16	2554
Totonicapán	3013	80	776	506	82	3	39	4499
Quetzaltenango	17971	439	3664	4302	27	79	308	26790
Suchitepéquez	6720	121	2628	3060	15	7	342	12893
Retalhuleu	4627	178	1427	2085	8	1	252	8578
San Marcos	6130	341	1591	1252	9	8	78	9409
Huehuetenango	4766	115	1197	2098	5	9	36	8226
El Quiché	2276	18	996	710	6	3	8	4017
Baja Verapaz	919	1	367	786	20	4	25	2122
Alta Verapaz	3478	85	1591	883	40	35	17	6129
Petén	1869	109	925	1231	15	3	48	4200
Izabal	3691	297	1148	3880	11	5	221	9253
Zacapa	5168	98	1354	2401	18	5	57	9101
Chiquimula	4067	124	848	2349	6	3	67	7464
Jalapa	2940	15	744	973	13	2	16	4703
Jutiapa	5418	75	1476	1504	1	3	63	8540
								542460

Sin embargo, actualmente en Guatemala no se cuenta con ningún tipo de programa, encaminado al control de las emisiones en los gases de escape de los vehículos que transitan a diario en el país. Aumentando el problema aún más, debido a la falta de mantenimiento preventivo que sufren los motores; debido a que las emisiones contaminantes de éstos tiene relación directa con el kilometraje que recorren, al tiempo de funcionamiento y la carga que transportan, podemos establecer que la mala operación de los vehículos en nuestro país, aumenta también el riesgo de alta contaminación.

Actualmente, en Guatemala, los vehículos nuevos vendidos por las agencias, no cuentan con sistemas que regulen las emisiones en los gases de escape. En el otro extremo, existe un incremento de la importación de vehículos usados hacia nuestro país que sí cuentan con los sistemas adecuados de control de emisiones de los gases de escape, pero el mal mantenimiento de éstos sistemas, el desajuste de los mismos (debido a la falta de capacitación técnica), ha llevado a que este tipo de transporte sea el de mayor contaminación en nuestro país.

Durante 1995 la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizó un monitoreo de emisiones vehiculares en la ciudad capital, tomando mediciones en distintas regiones⁵.

Del monitoreo se logró concluir que el mayor contaminante producido por los vehículos en la ciudad capital de Guatemala es el monóxido de carbono, seguido por los óxidos de nitrógeno y un tercer lugar, los hidrocarburos (véase figura 1.2).

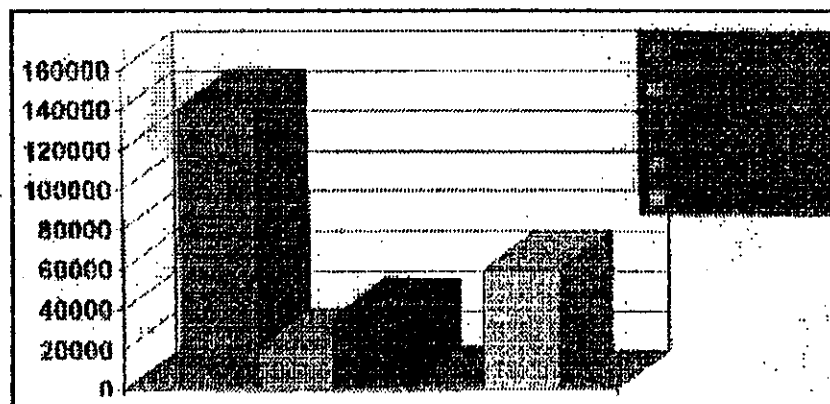


Figura 1.2
Análisis de las toneladas de contaminantes producidos durante 1993, en la ciudad de Guatemala.

⁵ Las regiones monitoreadas fueron: Primer Cuerpo de la Policía Nacional (intersección Ave. Bolívar y Trebol), MUSAC (frente al Congreso de la República), Central Matriz (Aguilar Batres y 27 calle), Hino (Calzada Roosevelt), USAC, EPPM (salida Usac sobre Ave. Petapa)

En Guatemala, las normas de emisiones vehiculares, están regidas por la Comunidad Europea, la que establece los siguientes parámetros:

Tabla 1.3

REGULACIÓN GUATEMALA	HC	CO	NO	UB	UH
HASTA 1986		4.5%	800 PPM	4.0	50.0
HASTA 1992		3.5%	600 PPM	4.0	50.0
DESDE 1992	125 PPM	0.5%	400 PPM	3.0	40.0

El análisis respectivo de la utilización de controles de emisiones en los vehículos comparado con la falta de controles de emisiones, presenta lo siguiente:

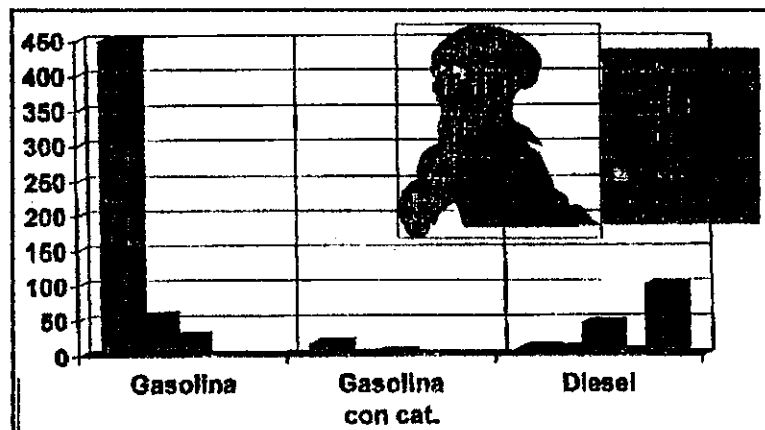
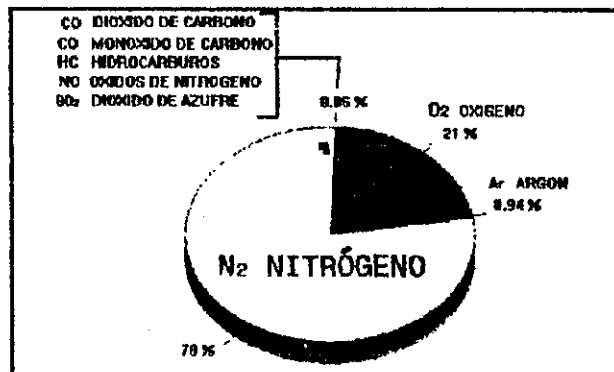


Figura 1.3
Comparación de las emisiones producidas al utilizar y no utilizar controles de emisiones.

1.3 Contaminantes en el aire

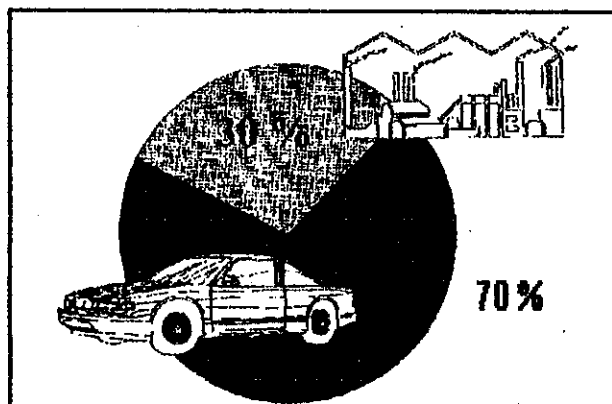
En la atmósfera de la tierra se concentran diferentes gases en diferentes proporciones, tales como: Oxígeno 21% (en volumen de la atmósfera), Nitrógeno 78%, 0.95% repartido por gases nobles como: Argón, Helio, Neón, Criptón, Xenón y Radón. Y el 0.05% restante lo constituyen contaminantes como: Monóxido de carbono, Hidrocarburos, Oxidos de nitrógeno, partículas en suspensión, etc.

Estructura de la atmósfera



Según análisis efectuados por la Organización Mundial de la Salud -OMS-, el 70% de la contaminación del aire es producto de los motores de combustión interna, pertenecientes a vehículos de transporte terrestre. Mientras que el restante 30% se considera producido por fuentes estacionarias como: fábricas, incineradores, etc.

Contaminación en el aire



Ahora, ¿por qué es importante tomar conciencia en relación a disminuir la contaminación, y más específicamente en este estudio, abarcar el control de emisiones de los gases de escape en los vehículos?. Pues bien, la contaminación es uno de los factores más sobresalientes que deteriora al ser humano y a la naturaleza en general, debido al potencial de destrucción que presentan los efectos químicos que producen en el ecosistema⁶.

⁶ Ecosistema es la unidad básica de interacción organismo-ambiente que resulta de las complejas relaciones existentes entre los elementos vivos e inanimados de un área determinada.

Por este desbalance producido por el mismo, ser humano, le corresponde a él buscar los medios más factibles para reducir los efectos dañinos que se producen continuamente.

1.4 Contaminación producida por los automóviles

En el ciclo realizado por un motor de combustión interna se aprovecha la energía calorífica contenida en el combustible para producir energía mecánica. Durante la combustión se producen gases de escape en los cuales están presentes los contaminantes que se sitúan en la atmósfera terrestre.



Figura 1.6

Los contaminantes producidos por los automóviles van en aumento por el mal mantenimiento que reciben.

La combustión completa (ideal), nos produciría solamente bióxido de carbono, agua y calor, los cuales no son venenosos. Debido a que no existe la combustión completa, el proceso de la combustión incompleta nos proporciona bióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, etc, los cuales producen los grandes índices de contaminación (véase figura 1.7).

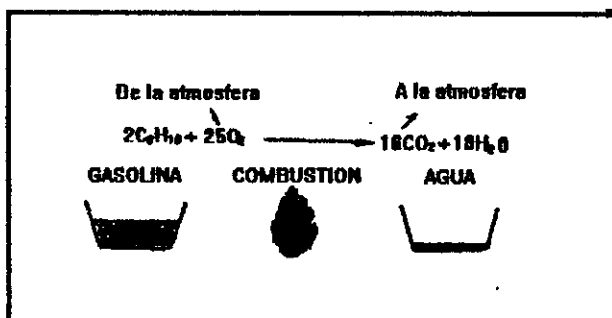


Figura 1.7
 La combustión ideal nos produciría gases inofensivos.

El contenido de estos gases de escape, van en dependencia al estado mecánico del vehículo, controlado principalmente por el sistema de encendido (encargándose de no variar los tiempos de ignición), el sistema de carburación (quien regula la correcta mezcla aire/combustible), y el sistema de escape (el cual no debe presentar ninguna obstrucción). Con la diversidad de marcas y modelos, existen controles diferentes en torno a las emisiones contaminantes, pero con el avance de la tecnología se ha logrado tener controles estrictos generales en relación a los gases de escape.

Existen otros factores externos al diseño del vehículo que se deben considerar, tal es el caso de la altitud donde va a circular el vehículo, ya que en lugares de mucha elevación respecto al nivel del mar la presión atmosférica es baja, produciendo una deficiencia en la concentración de oxígeno.

Es importante que los encargados de los vehículos de transporte en general tomen conciencia sobre el problema, ya que estamos afectando la salud humana, la de los animales y vegetales. No existe un control estricto en Guatemala, pero a corto plazo, con las reformas a la legislación se podrá combatir este problema, aunado con un mantenimiento periódico en talleres calificados.

1.4.1 Gases de escape

Los componentes de la combustión incompleta que se mencionaron anteriormente son los agentes de la contaminación atmosférica, cuando el combustible es quemado dentro de la cámara de combustión se combina con el oxígeno contenido en el aire, es entonces cuando se presenta la oxidación y por lo tanto la producción de contaminantes.

Tomando como referencia la combustión completa en donde la relación ideal aire/combustible es de 14.7:1 (en peso) o de 10000 litros de aire con 1 litro de combustible (en volumen), proporción que llamaremos lambda ($\lambda = 1$). La que nos servirá como referencia para posteriores análisis.

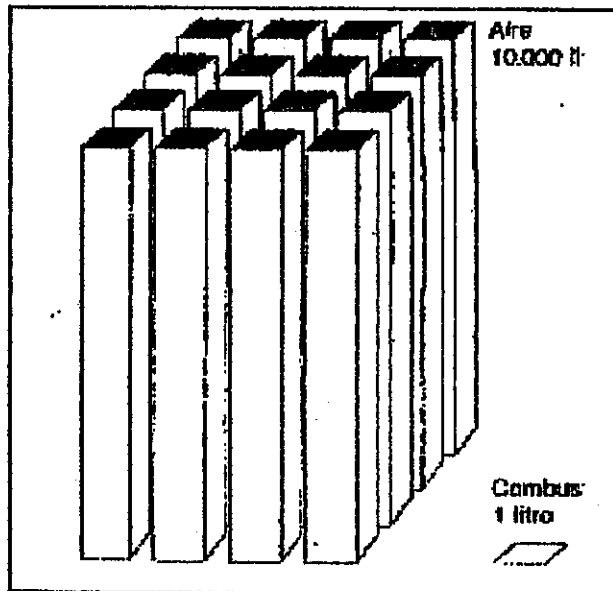


Figura 1.8
La gráfica nos muestra la relación en volumen de la variable lambda, cuando se le da el valor de uno.

Cuando lambda sea mayor a uno se dice que existe un exceso de aire (mezcla pobre) y cuando lambda sea menor a uno se dice que existe un exceso de combustible (mezcla rica).

Los motores en la actualidad trabajan en marcha normal con un lambda entre 0.95 y 1.15 .

De lo anterior, puede establecerse que se tienen siempre presentes los diferentes gases mencionados anteriormente; pero en ocasiones, variarán sus contenidos en dependencia a las condiciones de marcha.

Casi todas las emisiones de los gases de escape son incoloras e inodoras, pero lo que produce el humo negro que se ve salir por las tuberías de escape es producto del estímulo de la luz solar sobre las diversas emisiones, combinándose químicamente.

1.4.2 Composición de los gases de escape

1.4.2.1 Monóxido de carbono:

Es resultado de la gasolina quemada de manera incompleta, debido a la falta de oxígeno en el momento de la combustión, o sea, con una mezcla rica. Es un gas muy tóxico, es incoloro e inodoro. No es irritante. Es muy peligroso en áreas mal ventiladas, ya que impide el intercambio de oxígeno en la sangre; con pequeñas cantidades, produce dolor de cabeza y en grandes cantidades produce náuseas y fatiga.

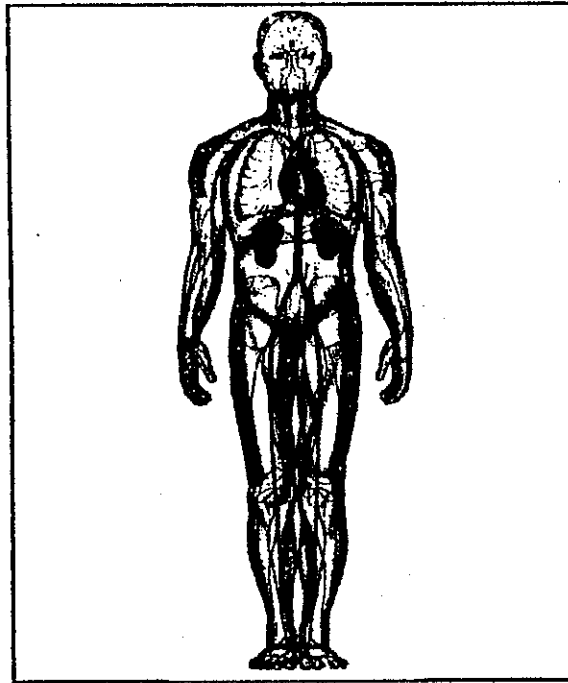


Figura 1.9
El monóxido de carbono produce malestares en el cuerpo humano y deterioro del mismo.

En la teoría, el monóxido de carbono no se debería producir existiendo una cantidad elevada de oxígeno en la mezcla, tal es el caso cuando la mezcla es pobre, pero actualmente se produce el monóxido de carbono en estas condiciones, debido a dos razones:

a. Se producen monóxidos de carbono cuando la mezcla es pobre, debido a que la reacción $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ se produce muy lenta, por lo que no puede convertir todo el monóxido de carbono en bióxido de carbono.

b. Mala distribución en la cámara de combustión del combustible, por lo que se presenta una combustión irregular.

1.4.2.2 Dióxido de carbono:

En compuesto es producto de la combustión completa de la gasolina, no produce grandes molestias, pero imposibilita la respiración.

1.4.2.3 Hidrocarburos:

Son producto de la gasolina no quemada, en donde la mezcla es demasiado rica en combustible, su efecto en el cuerpo humano se presenta con irritación de los órganos respiratorios y elevan la probabilidad de contraer cáncer.

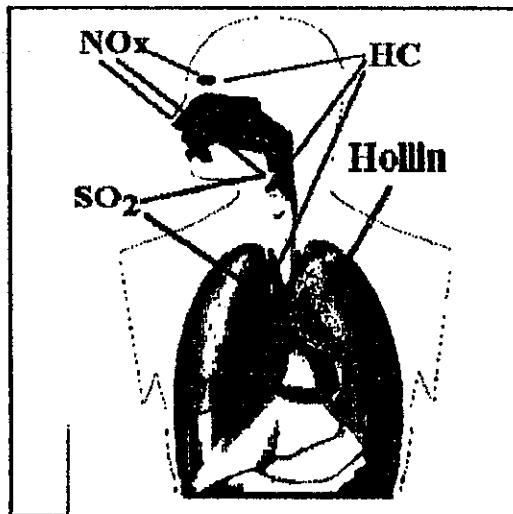


Figura 1.10

La gasolina no quemada, se evapora y se establece en la atmósfera, produciendo grandes molestias para el ser humano.

Son los hidrocarburos los que producen el mal olor de los gases de escape, las causas que los producen son asignables al traslape valvular de los tiempos de admisión y escape en el ciclo de combustión, por gasolina no quemada que queda en la cámara de combustión (después de que se frena el motor repentinamente o cuando se acelera bruscamente antes de apagarlo), también el insuficiente tiempo de combustión los puede producir.

Cuando el vapor de gasolina es elevado a altas temperaturas, se produce una oxidación repentina y rápida, sin embargo se produce una combustión incompleta y algunas veces ni siquiera se produce la combustión, por lo que la gasolina no quemada llega a la atmósfera en forma de hidrocarburo crudo.

1.4.2.4 Óxidos de Nitrógeno:

Son producto de la combinación del nitrógeno y el oxígeno del aire, siendo hasta hace pocos años que se comenzó a controlar este tipo de gases, ya que no se habían percatado del peligro que presentan. Existen diferentes compuestos moleculares constituidos de nitrógeno y oxígeno, tales como: NO (Oxido Nítrico), NO₂ (Bióxido de nitrógeno), etc. Siendo el más dañino de los óxidos de nitrógeno el óxido nítrico.

La mayor concentración de óxidos de nitrógeno se producen cuando la mezcla tiene una relación aire/combustible de 16:1; en la realidad la proporción mencionada resulta menor o mayor, por lo que siempre hay una producción menor a la máxima mencionada. Cuando la mezcla es rica, la concentración de oxígeno es baja (produciendo monóxido de nitrógeno), y cuando la mezcla es pobre, la combustión se presenta lenta (produciendo bióxido de nitrógeno).

Existe una relación directa entre la producción de óxidos de nitrógeno y la correcta sincronización del encendido, ya que al atrasar o avanzar el tiempo de encendido se varía la temperatura máxima en la cámara de combustión. Lo anterior se debe a que el nitrógeno en temperaturas frescas no experimenta ninguna alteración en su paso por el motor. Pero en temperaturas altas (como las que se presentan en la cámara de combustión)⁷, el nitrógeno reacciona con el oxígeno, produciendo óxidos de nitrógeno.

1.4.2.5 Condiciones de manejo:

En el calentamiento que se produce desde el arranque en frío hasta llegar a la temperatura normal de operación del motor, el múltiple de admisión no se calienta con facilidad, produciendo una mala evaporación de la gasolina, con lo que la mezcla será rica y producirá cantidades altas de monóxido de carbono e hidrocarburos.

⁷ La temperatura en la cámara de combustión es alrededor de 1378 °C, y en condiciones extremas se presentan temperaturas más altas a esta.

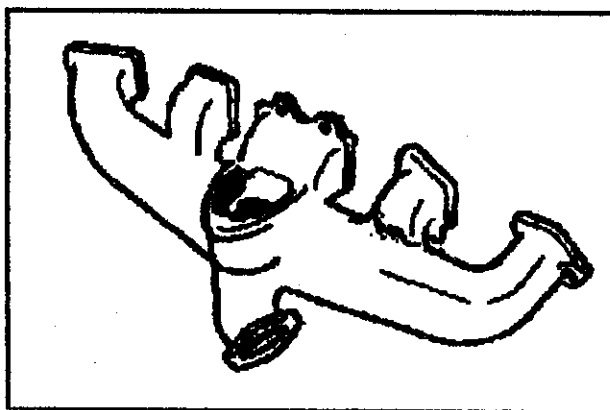


Figura 1.11

En el arranque el múltiple de admisión tarda en alcanzar su temperatura de operación, lo que da origen a producir altas emisiones.

Durante el ralenti⁶, la temperatura en la cámara de combustión desciende, provocando una mala vaporización del combustible, presentando un incremento en la producción de monóxidos de carbono e hidrocarburos, aunque se disminuyan los óxidos de nitrógeno.

A velocidades altas se produce una mezcla más rica, alrededor de 13:1, aumentando los monóxidos de carbono y los hidrocarburos. Los vehículos que circulan con un exceso de carga, producen que la válvula de obturación⁷ se abra completamente y la mezcla esté en su punto máximo de riqueza, entonces aumentarán las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos.

1.4.3 Formas de reducir las emisiones en los gases de escape

En algunos países industrializados se han efectuado investigaciones sobre formas de reducir los contaminantes producidos por los motores de combustión interna en los automóviles. Existen en la actualidad varios sistemas que se acoplan a los motores, con el fin de controlar las emisiones, estos sistemas han sido diseñados para trabajar en formas extremas de operación del vehículo.

⁶ Ralenti se refiere al funcionamiento del motor sin marcha.

⁷ Esta válvula es la encargada de abrirle o cerrarle el paso al combustible.

Es muy importante el mantenimiento que se les proporciona a estos sistemas para que trabajen eficazmente; en la mayoría de ellos se necesita que trabajen con un buen combustible y un sistema de refrigeración en buen estado¹⁰.

A continuación, se describen los requerimientos que han hecho necesarios dichos sistemas y su funcionamiento general, haciendo énfasis en los sistemas más importantes que existen en la actualidad.

1.4.3.1 Sistema de ventilación positiva

-Requerimiento:

Este sistema fue creado a mediados de los años sesenta, debido al requerimiento de reducir los hidrocarburos, producto de los gases no quemados que escapan de la cámara de combustión por los anillos del pistón (véase figura 1.12) y se conoce también como sistema P.C.V.

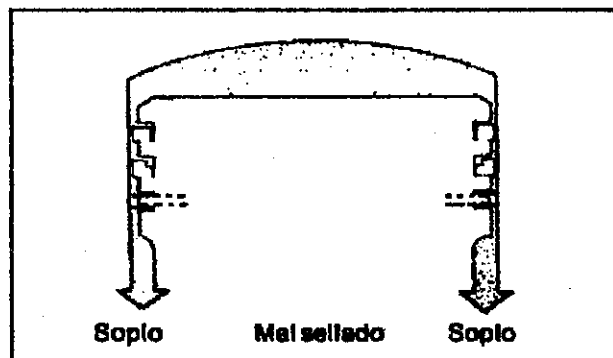


Figura 1.12

Debido a mala instalación o desgaste en los anillos del pistón, se producen fugas de la mezcla, a lo cual se denomina Soplo.

Sus diseñadores establecieron que bastaba con devolver estos gases no quemados (que producen hidrocarburos) hacia las cámaras de combustión, los cuales inicialmente se dirigían al cárter del motor.

-Funcionamiento:

Consiste en una manguera que sale del purificador de aire, el que lleva aire fresco (ya filtrado) hasta el

¹⁰

Es importante el sistema de refrigeración, ya que del control de las temperaturas de operación depende la producción de contaminantes en el motor.

cárter; los gases que escapan por los anillos del pistón son llevados por este aire fresco hacia una segunda manguera, la cual conduce los gases mezclados hacia el múltiple de admisión, regresando posteriormente a las cámaras de combustión.

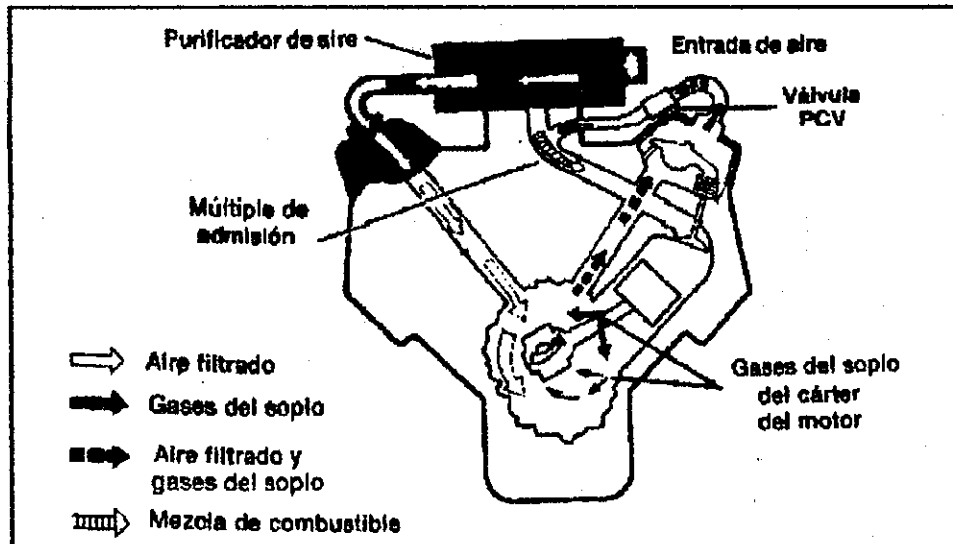


Figura 1.13
Esquema de funcionamiento del sistema P.C.V.

La válvula P.C.V. consiste en un émbolo, un resorte y un cuerpo cilíndrico (véase figura 1.14). El vacío producido en el múltiple de admisión mueve el émbolo de la válvula P.C.V., controlando así la cantidad de gases que entran al múltiple de admisión.



Figura 1.14
La válvula P.C.V es accionada por el vacío producido en el múltiple de admisión.

1.4.3.2 Sistema de precalentamiento del aire de admisión

-Requerimiento:

El sistema anterior, no reducía el nivel de producción de hidrocarburos que escapaban por los anillos del pistón, pero ahora, qué pasa con los hidrocarburos que se presentan en los gases de escape?. Los ingenieros automotrices comenzaron a utilizar mezclas más pobres, para reducir el problema de hidrocarburos en el sistema de escape.

Sin embargo, las mezclas pobres no funcionan bien a medida que desciende la temperatura del ambiente, provocando dificultad de encendido. Para superar el problema anterior, se diseñó un sistema que alimentara de aire caliente al motor cuando éste se encuentra frío, disminuyendo la producción de monóxidos de carbono e hidrocarburos. A este sistema también se le denomina sistema H.A.I.

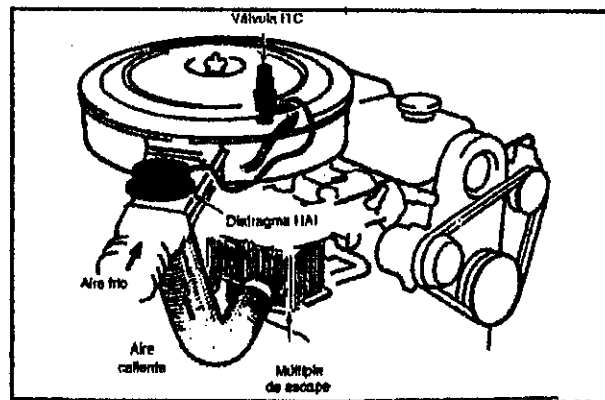


Figura 1.15

Esquema del sistema de precalentamiento de aire de admisión.

-Funcionamiento:

Por medio de la válvula I.T.C se percibe la temperatura del aire de entrada, decidiendo automáticamente se deja pasar el aire frío proveniente del exterior o el aire caliente del sistema H.A.I, con la finalidad de mantener el aire de admisión en la temperatura óptima en todo momento y asegurar que el combustible esté totalmente evaporado cuando el motor está frío.

La válvula trabaja por medio del vacío producido por el múltiple de admisión. Esta válvula posee un sensor de temperatura, entonces cuando la temperatura está fría se abre rápidamente, dejando libre el paso del vacío producido por el múltiple de admisión, y por lo tanto, deja pasar

solamente el aire caliente proveniente del cuerpo del múltiple de escape.

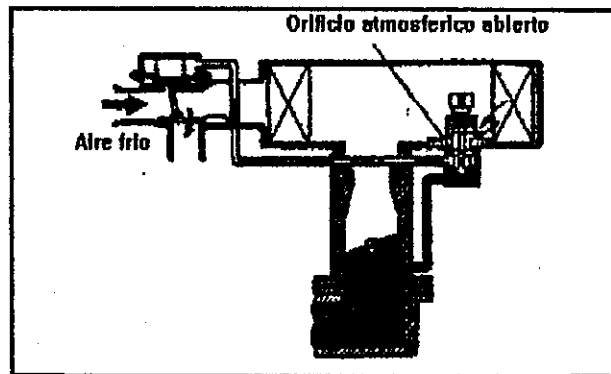


Figura 1.16
Esquema del funcionamiento del sistema H.A.I. en posición abierta.

De forma similar, cuando la temperatura es caliente, la válvula I.T.C se cierra, provocando que solo el aire del exterior pase al múltiple de admisión.

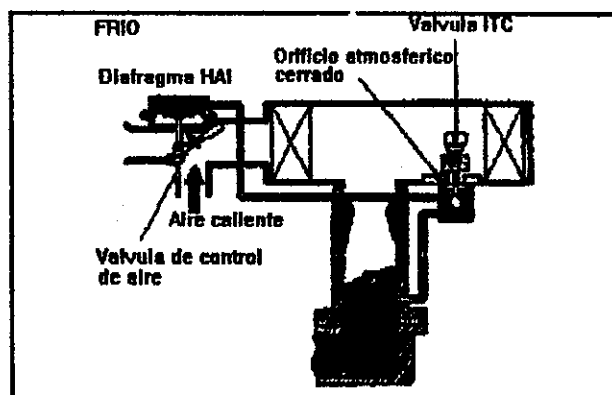


Figura 1.17
Esquema del sistema H.A.I. en posición cerrada.

1.4.3.3 Sistema de inyección de aire

-Requerimiento:

Este sistema reduce también los niveles producidos de monóxido de carbono e hidrocarburos, en el sistema de escape. De manera que si se inyecta aire al múltiple de escape, cuando los gases de escape están lo suficientemente calientes, producirá una combustión antes de abandonar el sistema de escape, acompañados de una transformación a dióxidos de carbono y agua, los cuales son menos ofensivos.

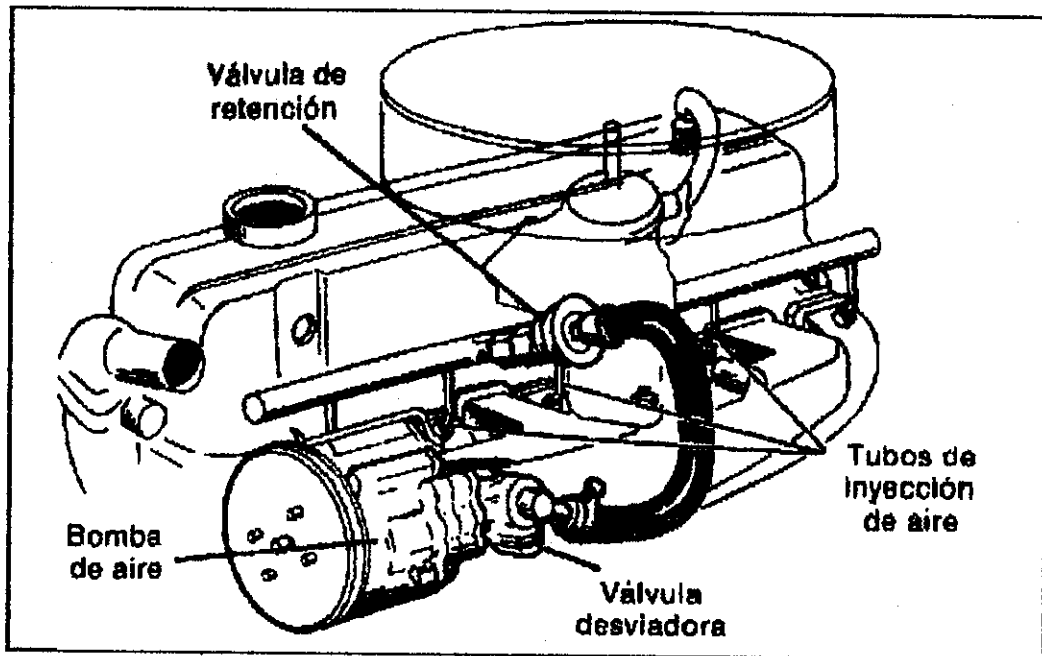


Figura 1.18
Esquematzación del sistema de inyección de aire.

La única desventaja que presenta este sistema, es que utiliza una bomba de aire que es impulsada por el motor por medio de una faja, lo cual absorbe parte de la potencia producida por el motor. A este sistema también se le llama, sistema A.I.

-Funcionamiento:

El sistema cuenta con una bomba de aire, válvulas de retención, válvula desviadora y varios tubos de inyección de aire. La bomba de aire absorbe y comprime el aire, éste pasa por la válvula de retención hasta llegar al múltiple de escape, donde continúa el proceso de combustión (fuera de la cámara de combustión).

La bomba está conectada por medio de una faja al cigueñal, generalmente esta bomba es de paletas giratorias (véase figura 1.19). La bomba introduce aire limpio por medio de un filtro propio de aire o por medio de una manguera conectada al purificador de aire.

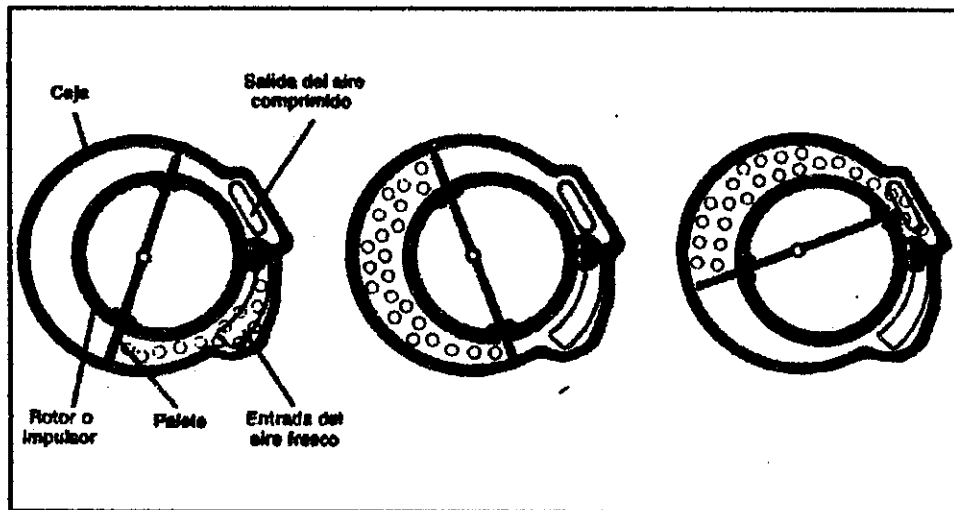


Figura 1.19
 Generalmente el tipo de bomba de aire, utilizadas en este sistema, son de paletas giratorias.

La válvula de retención es simplemente una válvula que mantiene el flujo en una sola dirección, evitando que los gases de escape se dirijan hacia la bomba de aire. Con esto se evita que se dañe la bomba.

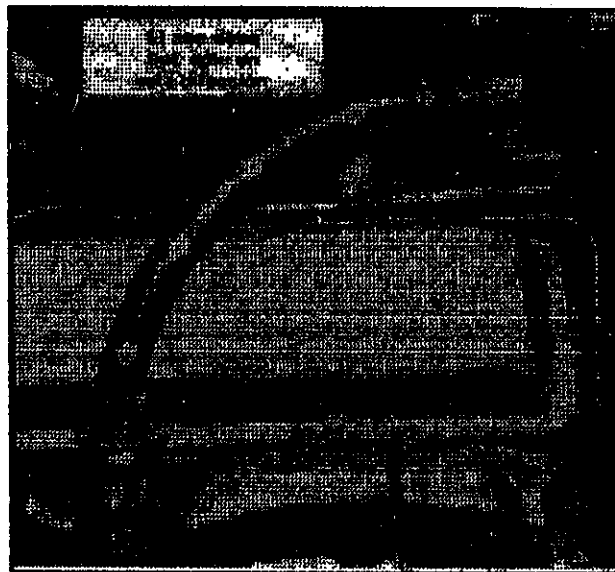


Figura 1.20
 La dirección del flujo en la válvula de retención, es solamente de la bomba hacia el múltiple de escape.

La válvula desviadora, denominada también como silenciador, es la encargada de evitar las explosiones prematuras, que se producen al descargar aire en la atmósfera en ciertas etapas del funcionamiento del motor.

La válvula A.S.V se encarga de regular el aire proveniente de la bomba, por medio del vacío producido por el múltiple de admisión.

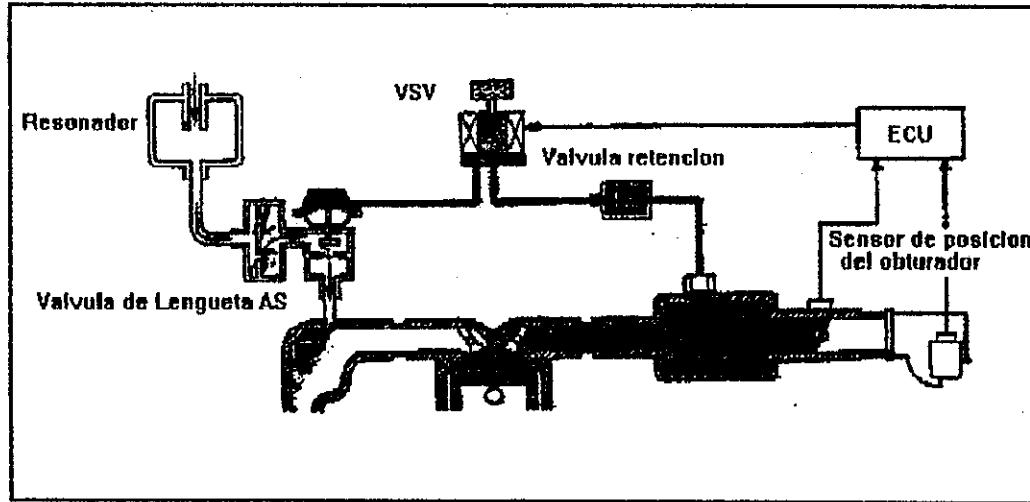


Figura 1.21
Funcionamiento de la válvula A.S.V. como reguladora del aire de inyección.

1.4.3.4 Sistema de succión de aire

-Requerimiento:

Su requerimiento es el mismo del sistema anterior, en donde se introduce aire al sistema de escape, para que vuelvan a hacer combustión fuera de la cámara de combustión. Este sistema se diferencia del anterior en que, no se inyecta aire por medio de una bomba, sino que se succiona por medio de un mecanismo conectado al purificador de aire. Este sistema, también es llamado sistema A.S.

-Funcionamiento:

Aquí se utilizan los cambios repentinos de presión en los gases de escape, para abrir y cerrar una válvula de lengüeta, dejando entonces pasar o no aire a los gases de escape, respectivamente.

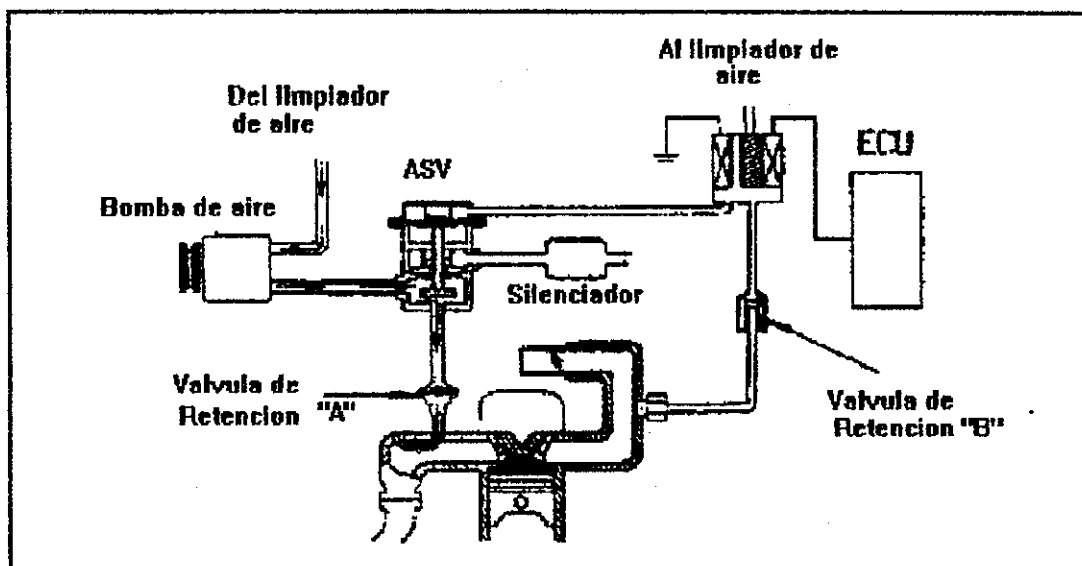


Figura 1.22
Esquema del sistema de succión de aire.

1.4.3.5 Sistema de recirculación de los gases de escape

-Requerimiento:

Cuando se comenzaron a controlar las emisiones de los gases de escape, no se le dio importancia a los óxidos de nitrógeno, ya que desconocían la naturaleza perjudicial de estos compuestos. A este sistema, se le denomina también sistema E.G.R.

Uno de los sistemas diseñados para combatir estos gases, fue el sistema E.G.R., el cual recircula los gases de escape hacia el múltiple de admisión, lo cual permite que la mezcla aire/combustible haga combustión a una temperatura lo suficientemente baja, para que no provoque que el nitrógeno arda, produciendo los óxidos de nitrógeno.

-Funcionamiento:

En este sistema, la cantidad de gases de escape que se recirculan, es controlada por un modulador de vacío, el que se hace necesario, por las variaciones de presión en el múltiple de escape, con relación a la presión atmosférica. Este modulador permite que la válvula E.G.R., se mantenga cerrada, mientras el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento.

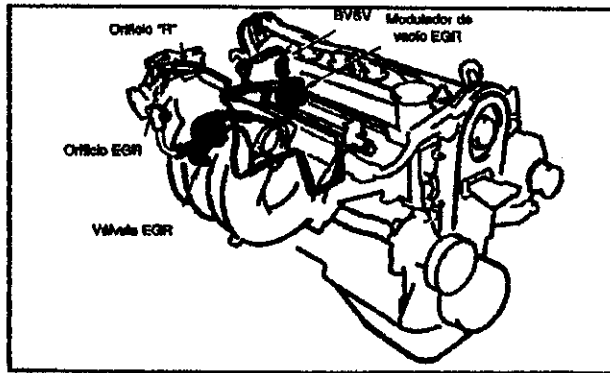


Figura 1.23
 Diagrama del sistema E.G.R para emisión de gases.

Cuando la válvula E.G.R. está abierta, deja pasar los gases de escape hacia el múltiple de admisión, posteriormente cuando se cierra, no deja pasar ningún gas. Esta acción de abrir y cerrar se logra por medio del vacío en el múltiple de admisión.

Una pequeña manguera conecta la válvula E.G.R., con un orificio en el costado del carburador. Entonces, cuando existe marcha rápida, se produce vacío y por lo tanto se abre la válvula E.G.R; mientras que cuando existe marcha lenta, no hay vacío, lo que genera que la válvula E.G.R permanezca cerrada. Así mismo cuando el motor trabaja con su máxima potencia, disminuye nuevamente el vacío y se presenta en posición cerrada.

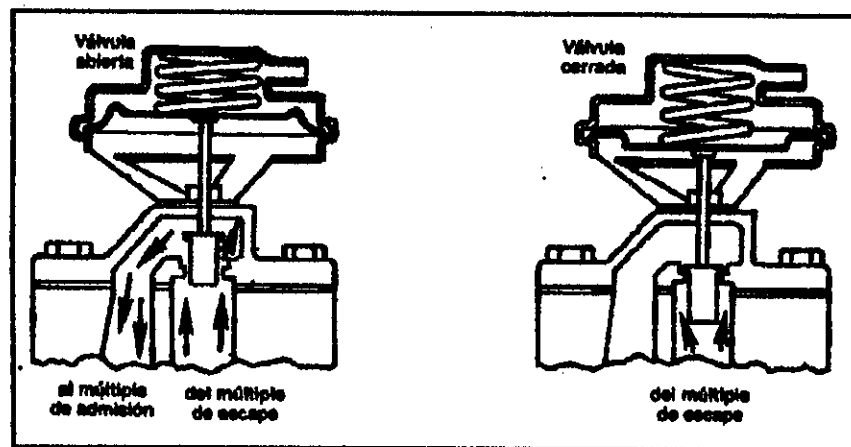


Figura 1.24
 Funcionamiento del sistema E.G.R

1.4.3.6 Catalizadores

-Requerimiento:

Durante la década de los setenta, las disposiciones gubernamentales de los países industrializados, se fijaban límites más estrictos, en relación a las emisiones de contaminantes en los vehículos, por lo que, todos los sistemas anteriormente mencionados no servían en su totalidad para controlar adecuadamente las emisiones. Fue entonces, cuando diseñaron un sistema, que efectuaba una transformación química de los gases de escape.

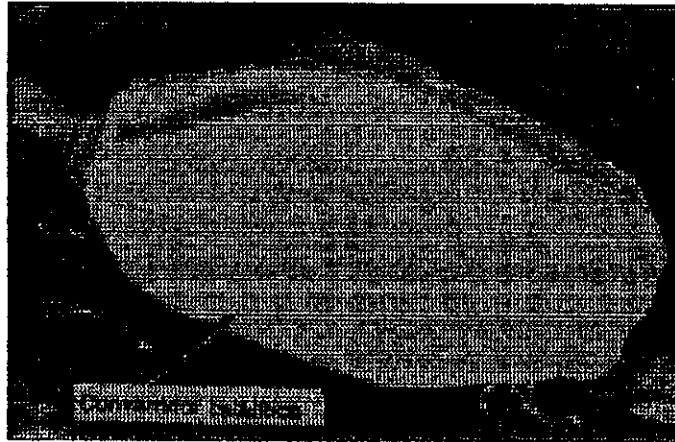


Figura 1.25
Vista exterior de un catalizador.

-Funcionamiento:

En el capítulo 3 se trata específicamente el tema del catalizador, por lo que ahora describiremos rápidamente su funcionamiento.

El catalizador produce una reacción química de moléculas cuando los gases de escape, pasan a través de él (monóxidos de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno), convirtiéndolos en gases inofensivos como dióxido de carbono y agua. Para este sistema es un requerimiento primordial la utilización de gasolina con bajo contenido de plomo¹¹, ya que este elemento envenena los componentes catalizadores del sistema, obstruyéndolo y causando daños severos al motor.

¹¹

El contenido máximo de plomo en los combustibles es de 0.0013 gramos/libra de plomo.



Figura 1.26
Vista interna de un catalizador.

1.4.3.7 Sensor de oxígeno

-Requerimiento:

La introducción de este sensor, también llamado "Sonda Lambda", al sistema de escape, fue con la idea de controlar la mezcla aire/combustible. Con lo que se conseguía una reducción en el consumo de combustible y una menor emisión de monóxido de carbono e hidrocarburos.

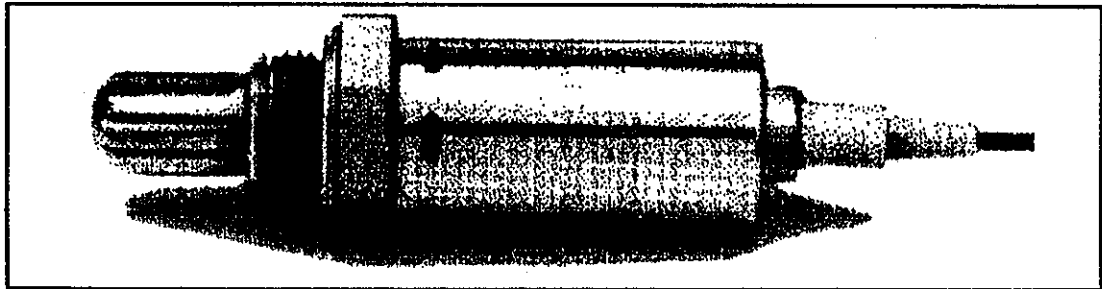


Figura 1.27
Vista de un sensor de oxígeno desmontado.

-Funcionamiento:

Este sensor envía una señal eléctrica a una unidad de control, sobre la composición de la mezcla aire/combustible, tomando como referencia la cantidad de oxígeno presente en la atmósfera.

Es importante, que el sensor alcance una temperatura elevada rápidamente, ya que trabaja hasta llegar a 250 °C; y al igual que el catalizador, la gasolina con plomo lo deteriora.

Se puede establecer entonces, que el control de emisiones y todos los sistemas que existen para reducir los contaminantes de los gases de escape, se componen de una serie de mangueras o bombas; pero que, también es importante no olvidar que el motor es el centro de atención principal. Y así como los sistemas de emisiones necesitan mantenimiento, el motor también necesita mantenimiento periódico y estricto. Además, la correcta operación del vehículo conduce también a producir menos contaminantes.

Factores externos como: el buen control de la presión en los neumáticos, un control del acelerador, utilizar correctamente las velocidades, frenar sólo en situaciones que lo ameriten y no sobrecargar el vehículo, ayudarán a mantener una combustión estable que no contribuya a una contaminación en exceso.

Además, debe tenerse presente, que no se deben modificar los sistemas de emisiones, con el objeto de hacer que el vehículo trabaje con más economía, ya que podemos tener como resultado un vehículo con altas emisiones de contaminación, una baja calidad de manejo y una reducción en la vida útil del motor.

2. Legislación Guatemalteca sobre control de emisiones

En Guatemala, la extrema pobreza y bajo desarrollo, llegan a niveles extremadamente degradantes del balance ecológico y principalmente el deterioro de la atmósfera terrestre (con niveles altos de contaminantes) que está causando daños a la vida de nuestro planeta.

Hoy en día, la falta de mantenimiento en los vehículos, incrementa las emisiones, más aún, la forma errónea de manejo, conjuntamente con el incremento de circulación en las horas pico¹², nos presenta un nivel elevado de contaminación. Es común sentir los malestares que provocan los contaminantes de los vehículos y la repercusión que tienen en nuestras actividades diarias.



Por lo anterior, se hace necesario legislar los niveles aceptables de emisiones, por medio de controles adecuados y especializados. Pero anterior a esto se hace imprescindible que existan talleres especializados en estos procesos (tanto del personal como del equipo utilizado), con ayuda económica de sectores privados y del gobierno, con lo que se logrará financiar la inversión inicial, que presenta la implementación de dichos talleres.

Las leyes actuales que hay en Guatemala, sobre el control de emisiones, fueron emitidas de 1990, a 1992, a las cuales no se les ha dado seguimiento alguno hasta nuestros días, y además, no presentan una verificación adecuada en la que se pueda cuantificar las cantidades de contaminantes

¹²

Las horas pico en la ciudad de Guatemala son: de 7:00 a 8:30 am, de 12:00 a 13:30 pm. y de 17:00 hasta 19:00 pm.

cantidades de contaminantes producidos, tal como se encuentra en los acuerdos gubernativos números 1017-90 y OM-051-91, así como en el decreto número 20-92 del Congreso de la República, en los cuales se establece lo siguiente:

Acuerdo Gubernativo Número 1017-90

"Artículo 1o. Se fija el plazo de tres meses, a partir de la fecha de vigencia de este acuerdo, para que los propietarios de los vehículos accionados por combustibles, procedan a ajustar los motores o dotarlos de los dispositivos que minimicen las emanaciones de humo. Después de este período, la autoridad correspondiente procederá a revisar los vehículos que circulen en el territorio nacional, con el fin de determinar si se ajustan a esta disposición.

Artículo 2o. Para la revisión de los vehículos, la Dirección General de la Policía Nacional establecerá puestos de control, con el propósito de determinar si las emanaciones de humo corresponden a cualquiera de las siguientes calificaciones:

- a) Emanaciones de humo poco apreciable;
- b) Emanaciones de humo alto

Artículo 3o. Al propietario del vehículo, cuya emanación de humo corresponda a la clasificación b), se le aplicará las sanciones que fije la ley de la materia.

Artículo 4o. Para la correcta aplicación de esta ley, la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, emitirá los instructivos y circulares que considere convenientes.

Artículo 5o. Todo vehículo para poder obtener placas de circulación, calcomanía u otro tipo de distintivo para el mismo fin, así como la tarjeta de operación que extiende la Dirección General de la Policía Nacional debe estar acondicionado para no producir emanaciones de humo altas.

Artículo 6o. La Comisión Nacional del Medio Ambiente, propiciará y apoyará de manera especial la participación del sector privado y de las organizaciones no gubernamentales, en el cumplimiento de esta ley."

Acuerdo Número OM-051-91

"Artículo 1o. Se prohíbe la comercialización de gasolinas y cualquier tipo de combustible con cantidades mayores a 0.013 gramos por litro de plomo.

Artículo 2o. Otros requisitos y especificaciones mínimas de calidad de los combustibles a comercializar en el país serán definidos por la Dirección General de Hidrocarburos para que este Ministerio, previa revisión la apruebe y ordene su publicación en el Diario Oficial.

Artículo 3o. Las compañías refinadoras, importadoras y distribuidoras, deberán ajustar sus operaciones a fin de cumplir con la presente disposición."

Decreto Número 20-92

"Artículo 1o. A partir del uno de marzo de mil novecientos noventa y tres, todos los vehículos terrestres automotores comerciales y de pasajeros de dos o más ejes, nuevos o usados, accionados por motor de combustión interna de gasolina, que se importen al país y que hayan sido fabricados a partir de mil novecientos noventa y tres, deberán estar certificados en lo relativo a emisión de gases para ser comercializados en los mercados de cualquiera de los siguientes países: Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Comunidad Económica Europea o México.

Artículo 2o. Los vehículos accionados por motores de combustibles alternos con o sin conversión a gasolina estarán sujetos a las disposiciones de esta ley.

Artículo 3o. La Dirección General de Aduanas deberá verificar previo a permitir el ingreso al país de todo vehículo afecto a esta ley, que esté certificado de conformidad con el artículo precedente. La falta de autorización o denegatoria dentro del plazo de 24 horas a partir del momento de haberse presentado el vehículo para su inspección, equivale a la autorización y dará derecho a la internación del vehículo.

Artículo 4o. Los propietarios de los vehículos afectos a esta ley, serán responsables que tanto

el catalizador como los demás controles de emisiones de gases no sean removidos de su vehículo, excepto para las operaciones normales de mantenimiento y recambio de piezas. Al propietario que contravenga esta disposición se le aplicarán las sanciones que fije el reglamento respectivo.

Artículo 5o. Todo vehículo afecto a esta ley, para poder obtener placas de circulación, calcomanías u otro tipo de distintivo para el mismo fin, así como la tarjeta de operación que extienda la Dirección General de la Policía Nacional, deberá conservar todos los controles de emisiones de gases con que fue equipado de fábrica.

Artículo 6o. En caso de duda en la aplicación de los artículos segundo, cuarto y quinto de esta ley, deberá pedirse expertaje a la agencia distribuidora autorizada en el país, o en su defecto a los talleres autorizados por CONAMA.

Artículo 7o. Se exceptúan de esta disposición, los tractores y maquinaria agrícola y de construcción, diseñados para el uso fuera de carretera.

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

Uno de los primeros pasos es la introducción de la gasolina sin plomo a nuestro país, presentando no sólo un beneficio ecológico (permitiendo la utilización de controles de emisiones en los vehículos), sino que también, reduce los costos de operación del vehículo. Para posteriormente efectuar reformas a las leyes ya vigentes, justificada por los actuales requerimientos de exactitud, en las mediciones de los contaminantes presentes en los gases de escape y así mismo por los avances tecnológicos de los equipos para estas verificaciones.

Por lo que, ésto representa un primer paso para establecer un sistema legislado, con el que se puedan establecer controles bien definidos de los contaminantes producidos por los vehículos.

Ahora, se hace necesario que tanto los vehículos importados, como los vehículos de agencia, estuvieran correctamente implementados con los sistemas de control de emisiones, para lograr una verificación general y mejor controlada de las emisiones que producen.

Tener todos los mecanismos de control de emisiones en un vehículo, pudieran ser insuficientes, ya que la falta de mantenimiento al mismo, hace inoperantes a dichos sistemas. Por lo que se hace necesario, un complejo sistema que verifique continuamente las condiciones operativas de los vehículos en circulación.

En todo este proceso, se hace necesario la incorporación de talleres automotrices, de sectores ecológicos en nuestro país, del gobierno, y de los propietarios de transporte público y privado, para lograr legislar la verificación de emisiones; e, incorporarla con el fin de tener un ecosistema más estable y contribuir a reducir la contaminación en el planeta.

Es importante, iniciar con darle seguimiento al acuerdo gubernativo número 14-97, publicado el 4 de febrero de 1997 (véase apéndice "A"), en el cual se desarrolla un proceso de verificación bien estructurado y con la integración de una Comisión de Control de Emisiones encargada del mismo.

Dando el tiempo necesario para la especialización de los talleres automotrices, en el mantenimiento y verificación de los controles de emisiones de gases en los vehículos, con motores de combustión interna, e implementarlos con equipo de medición y licencias que los certifique como responsables de la verificación vehicular.

Luego de efectuar las verificaciones, se haría necesario: -proporcionarle al vehículo un certificado de aprobación, con el cual pueda circular en el país.

-Practicar revisiones periódicas, para efectuar las verificaciones vehiculares, con la ayuda de la Policía Nacional y el Ministerio de Gobernación, para la ejecución de las sanciones por el incumplimiento del Reglamento sobre Control de Emisiones.

Pero la contribución más importante, es la que haga el usuario y/o propietario del vehículo, ya que él juega el papel más importante, para tomar una conciencia ecológica y ver más allá del humo en el aire, pensando en el daño que se produce a la salud y en general a todo ser viviente en la tierra, con la destrucción de la atmósfera terrestre y por ende, del recurso primordial para la vida, el aire.

3. Catalizadores

3.1 Proceso de la catálisis

Durante la edad media, se producían transformaciones químicas que se atribuían a magia y poderes sobrenaturales. Las personas que realizaban estas transformaciones, observaban que la presencia de elementos extraños en una mezcla, hacía posible obtener productos que eran útiles al ser humano.

Años más tarde, se llegó a definir que algunas sustancias simples o compuestas, solubles o insolubles, tienen la propiedad de ejercer un efecto muy diferente a la afinidad química sobre otras sustancias. Por medio de este efecto, producen descomposición en los elementos de esas sustancias y diferentes re combinaciones de esos elementos, de los cuales ellas permanecen separadas. A lo anterior, se denominó " Fuerza catalítica ".

La reacción catalítica más antigua, producida por el ser humano, es la fermentación del vino, que empezó aproximadamente 5,000 años A.C.. Otra reacción catalítica conocida de la antigüedad, es la hidrólisis de grasas animales, para la manufactura de jabón (su catalizador es la ceniza de madera). Con el crecimiento de la industria, después de la guerra, tuvo un gran desarrollo el "catalizador" (especialmente el catalizador desintegrador¹³).

A partir de los años setenta, el estudio de los procesos catalíticos, ha crecido rápidamente, considerándose en la actualidad una rama de la ciencia. En sí, la palabra "catálisis" proviene de dos palabras griegas; el prefijo "Kata" que significa "Disminución" y el verbo "Lysis" que significa "Romper". Existen en la actualidad muchos procesos catalíticos, entre los cuales pueden mencionarse los siguientes:

1. Hidrogenación de aceites y grasas vegetales, para el consumo alimenticio.

¹³

El catalizador desintegrador produce ruptura de moléculas pesadas del petróleo, en fracciones mas ligeras para su utilización en gasolinas.

2. Desintegración catalítica, que aumenta el rendimiento del petróleo en productos ligeros.
3. La reformación de gasolinas, para el uso en automóviles y camiones.
4. Procesos de hidrotreatmento, para disminuir impurezas del petróleo.
5. Convertidores catalíticos en los escapes de vehículos, para disminución de contaminantes a la atmósfera.

En síntesis, el catalizador, es el conjunto de procedimientos que permiten que la velocidad con la que transcurre una reacción química¹⁴, se incremente; esta condición establece a la catálisis dentro de la cinética química¹⁵. Durante la reacción, se produce un desprendimiento de energía, produciendo una reacción exotérmica. El catalizador no se considera ni un reactivo, ni un producto en una reacción.

Las características que distinguen a un catalizador son:

1. Un catalizador no puede actuar en reacciones termodinámicamente imposibles; o sea, en una máquina de movimiento perpetuo.
2. Se utiliza en una reacción en equilibrio, o sea, que un catalizador de una reacción lo es igualmente, en su función, para la reacción inversa.
3. El catalizador puede tener uno o dos efectos sobre un sistema, un efecto acelerador o un efecto orientador.
4. El catalizador tiene una vida útil limitada, sin embargo, en lapsos cortos, se dice que permanece inalterado.

La utilización de catalizadores en reacciones, presentan una velocidad de reacción más rápida, de alrededor

¹⁴ Velocidad de reacción: es la rapidez con la que en un sistema, se produce una transformación química.

¹⁵ La cinética química se ocupa de las reacciones químicas tomando en cuenta el mecanismo en el nivel molecular de tales transformaciones.

de 10,000 veces que la reacción sin catalizador; además una disminución de la energía de reacción de aproximadamente 65%. En la práctica, el aumento de velocidad en presencia de catalizadores, es aprovechada para obtener la misma velocidad o ligeramente superior, pero a temperaturas mucho más bajas, que la utilizadas en el caso de no tener catalizador.

La catálisis se puede clasificar de acuerdo con las condiciones, en las que se llevan a cabo las reacciones, separando el fenómeno en tres áreas:

3.1.1 Catálisis homogénea: presenta una velocidad de reacción igual en todos sus puntos, teniendo como uno de los reactivos a un gas; y los otros, conjuntamente con el catalizador, pertenecen a una misma fase líquida. Aquí las velocidades, son generalmente elevadas y los productos inofensivos y el estudio de los mecanismos de reacción, más fácil para poder aislar las especies intermedias.

3.1.2 Catálisis heterogénea: el catalizador, es insoluble en los sistemas químicos, en los cuales provoca la transformación, formando una fase distinta (generalmente sólida). Existe una superficie de contacto, la reacción se lleva a cabo en esta superficie y el fluido, es una reserva de moléculas por transformar. La catálisis heterogénea, se limita al estudio de reacciones provocadas en las moléculas, por el campo de fuerza del sólido.

3.1.3 Catálisis enzimática: es una mezcla o molécula orgánica que generalmente contiene una proteína. Uno de los ejemplos de este tipo de catálisis, lo constituye la asimilación de bióxido de carbono " CO_2 " por la clorofila de las plantas, y la formación de las cadenas de RNA¹⁶, etc.

En la actualidad, la mayoría de procesos en catálisis utilizan catalizadores sólidos, llegando a tener hasta más de diez elementos en su composición. Para un mejor entendimiento se pueden describir en tres componentes elementales:

1. Fase activa: es la responsable de la actividad catalítica, su costo es muy elevado (tal es el caso de los metales nobles como Platino, Paladio, Rodio, etc.). Algunos de sus componentes, son sensibles a altas temperaturas como

¹⁶ Acido desoxiribonucleico, el que es la base del código genético.

los sulfuros de molibdeno y el cobalto. Por ésto, se hace necesario un soporte para estabilizarlos y proporcionarles buenas propiedades mecánicas.

2. Soporte: es la base donde se deposita la Fase Activa y el que permite optimizar sus propiedades catalíticas. Este soporte es generalmente poroso, por lo que debe tener una buena resistencia mecánica (cuando se utilizan flujos rápidos) y una buena resistencia térmica. Un aspecto importante, es que la forma física esta definida por las condiciones de la reacción, pudiendo ser en forma de palitos, mallas, monolitos en forma de panal, etc.

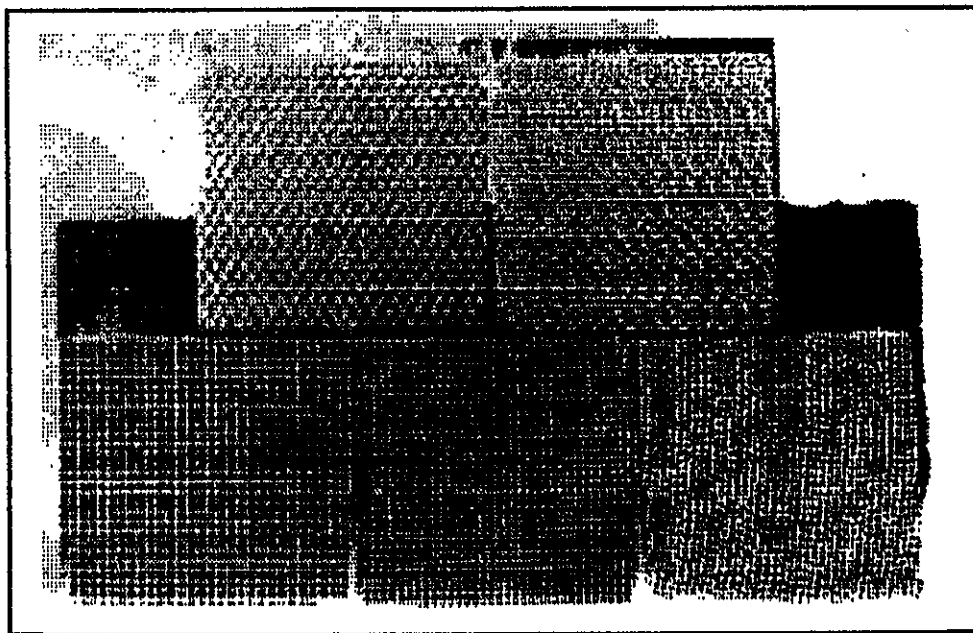


Figura 3.1
La figura muestra las formas físicas de los soportes utilizados en los catalizadores sólidos.

3. Promotor: es una sustancia incorporada a la fase activa, permitiendo mejorar las características en cualquiera de sus funciones de actividad o estabilidad. Hay dos tipos de promotores:

a. Textuales: dan mayor estabilidad a la fase activa, un ejemplo de ellos es la alumina.

b. Electrónicos: aumentan la actividad de la fase activa, un ejemplo lo constituye el potasio.

Los sólidos catalíticos poseen fuertes campos interatómicos (de tipo iónico o metálico), generalmente los compuestos orgánicos son no catalíticos. Los elementos de la fase activa son principalmente del grupo VIII como: Hierro "Fe", Cobalto "Co", Niquel "Ni", Platino "Pt", Paladio "Pd", Rodio "Rh", etc.

La causa de que una superficie sólida absorba a la molécula reaccionante, se basa en establecer que la diferencia en las propiedades físicas y químicas que se presentan con la localización en la superficie son causa de la falta de uniformidad en los sólidos.

Aún en un metal puro, los átomos en dislocaciones, esquinas o cristas, son diferentes a los átomos en las caras. Debido a ésto, la reacción catalítica solamente se lleva a cabo en lugares específicos, los cuales se denominan "Sitios Activos", que son difícilmente identificados en una reacción.

Por lo tanto, el proceso catalítico es de suma importancia para cubrir ciertas necesidades humanas, que se han desarrollado en el transcurso de los años. Este proceso, se sigue desarrollando en aplicaciones de suma importancia, como: La hidrogenación de grasas y aceites; y, uno que ha tomado mucha importancia en los últimos años, es el tratamiento de gases de escape en vehículos, con el fin de reducir la contaminación que estos producen, etc. y un futuro promisorio en otras aplicaciones industriales.

3.2 Aplicaciones de los catalizadores en automóviles

Como se mencionó en la sección anterior, existe la aplicación de catalizadores en los vehículos, para controlar las emisiones de gases de escape. Los catalizadores en comparación con los diferentes sistemas que existen para controlar las emisiones de gases (ver sección 1.4.3), tiene la ventaja de efectuar una transformación química, de estos gases en otros de menor daño para la salud.

Ya que la producción de compuestos contaminantes, depende principalmente de la relación aire/combustible, a medida que la mezcla se vuelve más rica en oxígeno, los productos que no sufrieron una combustión completa disminuyen y la concentración de óxidos de nitrógeno, pasa por un máximo después del valor ideal de la mezcla ($\delta=14.7$).

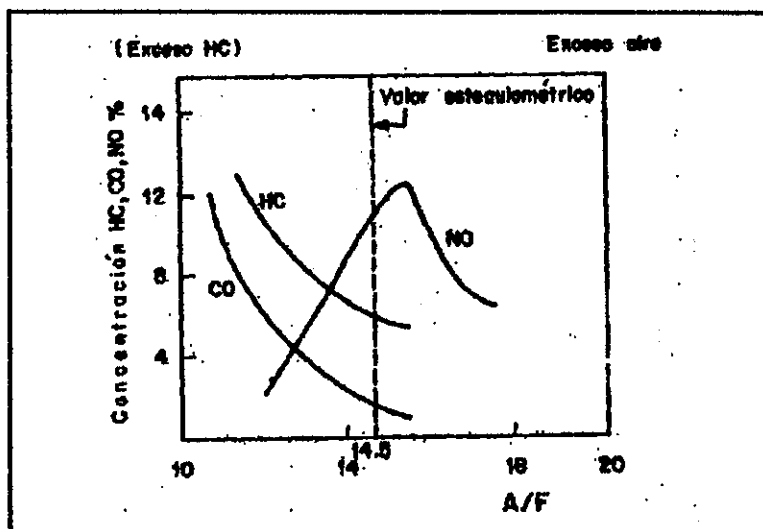


Figura 3.2

La variación de la relación lambda, produce un cambio en las concentraciones de los productos de la combustión.

La eliminación completa de los contaminantes es imposible, por lo que existen normas donde se establecen límites considerables de producción de hidrocarburos, monóxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, etc. Las normas varían en relación al país en que se establezcan (véase apéndice "B").

Los primeros catalizadores que se utilizaron, sólo controlaban los hidrocarburos y monóxidos de carbono, basándose en la oxidación (trabajando con exceso de oxígeno). Este catalizador se colocaba lejos del múltiple de escape, debido a que operan con un alto rendimiento a bajas temperaturas.

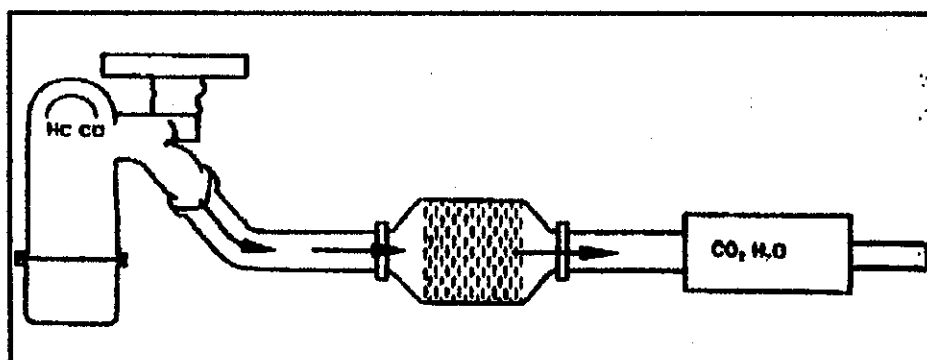


Figura 3.3

Esquema del sistema con catalizador de oxidación, en donde se conectan los sistema A.I. y/o los sensores de oxígeno.

Posteriormente, investigaciones determinaron la importancia de tratar los óxidos de nitrógeno, por lo que se hizo necesario la utilización de un removedor de estos gases, para lo cual se instaló un catalizador de reducción (trabajando en atmósfera rica en combustible). Estos catalizadores se instalan cerca del múltiple de escape, porque trabajan con temperaturas más altas y pueden ser más pequeños que los de oxidación.

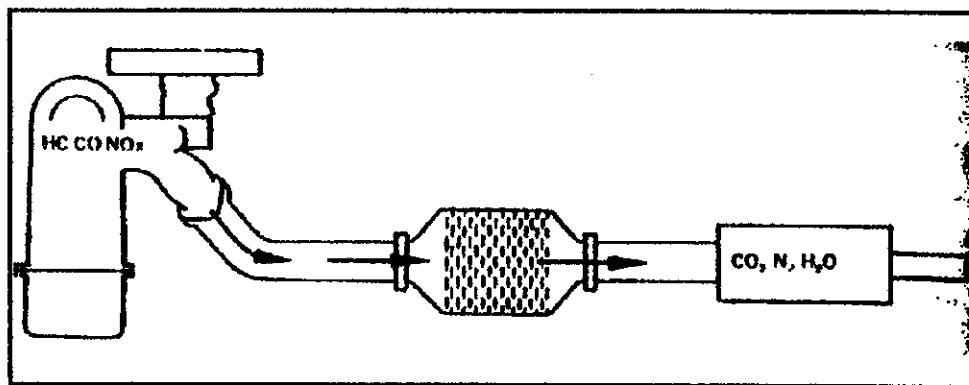


Figura 3.4
Esquema del sistema con catalizador de reducción.

Estos dos catalizadores son conectados en serie; los elementos activos en los catalizadores de oxidación son: Platino y Paladio; mientras que, en los de reducción son: Rodio y Rutenio. La cantidad de estos metales en el catalizador, varía entre 0.03 y 0.16 onzas por catalizador.

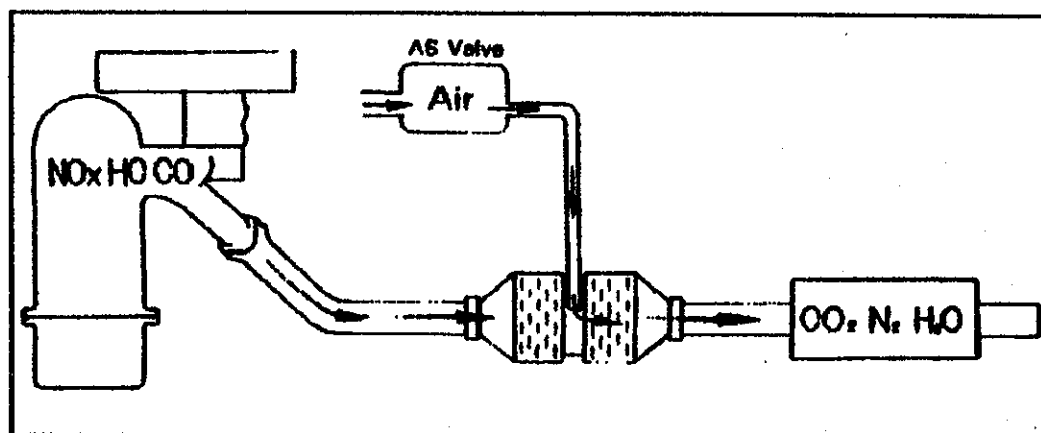


Figura 3.5
Los catalizadores de oxidación y reducción se conectan en serie.

Años más tarde se diseñó un único catalizador que conjuntaba las funciones de los catalizadores de oxidación y reducción (se le denominó catalizador de tres vías), el cual llevaba a cabo las siguientes reacciones:

NO	REDUCCION	N ₂
CO	OXIDACION	CO ₂ + AGUA
HC	OXIDACION	CO ₂ + AGUA

Tabla 3.1
Reacciones del catalizador de tres vías

Este catalizador tiene un volúmen aproximado de la cuarta parte de la mitad de la cilindrada del motor, con un peso de 2.2 a 5 libras (sin tomar en cuenta el recipiente metálico que lo contiene). Los requerimientos del catalizador de tres vías son:

1. Trabajar con un lambda cercano a 14.7, haciéndose necesario la implementación de un sensor de oxígeno. (véase sección 1.4.3.7).
2. Trabajar con un bajo contenido de plomo en el combustible (menor a 0.013 gramos por litro de plomo)
3. Trabajar a temperaturas no mayores a 816 °C, ya que si se supera esta temperatura se deteriorará con rapidez, debido al bajo punto de fusión de los componentes de la fase activa.

Existen dos sistemas de catalizadores heterogéneos, utilizados en los sistemas de escape, los cuales son:

3.2.1 Catalizador de bolitas (o de tipo pella)

Este tipo de catalizadores, se utiliza generalmente en vehículos fabricados en Estados Unidos, tienen forma plana y cuentan con miles de bolitas (soporte del catalizador), que están revestidas de la fase activa del mismo.

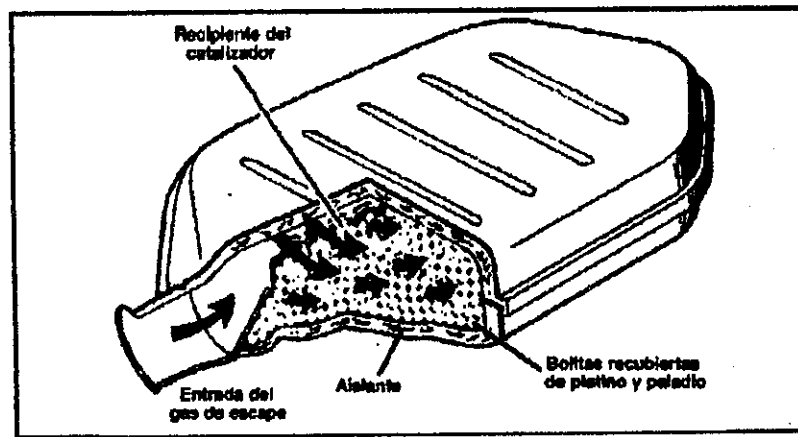


Figura 3.6
El catalizador de bolitas cuenta con miles de éstas, las que se pueden reponer fácilmente.

En estos catalizadores, se tiene la ventaja de que al llegar al fin de su vida útil, las bolitas se pueden reponer fácilmente. Incluso no necesita desmontarse el catalizador para efectuar dicha reposición, ya que cuenta con una compuerta inferior destinada para esta actividad.

3.2.2 Catalizador monolítico

Este catalizador, es mucho más grande que el de bolitas y es utilizado generalmente por fabricantes europeos y japoneses. Su soporte es una estructura similar a un panal, que está fabricada de arcilla endurecida y recubierta por la fase activa.

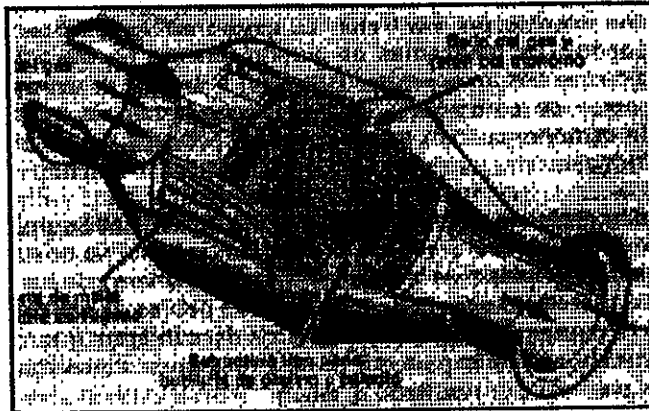


Figura 3.7
La estructura interna del catalizador monolítico es de forma de panal, en donde atraviesan los gases.

En catalizadores monolíticos, no se puede reponer el soporte de arcilla, debido a que se adapta a la forma del cuerpo metálico que lo contiene. Por lo tanto al averiarse este catalizador, hay que reponerlo por uno nuevo.

3.3 Mantenimiento general

Los catalizadores funcionan adecuadamente bajo la condición de mantener la cantidad de plomo adecuada en la gasolina, debido a que el plomo deja una capa sobre la fase activa que evita la reacción química. Las petroleras han agregado aditivos antidetonantes que compensan la reducción del plomo en el combustible.

La vida útil de los catalizadores, varía de un fabricante a otro, pero los límites están comprendidos entre 50,000 y 60,000 millas de recorrido del vehículo. Para establecer el momento de reponerlo, algunos fabricantes han agregado un indicador en el tablero del vehículo (activándose la luz cuando necesita reposición).

Esta luz se enciende siempre que se pone en marcha el motor (para comprobar su funcionamiento), cuando la luz de este indicador permanece encendida, hay que revisar primero el sistema de inyección de aire (sistema A.I.) y el sensor de oxígeno.

La reposición del catalizador es sencilla, pero requiere de ciertos pasos y cuidados, para no desajustar otros componenetes como el sistema A.I o el sensor de oxígeno, que van conectados a él. Como el catalizador más comúnmente encontrado en los vehículos, que circulan en Guatemala, son los monolíticos, haremos referencia a la reposición de éste:

Desmontaje

1. No realice ninguna operación en un motor caliente, ya que la temperatura del catalizador puede ser muy alta y producir quemaduras.
2. Desconecte el cable del indicador de reposición (si cuenta con él), desatornille la conexión del sensor de oxígeno y del sistema de inyección de aire.

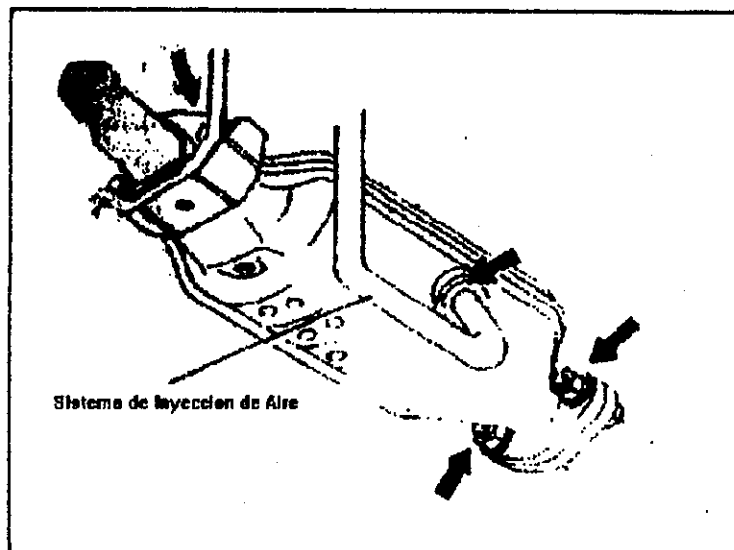


Figura 3.8
Antes de desmontar el catalizador, hay que desconectar los sistemas que van instalados a él.

3. Desatornille las tuercas de apriete de los extremos del catalizador y luego suelte las abrazaderas del tubo de escape.
4. Empuje hacia atrás el tubo de cola y extraiga el catalizador. Almacene los catalizadores usados, en un lugar alejado de combustible o lubricantes, para evitar incendios.

Montaje

5. Coloque empaques nuevos en los extremos del catalizador.
6. Fije el catalizador nuevo, observando la señalización de la dirección del flujo, establecida por el fabricante.
7. Apriete los tornillos de fijación, de ambos extremos.
8. Instale los sistemas de inyección de aire y el sensor de oxígeno.
9. Instale el cable del indicador de reposición (si cuenta con él).

Es muy importante que se consulte el manual del fabricante del vehículo que se este trabajando, para no tener desajustes al momento de efectuar la reposición del catalizador.

4. Medición y análisis de los gases de escape

Los analizadores de gases de escape, constituyen el medio por el cual puede determinarse el porcentaje de gasolina quemada en el motor, y además las relaciones de la mezcla aire/combustible, relación lambda; con lo cual podremos establecer los desajustes que puedan sufrir los sistemas de control de emisiones; además de ser utilizado como un instrumento para el mantenimiento periódico del vehículo.

En años anteriores se efectuaba simplemente una observación de las emanaciones de los gases de escape, y por medio de esta observación se establecía si el vehículo se encontraba dentro de la clasificación de contaminante o no contaminante. Posteriormente se utilizaron medidores, que consistían en filtros que reaccionaban con colores diferentes ante las diversas emisiones de los motores. En la actualidad existen analizadores que cuentan con alta tecnología, utilizando procesos de verificación computarizados, y efectúan los reportes en forma digitalizada en discos para computadora.

A continuación, se especifican las características de funcionamiento de los analizadores de gases de escape que existen en Guatemala, haciendo énfasis en los más recientes llegados a nuestro país, los cuales son el analizador BAR-90 y BAR-96.

4.1 Medición con BAR-90 y BAR-96:

Con la necesidad de adquirir información con mayor seguridad y confiabilidad, se diseñaron a partir de 1990, equipos asociados a una computadora que posee dispositivos y programas de alta seguridad. Su configuración en hardware y software está diseñada para trabajo continuo y rudo para las exigencias de grandes ciudades.

Basicamente el equipo denominado BAR-90 y BAR-96, es un sistema computarizado que determina las concentraciones de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno en el escape de un vehículo. La computadora compara de manera inmediata los resultados obtenidos en la prueba con los límites máximos permisibles de los gases normados en

las normas oficiales del país en donde se este aplicando, (para Guatemala las normas se presentan en la página 6, capítulo 1) definiendo en forma automática la aprobación o rechazo del vehículo en turno.

Al finalizar la prueba, el equipo emite un certificado de aprobación o de rechazo según sea el caso, adjunto al certificado de aprobación se proporciona la calcomanía que acredita la circulación del vehículo por un determinado período que se determina según el país.

Las lecturas son almacenadas por duplicado y comparadas automáticamente por la computadora, de tal foma que el operador no puede alterarlas, la labor del operador se limita a recabar los datos generales del vehículo, a realizar una inspección visual y a colocar la sonda en el tubo de escape del vehículo.

El analizador mantiene una gran precisión en la calibración de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno a través de un método aprobado por el buro de reparaciones automotrices. Esta calibración se realiza automáticamente por lo menos cada tres días o, en caso contrario, el analizador se autobloquea y no permite más pruebas de verificación.

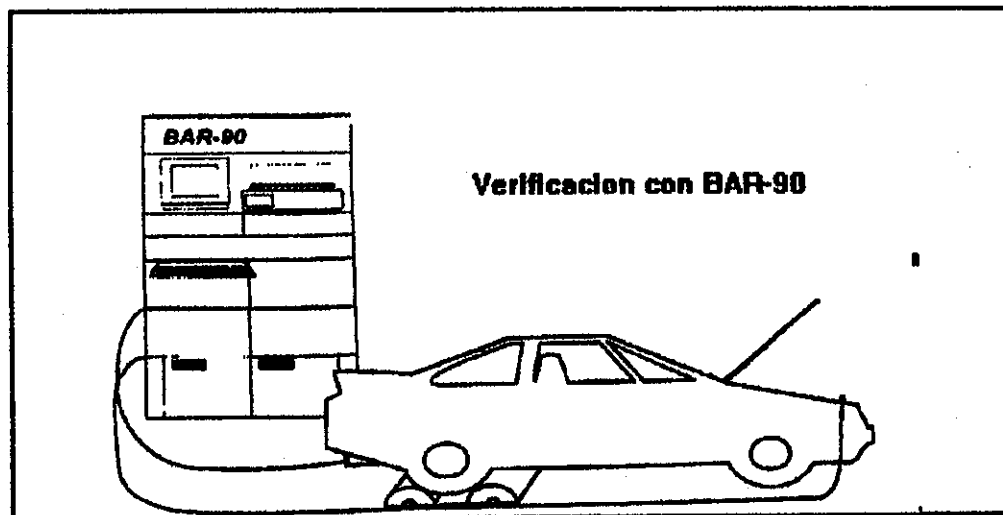


Figura 4.1
Instalación del sistema BAR-90 en el tubo de escape.

El teclado es totalmente interfásico con la micro-computadora y tiene todas las claves necesarias para operar el sistema, asimismo, cuenta con dos impresoras, una de seguridad para imprimir la calcomanía y los certificados de inspección y otra estándar para imprimir los informes de rechazo e inspección.

El analizador tiene capacidad para conectarse por interfase con un opacímetro electrónico para pruebas de vehículos a diesel, de esta forma, el opacímetro se integra al analizador, de manera que en un futuro próximo se desarrollará una prueba secuencial automática para el vehículo diesel. El analizador tiene también la capacidad de expandirse para medir óxidos de nitrógeno y modo de prueba con carga para los vehículos a gasolina, el gabinete del analizador puede albergar un sistema de medición de NO_x adicional y una botella de calibración de gas.

Actualmente en Guatemala, han llegado varios analizadores BAR-90, pero, con las modificaciones de las leyes que regulan los límites de emisión de gases y la inversión del sector privado, se espera que la cantidad de centros donde se utilicen estos equipos se eleve para tener un mejor control y por ende un beneficio en el ecosistema nacional.

4.2 Medición con prueba ORSAT:

Este equipo básicamente consiste en un sistema electrónico que comprueba el porcentaje de monóxidos de carbono y las partes por millón de hidrocarburos presentes en los gases de escape.

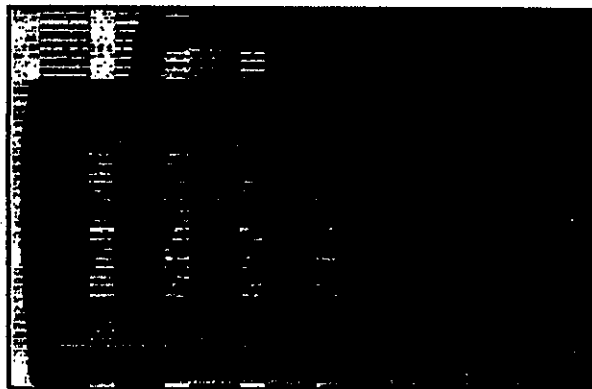


Figura 4.2
Partes del analizador ORSAT.

Las desventajas de la prueba ORSAT ante los sistemas BAR, son por ejemplo que se puede alterar la información, ya que el registro de la pantalla es manipulado por el operador hacia el certificado, corriendo el riesgo de datos alterados, otra desventaja es que no se pueden determinar los óxidos de nitrógeno. Actualmente en Guatemala existen varios analizadores de este tipo, utilizados en distintos lugares, algunas entidades proporcionan una verificación gratuita con estos equipo, proporcionando un certificado, el que cuenta con el registro de la verificación.

Pro/Eco Programa Ecológico en Comercio

AMPE AUTO No. 2035

Swisscontact

Nombre _____

Dirección _____

Teléfono _____

Código del Operador: _____ Estación: 1 2 3 4 5 6 7

Marca del vehículo: _____ Año: _____

Modelo: _____ Estado del vehículo: (1) (2) (3)

Tipo: Automóvil Pick Up Moto Bus _____ Camión _____

Directo CO _____ HC _____ ppm

Ene U.S. _____

Recomendaciones _____

Está dentro del margen de la ley
 (CO: 4.0% CO, HC: 500 ppm) No
 Con Catalizador
 (CO: 0.5% CO, HC: 125 Ppm Unwet 40 dB) No

Este certificado es válido por 60 días para permitir revisar su vehículo, en lo que se refiere a la contaminación.
 Con este ayudamos al medio ambiente y a la vez nos permite disminuir el costo de su vehículo.
 Esperamos no haberle causado muchas molestias. Muchas gracias y le deseamos un buen viaje.

Figura 4.3
Ejemplo de certificado, utilizado para el registro de operaciones.

4.3 Medición con "Smog-Tester":

En este punto se hace referencia a la medición de los motores diesel, aunque con este medidor el análisis de los motores a gasolina es similar. Este sistema utiliza un filtro de papel como unidad principal para la medición.

Una cierta cantidad de gas de escape es succionada utilizando una bomba de dosificación y depurando el gas a través de un filtro de papel, el grado de ennegrecimiento del filtro sirve como base para la determinación del porcentaje del gas de escape. El grado de ennegrecimiento del filtro de papel se compara a los diferentes gases de una escala de referencia.

El sistema de medida comprende dos distintas partes: la bomba de dosificación con la sonda de preelevación y la escala de evaluación (escala de tonos grises).

La bomba de dosificación sirve para medir el grado del porcentaje de hollín del gas del escape por el método de aceleración. El diámetro del círculo de retención de hollín es de 12 mm. para los discos de papel. La duración de la aspiración es de 6 a 8 segundos, la bomba de dosificación contiene un cargador con un rodillo de filtro de papel. Luego de cada medida, el filtro de papel continua desenrollandose por medio de un botón rotativo.

Para permitir el control rápido de un gran número de vehículos, el filtro de papel es colorado y retirado automáticamente por bobinado y desbobinado. De igual manera, el pistón de la bomba puede estar colocado en posición de funcionamiento con aire comprimido y en lugar de estar manual.

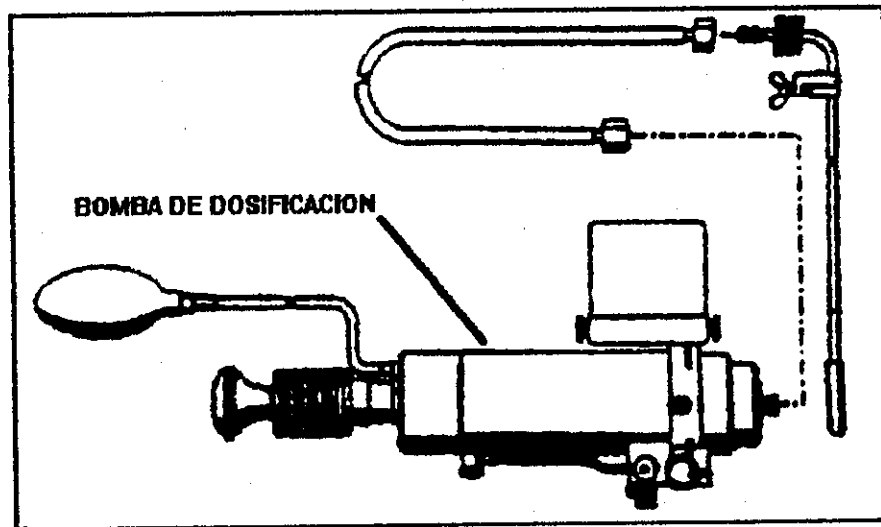


Figura 4.5
Analizador Smog-Tester

La superficie recubierta de hollín del filtro de papel son comparados a las superficies negras de las tarjetas de evaluación " Bacharach ", para encontrar el mismo grado de ennegrecimiento comparado con la escala de evaluación, o use el aparato fotoeléctrico de evaluación. Las superficies de la escala de evaluación Bacharach tienen 10 grados diferentes de ennegrecimiento (véase figura 4.6), el grado "0" designa los gases de escape que no tienen hollín, el grado "9" corresponde a los gases del escape que contienen

el máximo de hollín; en el cuadro que a continuación se presenta se puede tomar como referencia para el cálculo de las unidades Bacharach en el nivel máximo, basándose en los litros por segundo del motor en evaluación. Este analizador ya no es recomendable utilizarlo, ya que es un registro visual, presentando falta de seguridad en el análisis.

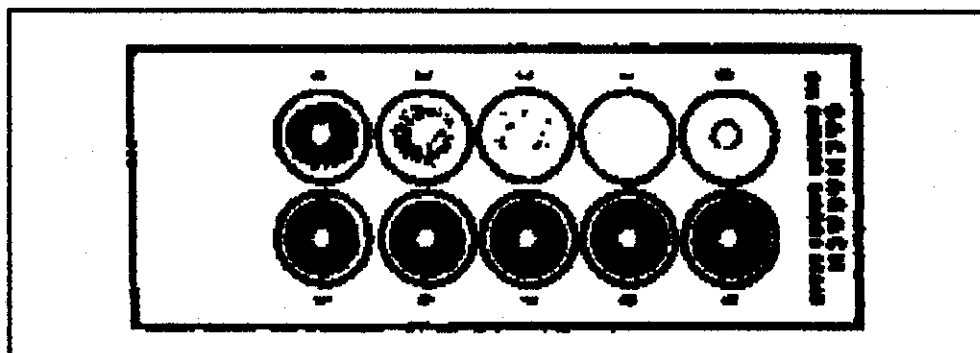


Figura 4.6
Cartilla utilizada en el analizador "Smog-tester"

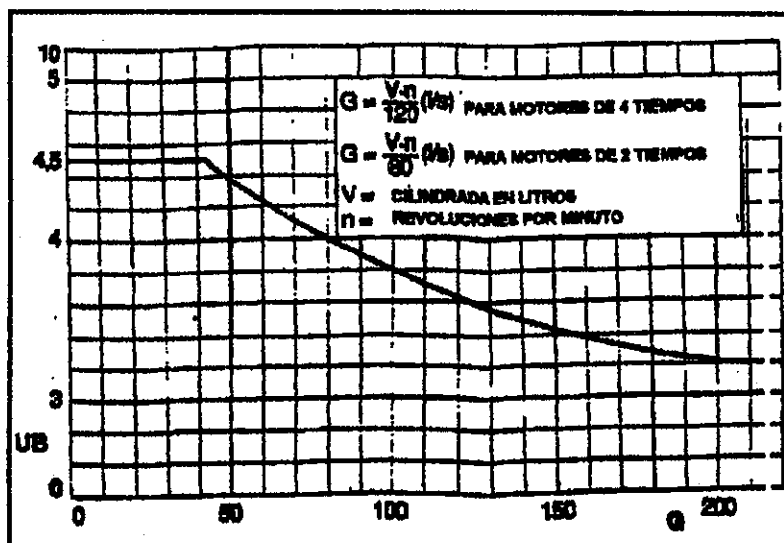


Figura 4.7
Gráfico para el cálculo de las unidades "bacharach" máximas.

5. Silenciadores y tuberías para sistemas de escape

5.1 Sistema de escape

Conforme el motor de combustión interna completa su ciclo térmico, con la carrera de escape, en donde la cámara de combustión se llena de gases ya quemados, se hace necesario evacuar estos gases, para que se pueda iniciar otro ciclo con la carrera de admisión, (véase figura 5.1), para ésto utilizamos un sistema de escape de gases, en donde se unen los gases de cada cámara de combustión para expulsarlos hacia la atmósfera. (véase figura 5.2)

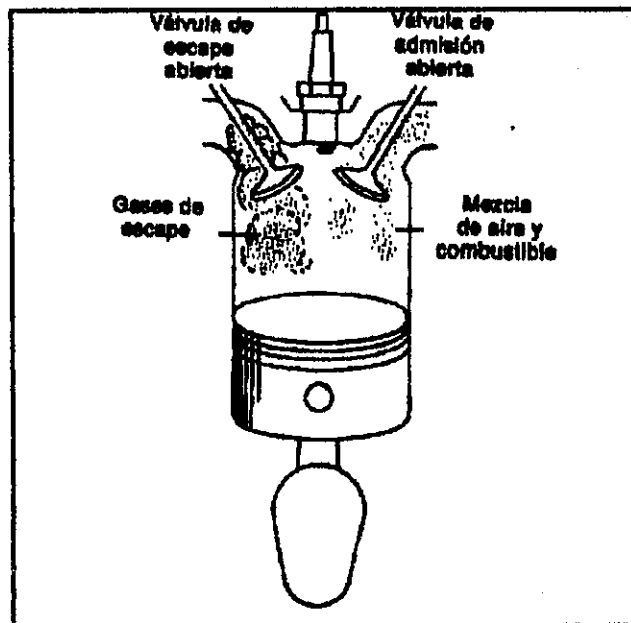


Figura 5.1

Los gases producidos por la combustión son expulsados de la cámara de combustión por los puertos de escape.

Además de evacuar los gases de escape, el sistema tiene la función de reducir el ruido producido por la combustión y de evitar que penetre en el compartimiento de los pasajeros.

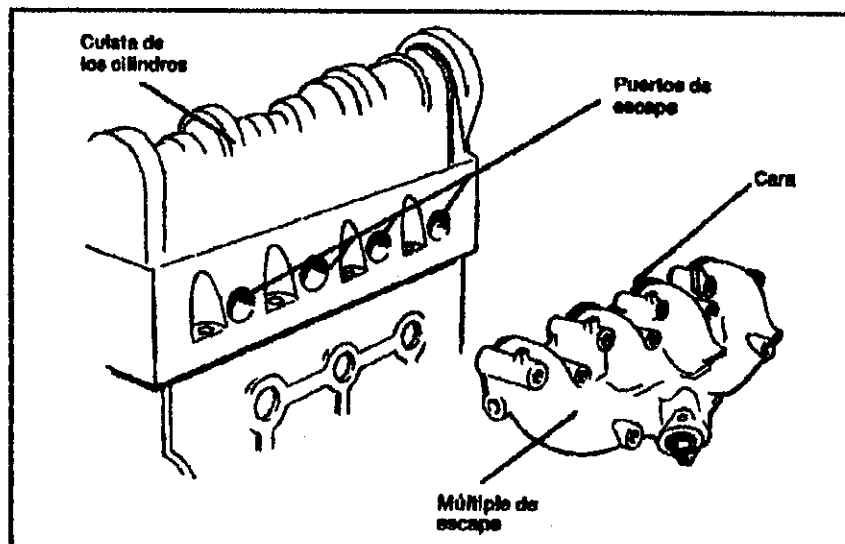


Figura 5.2

Los gases de escape se unen en un múltiple de escape para ser evacuados juntos hacia la atmósfera.

El sistema de escape se compone básicamente de los siguientes elementos:

1. Múltiple de escape
2. Tubería
3. Antidetonante o catalizador
4. Silenciador

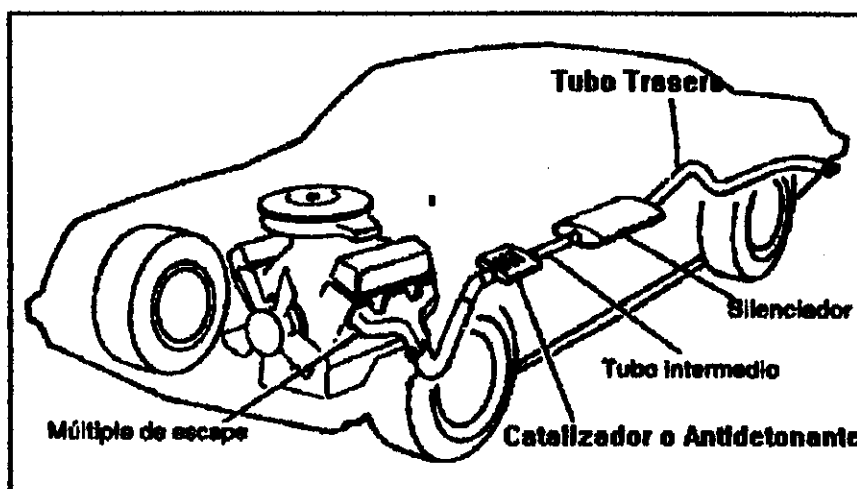


Figura 5.3

Diagrama del sistema de escape.

5.1.1 Múltiple de escape:

Consiste en una serie de conductos que van en relación al número de cilindros del motor, acoplándose a un costado de la culata. Cuando los motores son en "V" o transversales, utilizan dos múltiple de escape, uno para cada culata del motor. Debido a las elevadas temperatura de los gases de escape¹⁷ y a las vibraciones del motor, se hace necesario fabricarlos de hierro colado y tienen una longitud aproximada de 15 a 25 centímetros, tramo donde se unen para luego formar un solo conducto, el cual es más grande en el diámetro, debido a que en él se unen los caudales de cada cámara de combustión (véase figura 5.2)

5.1.2 Tubería de escape:

La tubería inicia con el acoplamiento del múltiple de escape, por medio de una brida de acero (para evitar fugas de los gases), para luego llevarlos hacia el sistema que controla las emisiones contaminantes (catalizador) y los que controlan el ruido (silenciadores). La tubería debe ser de acero de bajo carbono, para poder ser moldeada, con base al requerimiento del espacio debajo del vehículo. El diseño y dimensión de tuberías será tratado con más detalle en la sección 5.4

5.1.3 Antidetonante:

Los vehículos con motores de elevada compresión, donde se necesitarían silenciadores de gran tamaño (véase sección 5.3), pero que el espacio no lo permite, se hace necesario la utilización de un antidetonante.

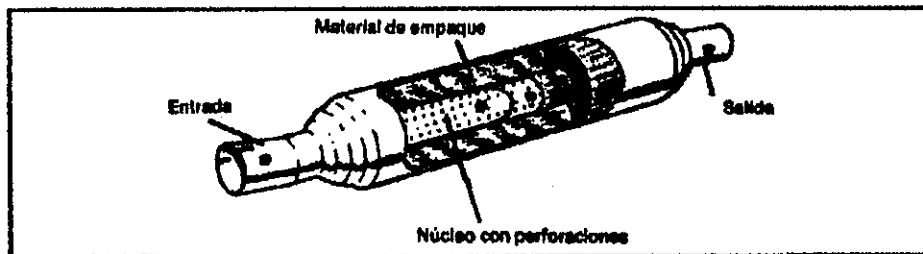


Figura 5.4
Esquema de un antidetonante.

¹⁷

La temperatura de los gases de escape están alrededor de 1378 °C. pero pueden variar hasta 2200 °C.

Este elemento es, entonces, un auxiliar del silenciador, el cual consiste en un tubo directo, rodeado de un material absorbente del ruido (fibra de vidrio). En algunos vehículos, este antidetonante está colocado después del silenciador, pero en la mayoría, se encuentra antes de él. En los vehículos rodados, el antidetonante va sustituido por un catalizador (véase capítulo 3), el que también cumple la función del antidetonante.

5.1.4 Silenciador:

Este elemento tiene la función primordial, de reducir el ruido producido por la combustión, basándose en el desfase de las ondas sonoras y la reducción de la velocidad de los gases. El diseño de los mismos se tratará en la sección 5.3, ya que estos varían entre los vehículos y más aún entre uno y otro fabricante.

Es importante, que el sistema de escape no tenga ninguna obstrucción y estén correctamente diseñados, basándose en el flujo de gases que tengan que evacuar, ya que de lo contrario, producirá averías al motor y elevará el nivel de emisiones contaminantes en la atmósfera.

5.2 Relación con el cilindraje del motor

El sistema de escape, debe estar en relación con el cilindraje del motor, toda vez que, el volumen de gases expulsados de las cámaras de combustión, no deben presentar interrupciones en su recorrido, aunado a una adecuada área de flujo para evitar las contrapresiones.

El múltiple de escape, debe soportar la expansión de los gases, para lo cual, se les hacen agujeros internos para soportar esta expansión.

En los silenciadores, el volumen tiene una relación directa con el cilindraje del motor (véase ecuación 5.1) y puede tener deflectores o pantallas acústicas con agujeros o sin ellos.

Ecuación 5.1

$$V_s = k \times V_m$$

V_s = Volúmen del silenciador
 k = Relación que varía entre 7 y 12¹⁸
 V_m = Volúmen o cilindraje del motor

En la tubería debe evitarse los cambios excesivos de sección y deficientes acoplamientos, para evitar pérdidas de potencia por turbulencia en los gases y contrapresiones.

Ejemplo:

Si el cilindraje de un motor de combustión interna es de 1500 centímetros cúbicos y tomando una relación $k = 12$, tenemos lo siguiente:

$$V_m = 1500 \text{ cms}^3$$

$$k = 12$$

De la ecuación 5.1 $V_s = k \times V_m$

$$V_s = 12 \times 1500$$

$$V_s = 18000 \text{ cms}^3$$

Si no se cumple con esta relación, es posible que se presente una sobrepresión que causará que los gases revienten el silenciador (véase figura 5.5) o que el hollín obstruya los conductos interiores.

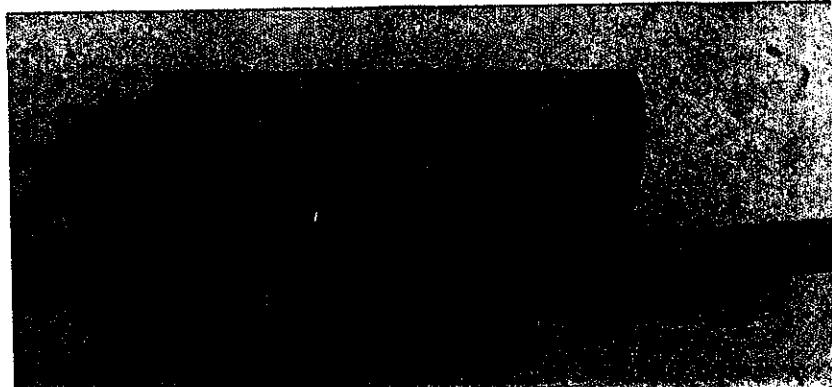


Figura 5.5

Las sobrepresiones causan que los silenciadores fallen y revienten; y, en otras situaciones que los conductos internos se tapen, evitando el flujo de gases.

¹⁸ Esta relación se basa en diferentes mediciones efectuadas a silenciadores de diferentes vehículos. lo que dio como límites estas cantidades.

5.3 Silenciadores

Como se mencionó con anterioridad, para que el silenciador sea efectivo, es necesario que disminuyan la velocidad de los gases de escape y reduzcan el nivel alto de ruido que provoca la combustión; para lo cual, se necesita un buen diseño y una correcta fabricación para no presentarle problemas de disminución de la eficiencia del motor y obstrucciones que redunden en serios daños para el mismo.

5.3.1 Diseño de silenciadores y disminución del ruido

5.3.1.1 Diseño de silenciadores

Para disminuir la velocidad de los gases de escape, se hace necesario utilizar deflectores¹⁹, con áreas superiores con relación al área de la tubería, en donde se expanden los gases y facilita el flujo inverso²⁰ de los gases que hacen cumplir este requerimiento (véase figura 5.6).

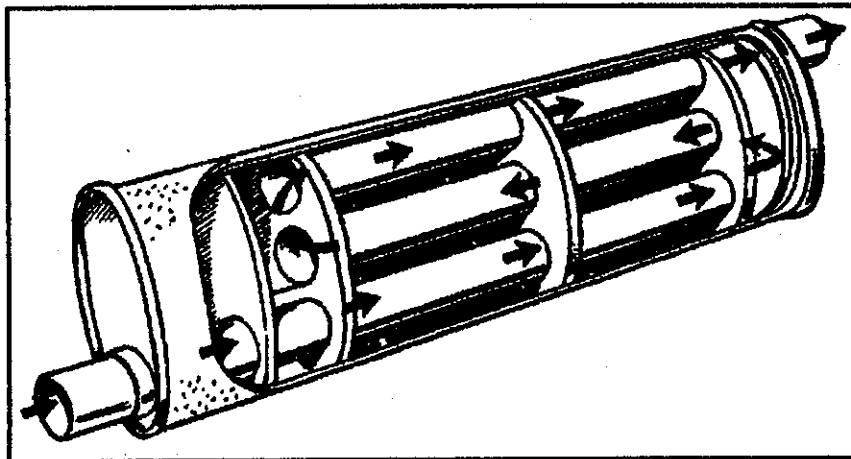


Figura 5.6

Los deflectores dentro del silenciador permiten, el flujo inverso de los gases.

¹⁹ Cavidades o recámaras en donde se expanden los gases dentro del silenciador.

²⁰ En el flujo inverso los gases cambian su dirección en relación al número de deflectores; ésto, dentro del silenciador.

Como la relación entre el volúmen del silenciador y el cilindraje del motor tiene una relación directa (véase ecuación 5.1), para determinar las dimensiones del silenciador, dependerá de la forma que el fabricante establezca, según el espacio del vehículo. Las dos formas principales son : redondos y ovalados (véase figura 5.7) los cuales varían en sus dimensiones, por ejemplo los redondos presentan diámetros entre 6 y 10 pulgadas, mientras los ovalados, varían entre 4x7 pulgs. y 7x11 pulgs.

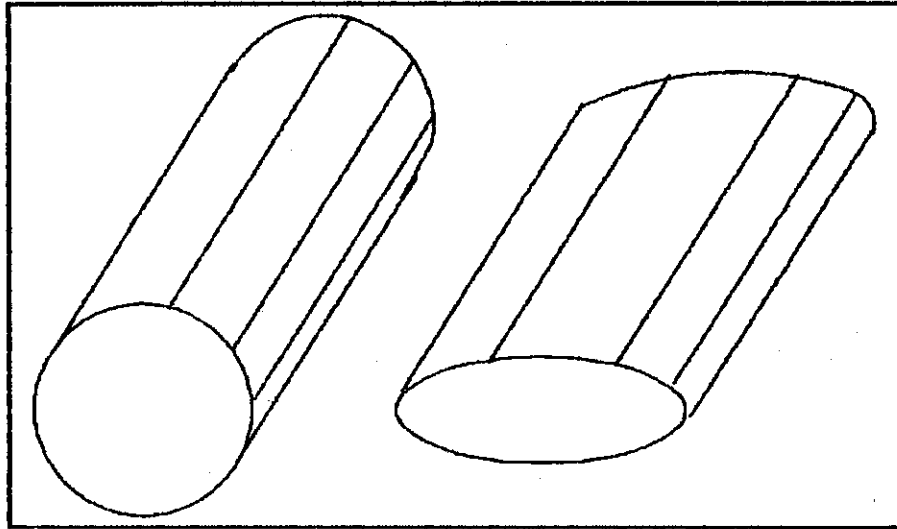


Figura 5.7
Formas principales de fabricación de silenciadores.

Para determinar las dimensiones de un silenciador, se siguen los siguientes pasos:

Ejemplo:

Datos:

$$V_m = 1500 \text{ cms}^3$$

Forma: ovalado de 4x7 pulgs.

$$k = 12$$

Longitud del silenciador = $L_s = ?$

Solución:

$$v_m = 1500 \text{ cm}^3 \times (1 \text{ pulg}^3 / 16.39 \text{ cm}^3)$$

$$v_m = 91.54 \text{ pulgadas}^3$$

$$\text{Area del silenciador} = \text{PI} \times 7 \times 4$$

$$A_s = 87.96 \text{ pulgadas}^2$$

De la ecuación 5.1

$$V_s = 12 \times 91.54 \text{ pulg}^3$$

$$V_s = 1098.43 \text{ pulgs}^3$$

Para el cálculo de la longitud del silenciador

$$V_s = A_s \times L_s$$

$$1098.43 \text{ pulg}^3 = 87.96 \text{ pulg}^2 \times L_s$$

$$L_s = 1098.43 \div 87.96$$

$$L_s = 12.48 \text{ pulgs.}$$

La longitud la podemos aproximar a un entero próximo superior, o sea, $L_s = 13$ pulgs.

El diseño de los deflectores, varía de un fabricante a otro, para el mismo cilindraje de un motor. Dos fabricantes diferentes, varían las dimensiones de los deflectores, con base al ejemplo anterior, se tienen los siguientes diseños:

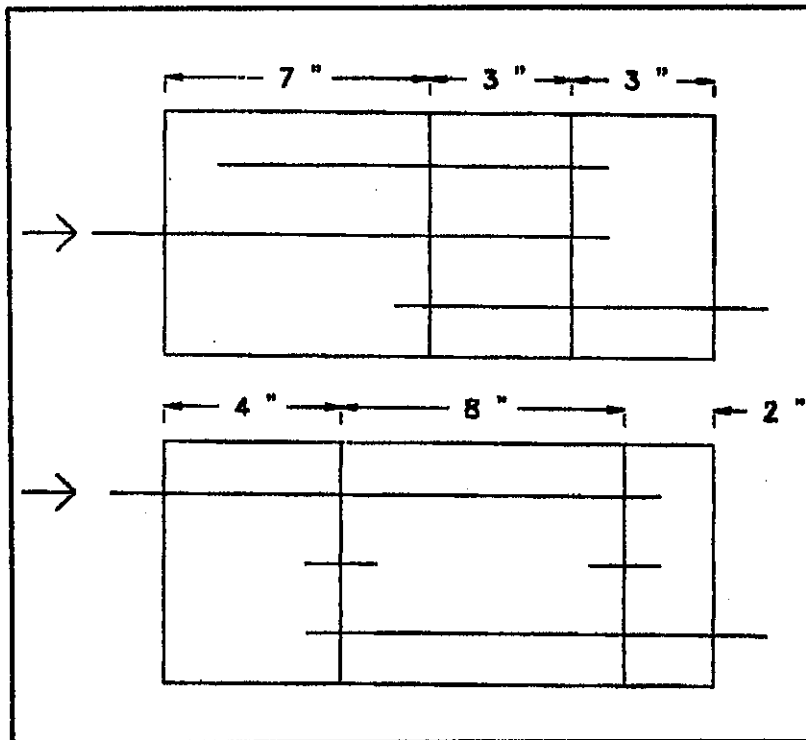


Figura 5.8

Los diseños de los deflectores, varían de un fabricante a otro.

El principio básico de entre estos diseños, es que la última recámara (lado derecho de la figura), es la de menos volúmen para los dos, al igual que la recámara central y la de retorno (lado izquierdo), ésto se debe a que se debe disminuir la velocidad a los gases, por lo que el flujo hará contacto primero con la recámara de menor volúmen y luego se irá expandiendo en las siguientes.

También existen diseños, en los cuales hay más de tres recámaras, pudiendo haber hasta cinco recámaras donde se traslada el flujo de gases, ésto en el caso de motores de alto cilindraje (véase figura 5.9).

Otros diseños presentan material absorbente del ruido, como fibra de vidrio en alguno o varios de los deflectores (véase figura 5.10).

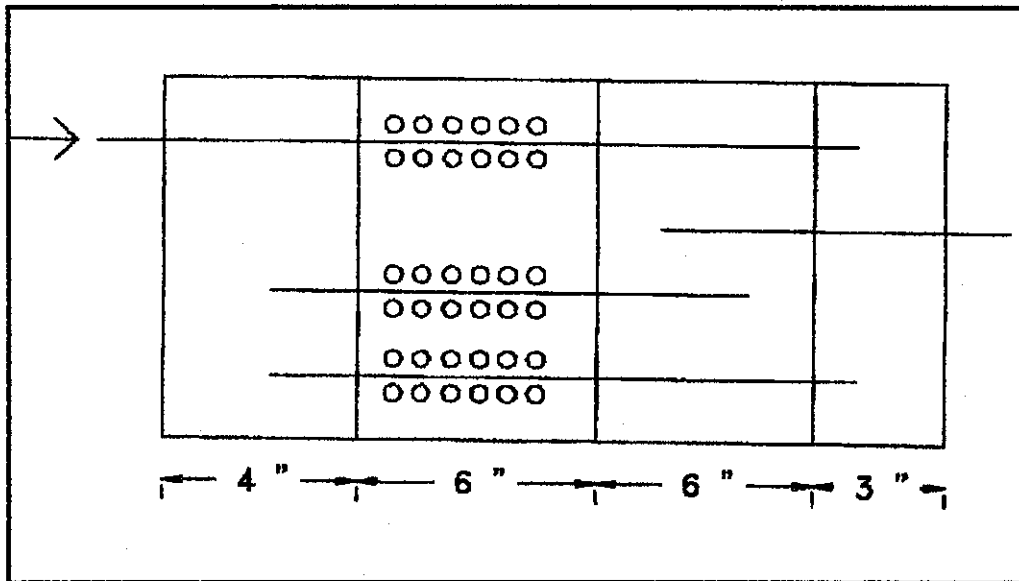


Figura 5.9

Los deflectores pueden variar desde dos hasta cinco recámaras, dependiendo del cilindraje del motor, para lograr una buena expansión del flujo.

Existen silenciadores especiales utilizados en motores de alto rendimiento, a los cuales se denomina "Silenciadores de restricción limitada", diferenciándose de los convencionales, en que el diámetro de su tubería es mayor y mejora el flujo de los gases, debido a que no presenta excesivos cambios de la dirección del flujo y disminuye la presión debido al aumento del área de flujo (véase figura 5.11).

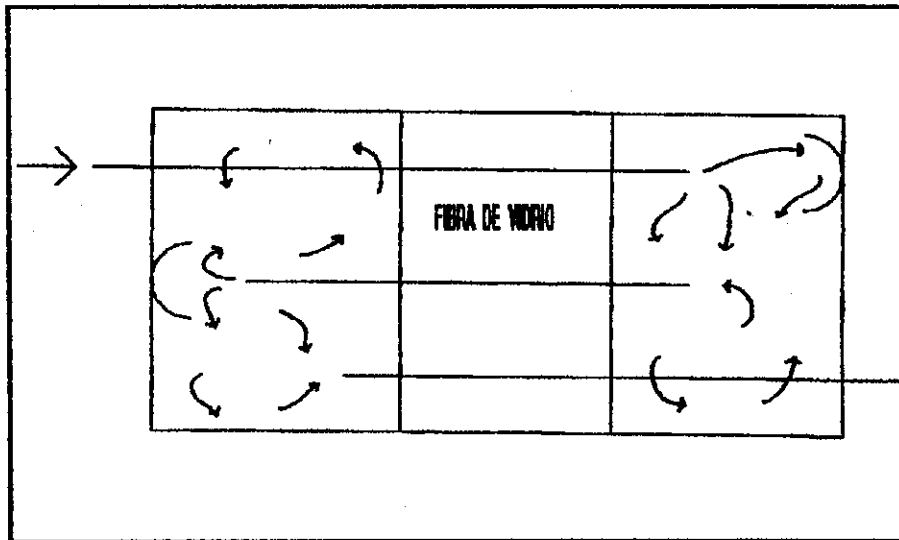


Figura 5.10

Algunos diseños utilizan fibra de vidrio como amortiguador del ruido.

Cuando el diseño requiere un silenciador de gran tamaño, el cual no puede ser acomodado por falta de espacio, se hace necesario la utilización de un antidetonante (véase sección 5.1), el que actúa como un sistema auxiliar.

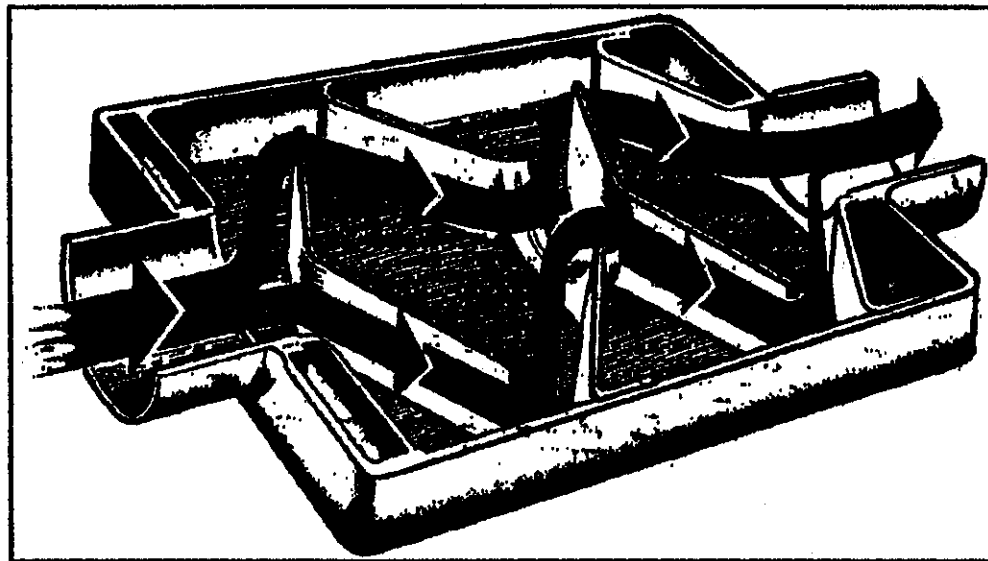


Figura 5.11

Los silenciadores de restricción limitada, mejoran el flujo de los gases.

5.3.1.2 Disminución del ruido

Con relación a la disminución del ruido, que es uno de los objetivos del silenciador (véase página 53), es necesario absorber las ondas sonoras (en el caso de los antidetonantes) o anularlas por interferencia con otras, procedentes de la misma fuente (en el caso de los silenciadores).

Para absorber las ondas sonoras en los antidetonantes, estas ondas que viajan conjuntamente con los gases de escape, son introducidas en la fibra de vidrio, amortiguando el ruido y disminuyendo la velocidad de los gases (véase figura 5.12), para lo cual se hacen agujeros de un diámetro aproximado de $\frac{1}{8}$ de pulgada en el tubo del antidetonante, con el objeto de que la fibra de vidrio no se salga con el flujo de los gases, hacia la atmósfera.

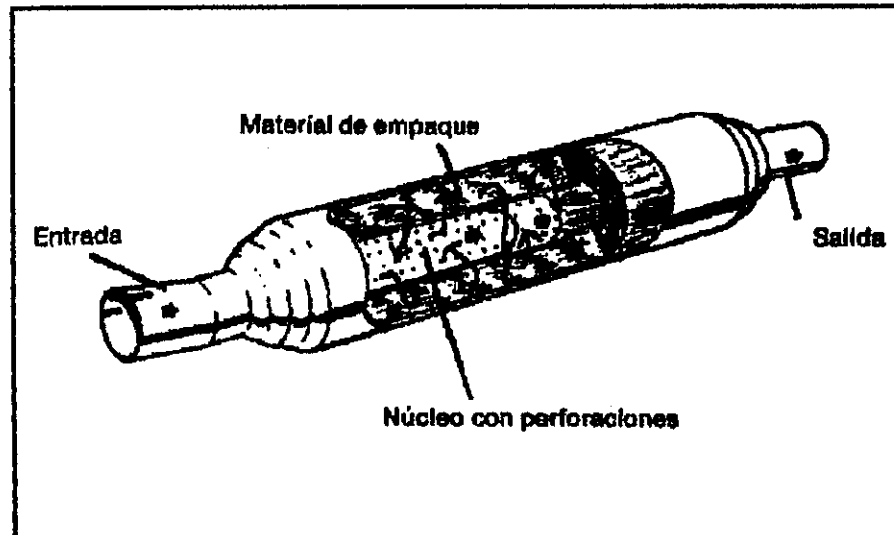


Figura 5.12

Antidetonante de flujo directo, con fibra de vidrio para observar las ondas sonoras.

En los silenciadores de flujo inverso, se aprovechan las recámaras de expansión, para convertirlas en pantallas acústicas, que utilizan agujeros, diseñados para separar los gases en varias partes (dependiendo el diseño) y por ende, las ondas sonoras, para luego unirlos, solamente que desfasadas antes de abandonar el silenciador y así reducir el ruido producido por la combustión (véase figura 5.13).

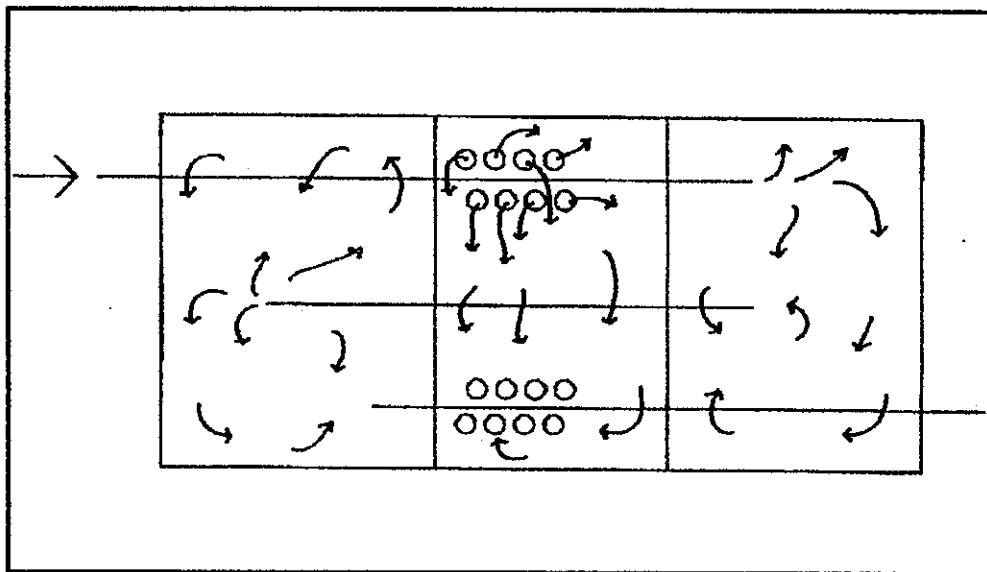


Figura 5.13

La reducción del ruido se produce por el desfase de las ondas sonoras.

Un buen diseño de las pantallas acústicas, produce un mínimo incremento de la contrapresión, por lo que es importante que los productores nacionales, fabriquen un adecuado sistema (silenciadores y tuberías) de acuerdo a los requerimientos del motor específico (véase apéndice "C").

5.3.1.3 Silenciadores electrónicos

Con los avances de la tecnología y la visualización de que el silenciador, es una parte importante del tren de potencia y su diseño es crítico para el rendimiento del motor, los ensayos de laboratorio han logrado efectuar un diseño electrónico, para anular el ruido en el escape y minimizar la contrapresión.

El principio de los silenciadores electrónicos, es el siguiente: un micrófono capta el patrón de las ondas sonoras que el motor emite de los puertos de escape. Los datos son analizados por una computadora, la que produce instantáneamente un patrón de imagen de espejo predictivo de pulsos y lo envía a parlantes montados en la salida del escape, creando contraondas que eliminan el ruido, mejorando el control de éste (véase figura 5.14). La idea se basa en una interferencia destructiva, debido a un choque de ondas sonoras, eliminándose entre sí.

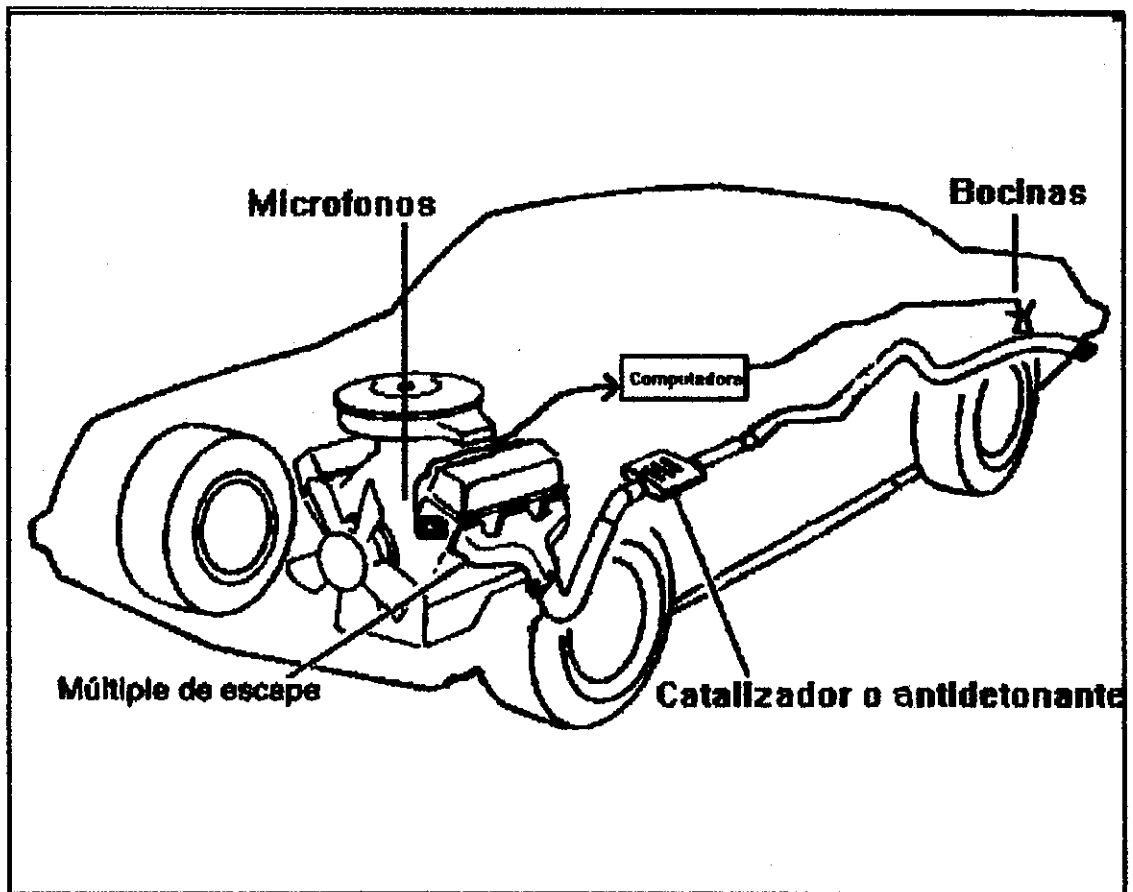


Figura 5.14
Esquema del silenciador electrónico.

Es efectivo, ya que se elimina la energía del sonido, quedando solamente el calor de bajo nivel. El sistema presenta un buen funcionamiento para sonidos de baja frecuencia, por lo que necesita un pequeño antidetonante, para soportar las altas frecuencias (500 - 600 Hz), mejorando el espacio que necesita el sistema y lo hace más aerodinámico.

Las pruebas de laboratorio, establecen que con el silenciador electrónico, se reduce en un 80% las contrapresiones, mejorando la potencia entre un 2% y un 5% de la potencia disponible.

5.3.2 Efecto de contrapresiones

Un aumento de la contrapresión, se puede presentar por un aumento de la velocidad de los gases, debido a una reducción en el área de flujo de los gases.

Un aumento de 1 psi, produce una disminución aproximada de 4% de la potencia disponible y producirá una disminución en la eficiencia del motor; ésto, hace importante que se fabriquen adecuadamente los sistemas de escape, desde el múltiple de escape, hasta el silenciador y la tubería.

Ejemplo:

Datos:

Potencia = 105 hp = 75600 N.m/seg

Longitud = 3 mts.

Presión inicial = 17 MPa

Tiempo = 1.1 seg.

Area = 15.52 cm²

Aumento por contrapresión 1 psi = 7045.5 N/m²

Solución:

$$\text{Potencia} = p \cdot A \cdot L / t$$

$$p = 17000000 - 7045.5$$

$$p = 16992954.5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Potencia} = 16992954.5 \times 0.001552 \times 3 / 1.1$$

$$\text{Potencia} = 71926.5 \text{ N.m/seg}$$

$$75600 \text{ N.m/seg} \text{ ----- } 100\%$$

$$71927 \text{ N.m/seg} \text{ ----- } x$$

$$x = 95.1\%$$

La disminución de la potencia por 1 psi de contrapresión, equivale a 4.8% de la misma.

5.4 Dimensiones de tubería

Como se mencionó anteriormente, el flujo de los gases, debe estar libre de interrupciones que puedan afectar su recorrido. Por ejemplo, las uniones que presenten desalineamiento, reducirán el área efectiva y por lo tanto, reducirán la potencia máxima del motor. Además, las curvas presentes a lo largo de toda la tubería, no deben perder su forma circular, ya que esto, también variaría el área efectiva del flujo de gases (véase figura 5.15).

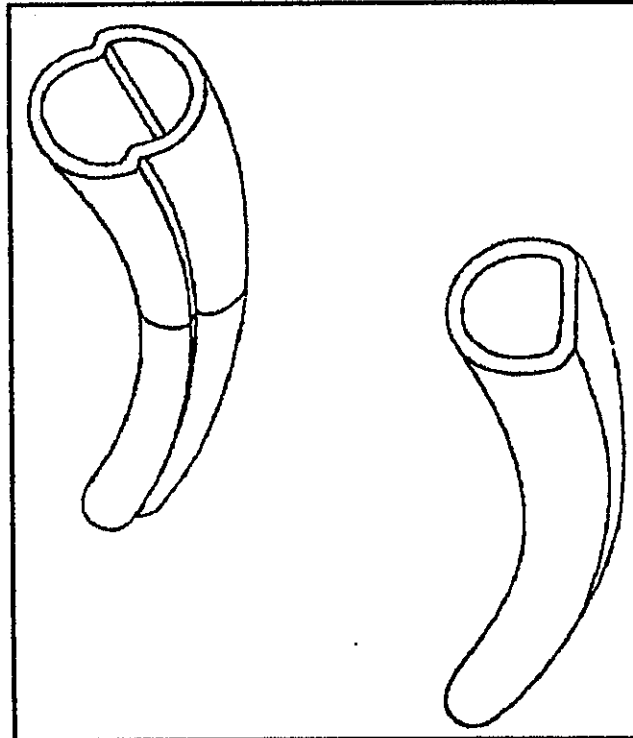


Figura 5.15

Las uniones desalineadas, y la deformación de la tubería reduce la potencia del motor.

Es importante, que el proceso de deformación de la tubería, el cual sirve para que ocupe el menor y mejor lugar debajo del vehículo, se efectue a temperatura ambiente; ya que en algunas empresas de nuestro país, se efectúa este proceso, mediante trabajos en caliente; lo que reduce la vida útil de la tubería y eleva el costo de mantenimiento.

Para la producción de las tuberías de escape, existe maquinaria especializada, la cual consiste en sistemas hidráulicos diseñados para satisfacer los requerimientos de espacio y deformación, dependiendo del tipo de vehículo que se trabaje (véase figura 5.16).

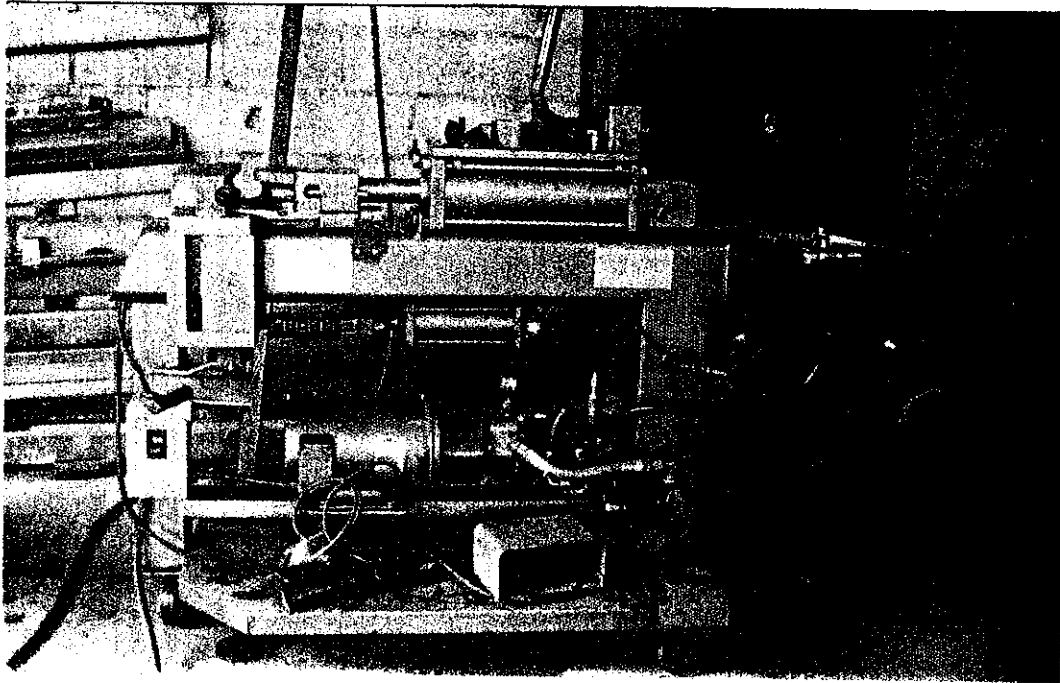


Figura 5.16

Esquema de una maquina hidráulica, para la producción de tuberías de escape.

Si un vehículo viene diseñado por su fabricante, con un diámetro de tubería de $1\frac{3}{4}$ " , y al momento de reponer la tubería dañada o que ya llegó a su vida útil, se le instala con un diámetro de $1\frac{1}{2}$ " , que equivale a una reducción de 0.25 pulgadas. en su diámetro; estaremos reduciendo la potencia del motor en un 4% (lo que equivale también a un aumento de la contrapresión de 1 psi).

El objetivo de las tuberías, además, de evacuar los gases, es de mantener la potencia del motor o evitar ciertas pérdidas en el sistema, para lo cual tenemos la opción de los silenciadores de restricción limitada (véase sección 5.3.1.1) y en las tuberías, tenemos los " headers " (o tubo colector), el que consiste en tubos de acero, que sustituyen al múltiple de escape (véase figura 5.17).

La ventaja de los "headers" consiste, en un aumento en la longitud de los tubos que evacuan los gases que salen de cada puerto de escape, y evitan la pérdida que existe por la turbulencia provocada en el encuentro repentino de cada cámara de combustión en un tiempo limitado. Mientras la longitud de los conductos del múltiple de escape es de 15 a 20 cms., la longitud de los "headers" es de 60 a 100 cms. Esto hace que la potencia se eleve aproximadamente 13%.

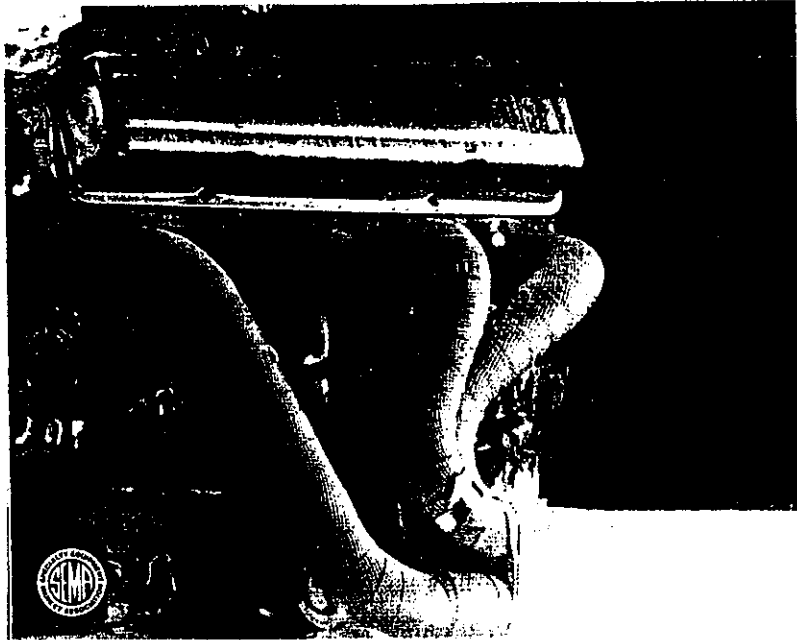


Figura 5.17

Los headers sustituyen al múltiple de escape con el objeto de disminuir las pérdidas de potencia, producida por turbulencia en el múltiple.

6. Análisis beneficio-costo de la utilización de catalizadores en el medio ambiente nacional

Sin duda la aplicación de los métodos de control de emisiones (véase sección 1.4.3), traen un beneficio al ser humano, debido a que mejora las condiciones de medio ambiente, aminora los efectos dañinos a la infraestructura, evita la lluvia ácida y la elevación de los niveles de ozono; además, evita los cambios severos del clima, y las futuras generaciones tendran un planeta con menos daños al ecosistema.

Debido a la falta de una legislación adecuada y un estricto control del estado operativo de los sistemas de control de emisiones, existe una demanda baja de catalizadores en el mercado nacional, por lo que el precio promedio²¹ es alto, pero cuando entre en vigor la nueva ley (véase capítulo 2), habrá una comercialización mayor de este producto, y por lo tanto, el precio promedio será menor.

Apesar de que, la inversión inicial del catalizador es alta, se puede recuperar parte de ella, debido a que los elementos de la fase activa del catalizador (véase página 34), se pueden aprovechar sometiendo a procesos químicos en los cuales se extraen, y sirven para diversas utilidades, tal es el caso del platino, que sirve para objetos decorativos. Los catalizadores son recolectados y enviados a países donde se efectúan estos procesos, por lo que es una forma de recuperar la inversión, dándole un valor en el mercado de reciclaje.

Además, el consumo de combustible se aminora, debido a que los desajustes provocados por la alteración de los sistemas de control de emisiones se descartan, con la utilización legislada de estos sistemas. También los costos de mantenimiento se reducen y la vida útil de los vehículos se eleva.

²¹ Establecemos precio promedio, debido a que el precio puede variar en determinado momento, de acuerdo a las variaciones del mercado internacional.

6.1 Sin utilización de catalizador

Para el análisis beneficio-costos de la utilización de un vehículo sin catalizador, especificaremos cada uno de los beneficios, desbeneficios y costos; en el entendido de que lo efectuaremos para establecer si el propietario del vehículo será beneficiado o no, y que los costos incurrirán en la población.

Debido a que existen parámetros a los que sería difícil darles un valor numérico en términos de dinero, le daremos valores numéricos de ponderación con base a la importancia que presentan. En algunos casos, sí, se efectúan los cálculos en términos de dinero, solamente para observar las diferencias reales, pero para el análisis se tomarán las ponderaciones asignadas.

Beneficios:

- No existe inversión inicial en un catalizador, debido a que no lo utilizaremos en este caso. Ponderación = 10
- No hay catalizador al cual darle mantenimiento. Ponderación = 10
- No existirán multas por infringir leyes relacionadas con los catalizadores. Ponderación = 10

Desbeneficios:

- Hay un aumento en los costos de mantenimiento, debido al desgaste producido por los desajustes provocados al motor en el momento de eliminar el catalizador. Ponderación = 8
- Existe una reducción a la vida útil del vehículo, por el desgaste excesivo. Ponderación = 8

- Se eleva el consumo de combustible, debido a los desajustes producidos por la eliminación del catalizador. Ponderación = 10

Ejemplo:

Datos:

Costo del combustible = 11 Q/galón
Recorrido promedio = 11250 mi/año
Consumo promedio sin catalizador = 25 mi/galón

Solución:

Costo por milla = $11/25 = 0.44$ Q/mi
Costo anual = $0.44 \times 11250 = 4950$ Q/año

Costo:

- Destrucción del medio ambiente, por elevadas emisiones en la atmósfera. Ponderación = 10
- Elevados costos por enfermedades respiratorias. Ponderación = 10
- Bajo rendimiento escolar y en el trabajo en futuras generaciones. Ponderación = 10
- Elevación del costo de la agricultura por disminución en la producción debido a la lluvia ácida y el ozono. Ponderación = 10
- Pérdida de la biodiversidad. Ponderación = 10
- Cambios climáticos por la destrucción de la capa de ozono. Ponderación = 10
- Deterioro de los edificios y monumentos. Ponderación = 8

$$B/C = (\text{Beneficios} - \text{Desbeneficios})/\text{Costo}$$

$$B/C = (30 - 26)/68$$

$$B/C = 0.058$$

6.2 Con utilización de catalizador

De la misma forma que se efectuó el análisis anterior, realizaremos los cálculos de la relación beneficio-costos, para los vehículos que utilizan catalizador (véase tabla 6.1).

Beneficios:

- Conservación del medio ambiente, debido a la disminución de elementos nocivos a la salud. Ponderación = 10
- Una disminución en la contaminación atmosférica para futuras generaciones. Ponderación = 10
- Reducción en los costos de mantenimiento, debido a que no se producen desajustes en el motor, los cuales producirían un excesivo desgaste. Ponderación = 8
- Una mayor vida útil del vehículo, ya que no existirá desgaste excesivo, debido a desajustes. Ponderación = 8
- Recuperación de la inversión inicial del catalizador, debido a que algunos de sus elementos todavía son utilizables. Ponderación = 8
- Reducción en el consumo, de alrededor del 12% con la utilización del catalizador. Ponderación = 10

Ejemplo:

Datos:

Costo del combustible = 11 Q/galón
Recorrido promedio = 11250 mi/año
Consumo promedio con catalizador = 28 mi/galón

Solución:

Consumo por milla = $11/28 = 0.39$ Q/mi
Costo anual = $0.39 \times 11250 = 4419$ Q/año

Puede observarse que con el 13% de ahorro de combustible (debido a la utilización del catalizador), se tiene un ahorro anual en combustible de 531 quetzales al año.

Desbeneficios:

- Alto costo de la inversión inicial. Ponderación = 10
- Costo de revisiones periódicas, debido a las leyes aprobadas. Ponderación = 8
- Costo por multas, por infringir las leyes sobre catalizadores. Ponderación = 10

Costo:

- Elevación de los precios de venta de los productos, debido a que se elevan los costos de operación. Ponderación = 6
- Aumento en el costo de adquisición de los vehículos, tanto rodados como los de agencia, debido a la legislación, en donde se requieren los sistemas de control de emisiones en buen estado. Ponderación = 8

$$B/C = (54 - 28) / 14$$

$$B/C = 1.85$$

La relación B/C sin la utilización de catalizador es de 0.058, lo cual es menor que 1, entonces, el proyecto no es económicamente ventajoso; mientras que la relación B/C con la utilización de catalizador es de 1.85, siendo mayor que 1, podemos decir que será económicamente ventajoso el proyecto, con la utilización del catalizador para el propietario del vehículo.

Claramente, la utilización del catalizador, es también ventajoso en términos de los beneficios para la salud y el planeta. El interés del análisis, es presentar las ventajas económicas para el propietario, que cree que no le presenta ningún beneficio la implementación de los sistemas de control de emisiones.

CON CATALIZADOR		SIN CATALIZADOR	
BENEFICIOS		BENEFICIOS	
Inversión Inicial	10	Conservación del ambiente	10
Mantenimiento	10	Contaminación atmosférica	10
Multas	10	Costo de mantenimiento	8
DESBENEFICIOS		DESBENEFICIOS	
Costo mantenimiento	8	Vida útil	8
Vida útil	8	Recuper. inversión inicial	8
Consumo de combustible	10	Consumo de combustible	10
COSTO		DESBENEFICIOS	
Destrucción del ambiente	10	Inversión inicial	10
Enfermedades respiratorias	10	Revisiones periódicas	8
Rendimiento escolar	10	Multas	10
Producción de agricultura	10	COSTOS	
Perdida biodiversidad	10	Economía	6
Cambios climáticos	10	Costo de los vehículos	8
Deterioro de edificios	8		

Tabla 6.1

Matriz de ponderaciones de los parámetros establecidos para el análisis beneficio-costo de la utilización de catalizadores.

CONCLUSIONES

- 1.- La importancia de controlar el nivel de emisiones contaminantes producida por las fuentes móviles radica en que estas producen el 70% de la contaminación atmosférica a nivel mundial.
- 2.- Actualmente el incremento de los vehículos "rodados", los que cuentan con controles de emisiones, hace pensar en un beneficio en cuanto a contaminación se refiere, pero no es así, ya que los desajustes y la falta de mantenimiento que se presentan en nuestro país por falta de capacitación técnica, aumenta el problema a un nivel mucho más alto.
- 3.- En Guatemala se ha logrado establecer un acuerdo gubernativo en relación al control de emisiones, donde se regulan los límites establecidos por la Comunidad Europea; para la ley donde se legisla la utilización de catalizadores, a la cual no se le había dado seguimiento.
- 4.- Existe falta de programas informativos sobre los beneficios que presentan los sistemas de control de emisiones, y de las leyes actuales que rigen su utilización; un ejemplo es el actual Reglamento, el que fue publicado en el diario oficial, pero no se publica en los medio de comunicación televisivos.
- 5.- Los catalizadores necesitan un sencillo mantenimiento, pero el costo actual en el mercado, hace que se deje por un lado su reposición en el momento de estar dañado, sin tomar en cuenta que se estara incurriendo en un daño mayor al motor, ya que obstruirá completa o parcialmente el flujo de los gases de la combustión; pero cuando se establezca una verificación legislada habra una mejor comercialización de los catalizadores y por lo tanto el precio promedio será menor al actual.
- 6.- Es importante que no se deje de tener presente la importancia del sistema de escape en general, ya que cualquier deficiencia en él incurrirá en serios daños al motor, disminuyendo su vida útil. Los fabricantes nacionales deben hacer conciencia de producir sistemas de buena calidad, ya que de ello depende el buen funcionamiento de nuestros motores, por ejemplo elevar en 1 psi. la contrapresión en el escape debido a un mal diseño producirá 4% de pérdida de la potencia instalada de un motor.

RECOMENDACIONES

1.- Antes de que inicie la verificación del Reglamento Control de Emisiones Vehiculares, deben revisarse y efectuarse el debido mantenimiento a los vehículos, para evitar limitaciones de tiempo cuando inicie el proceso de verificación.

2.- Los talleres interesados en realizar los controles deben iniciar la capacitación de su personal y analizar la inversión inicial del equipo requerido para este proceso.

3.- Con relación al sistema de escape, debemos efectuar el mantenimiento en talleres especializados y que además cuenten con un buen departamento de diseño y desarrollo, para evitar daños a los motores.

4.- Dentro del nuevo Reglamento de Control de Emisiones, se debería introducir una ley que regule la fabricación de silenciadores, ya que es un parámetro que puede influir en la producción de contaminación, debido a los problemas de contrapresiones en el motor.

5.- El beneficio de la utilización de los controles de emisiones es indudable y aún más la utilización del catalizador; por lo que " No deje que le quiten el catalizador a su vehículo ".

BIBLIOGRAFIA

BAUMEISTER, Theodore. et. al. **Manual del Ingeniero Mecánico**. Segunda edición en español. México: Editorial Mc Graw Hill. 1993. Tomo 2. 9,1 - 9,162 pp.

BICKEL, Jon y FRUH, Ricardo. **Control de Emisiones de Gases**. Costa Rica: Editorial Los Sauces. 1994. 24 pp.

BLANK, Leland y TERQUIN, Anthony. **Ingeniería Económica**. MENDOZA, Freddy. Tercera edición. Colombia: Editorial Mc Graw Hill. 1991. 205 - 219 pp.

BLUE BOY. **Manual de Servicio**. s.l.i. s.p.i. s.f. 25 pp.

BROWN, Theodore y LEMAY, Eugene. **Química la Ciencia Central**. ARISTONDO, Guillermo. Tercera edición en español. México: Editorial Prentice Hall. 1987. 885 pp.

▪ **Catalizador elimina el humo negro** ▪. Prensa Libre. (Guatemala). 23 noviembre de 1988. p. 14.

CHILTON. **Manual de Reparaciones y Mantenimiento**. DIEZ, Alonso. México: Editorial Centrum. 1992. 1201 pp.

DELGADO, L.A. **Curso de Mecánica Automotriz**. México: Editorial Yolva S.A. 1988. 79 pp.

▪ **El Gran Escape** ▪. Catálogo de silenciadores. Guatemala. 1996. 20 pp.

▪ **Escape** ▪. Auto & Truck. Volúmen 72. Número 3. 1995. pp. 20, 62 - 65.

FUENTES, Sergio y DIAZ, Gabriela. **Catalizadores**. México: Editorial Progreso. 1988. 93 pp.

▪ **Las consecuencias del calentamiento de la tierra** ▪. Prensa Libre. (Guatemala). 18 julio de 1996. p 20.

LEY DE TRANSITO DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA. Guatemala. 1996.

▪ **Modernización del Programa de Verificación Vehicular de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México** ▪. México: s.p.i. 1994. 45 pp.

▪ **Monitoreo de emisiones automotoras** ▪. Escuela de Química. Facultad de Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. s.p.i 1995. 10 pp.

RESNICK, Robert y HALLIDAY, David. **Física**. Tomo 2. México: Editorial CECSA. 1992. pp. 449 - 461.

▪ **sistema de monitoreo de aire** ▪. BOLETINE. Número 7. 15 octubre de 1993. 7 pp.

VAN WYLEN, Gordon y SONNTAG, Richard. **Fundamentos de Termodinámica**. México: Editorial Limusa. 1990. 723 pp.

APENDICE " A "

Reglamento de control de emisiones Acuerdo Gubernativo No. 14-97

Considerando

Que a partir del mes de mayo de mil novecientos noventa y uno, Guatemala importa gasolina sin plomo, con lo cual se ha logrado eliminar casi totalmente la presencia de plomo en la atmósfera; sin embargo, se hace necesario eliminar otros contaminantes producidos por motores de combustión interna, por lo cual es urgente emitir las disposiciones de control tendientes a la solución de dicha problemática y así mejorar la calidad del aire.

Por lo tanto

En el ejercicio de la facultad que le confiere el artículo 183, inciso "e", de la Constitución Política de la República de Guatemala y el artículo 14 del Decreto 68-86 del Congreso de la República.

Acuerda

El siguiente Reglamento para el control de emisiones de gases de los vehículos automotores accionados por motores de combustión interna.

Capítulo 1 Disposiciones Generales

Artículo 1. Obligatoriedad. Para que un vehículo automotor pueda circular por las vías públicas, es obligatorio que posea el respectivo Certificado de Control de Emisiones, la Calcomanía de Control de Emisiones y que su automotor no emita niveles de contaminación que excedan los límites permisibles establecidos en este Reglamento. Se fija el plazo de un año, contado a partir del día en que cobre vigencia este Reglamento, para que se obtenga el Certificado y la Calcomanía de Control de Emisiones o en su caso se ajusten o reparen los vehículos automotores para cumplir con las disposiciones de este artículo.

Se exceptúan de la aplicación del presente Reglamento los tractores y maquinaria agrícola, industrial y de construcción diseñados para uso fuera de carretera, los vehículos de carreras y las motocicletas con motor de cuatro tiempos.

Artículo 2. Prohibición especial. A partir del uno de enero del mil novecientos noventa y ocho se prohíbe el ingreso al país, de vehículos automotores con motores de dos tiempos que utilicen combustible gasolina y que no estén equipados con sistema de autolubricación.

Se prohíbe la circulación de vehículos automotores con motor de dos tiempos ingresados al país en forma definitiva a partir del uno de enero de mil novecientos noventa y ocho en adelante, que no tengan un sistema de autolubricación en perfecto estado de funcionamiento.

Artículo 3. Sistema de control de emisiones. Todos los vehículos automotores que ingresen al país a partir de la fecha de vigencia de este Reglamento deben contar con un sistema de control de emisiones en perfecto estado de funcionamiento.

Capítulo 2 Del Funcionamiento de los Controles de Emisiones

Artículo 4. Comisión de control de emisiones. Para los efectos de aplicación del presente Reglamento, se nombrará una Comisión de Control de Emisiones, que se integrará de la siguiente forma: un representante de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, quién la presidirá; un representante del Departamento de Tránsito; un representante del sector privado organizado vinculado con la actividad automotriz; dos asesores nombrados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Los integrantes de la Comisión de Control de Emisiones y los asesores nombrados, devengarán dietas que se fijarán a través de CONAMA.

Artículo 5. Autoriación de los centros de control de emisiones y de las empresas controladoras. La Comisión de Control de Emisiones autorizará la operación de los centros de control y de una o varias empresas controladoras que cumplan con las disposiciones del presente Reglamento, dentro de los tres meses posteriores a su vigencia, asignándole a cada uno su respectivo código de autorización.

La verificación del funcionamiento de los vehículos automotores en lo referente a las emisiones de gases, se efectuará a través de uno o varios centros de control de emisiones, y/o empresas controladoras privadas. Los centros de control de emisiones autorizados para realizar las pruebas de emisiones vehiculares podrá realizar trabajos de reparación o de mantenimiento de vehículos.

Artículo 6. Requisitos para operación de los centros de control de emisiones. Los centros de control de emisiones deberán estar debidamente autorizados conforme las normas del presente Reglamento y presentar la respectiva patente de comercio, el número de contribuyente al impuesto al valor agregado -IVA- y contar con una planta física adecuada y con equipos autorizados por la Comisión de Control de Emisiones, en adecuado estado de funcionamiento y calibración constante, para la medición de monóxido de carbono, hidrocarburos, bióxido de carbono y oxígeno, para el control de emisiones de los motores que funcione con combustible diesel. Estos equipos deberán transmitir e imprimir automáticamente y sin interferencia humana los datos resultantes de las mediciones.

Artículo 7. Revisión de los equipos para la medición de contaminantes. La calibración de los equipos para la medición de contaminantes de diesel y gasolina deberá realizarse en forma periódica, por lo menos una vez al mes, bajo la supervisión de la o las empresas controladoras a que se refiere el presente Reglamento.

Artículo 8. De la planta física y personal técnico. Los centros de control de emisiones deberán contar con una adecuada planta física y con personal técnicamente calificado y certificado para el manejo de los equipos y la realización de las pruebas de control de emisiones.

Los técnicos autorizados para realizar pruebas de control de emisiones de gases deberán estar inscritos en el Registro de técnicos, que para el fin levante la Comisión de Control de Emisiones. Además, deberán asistir a los cursos técnicos que la Comisión de Control de Emisiones requiera y aprobarlos.

Artículo 9. Expedición del certificado de control de emisiones. Después de realizar cada prueba de control de emisiones, el centro de control de emisiones, que la realice extenderá un certificado de control de emisiones, en donde se indicarán los niveles de emisiones del vehículo, los cuales serán impresos automáticamente. Adicionalmente, extenderá una calcomanía de control de emisiones.

El técnico autorizado que realice la prueba deberá firmar y sellar el certificado de control de emisiones bajo su responsabilidad.

El certificado de control de emisiones se hará en formato único diseñado por la comisión de control de emisiones y contendrá los siguientes datos: Número de certificado, número de calcomanía, código de autorización del taller, año modelo, fecha de ingreso del vehículo al

país, fecha de emisión del certificado, fecha de vencimiento del certificado, número de identificación del vehículo, número de placa del vehículo, kilometraje del vehículo, tipo de combustible utilizado por el motor, nombre del responsable del respectivo centro de control de emisiones que emite el certificado y espacio para el sello y para la firma del responsable.

Artículo 10. De la calcomanía del control de emisiones. La calcomanía del control de emisiones se hará en formato único diseñado por la Comisión de Control de Emisiones con numeración corrida.

CONAMA será la encargada de contratar la impresión de los certificados y las calcomanías de control de emisiones y distribuirlos a los centros de control de emisiones. La calcomanía de control de emisiones deberá ser colocada en la esquina inferior derecha del vidrio delantero del vehículo.

Artículo 11. El certificado y la calcomanía de control de emisiones, tendrán validez de un año, excepto para aquellos vehículos dedicados al transporte comercial o colectivo de personas, para los cuales tendrán validez de seis meses. Estos deberán obtenerse durante el mes del año que corresponde al de la emisión de la tarjeta de solvencia y seis meses después en el caso de aquellos dedicados al transporte comercial o colectivo de personas. Los propietarios de vehículos que son llevados a revisión en el mes que les corresponde pero no obtienen el certificado y la calcomanía de control de emisiones podrán regresar en un mes distinto al indicado.

Artículo 12. De la supervisión y el control de los centros de control de emisiones. La supervisión de los centros de control de emisiones se hará por medio de una o varias empresas controladoras privadas autorizadas por CONAMA, previa recomendación técnica y evaluación de la Comisión de Control de Emisiones, que redactará el contrato conteniendo las normas técnicas dentro de los tres meses posteriores a la vigencia de este Reglamento.

Artículo 13. Del procedimiento de los controles en los vehículos. Las empresas controladoras estarán encargadas de realizar selectivamente, controles en las vías públicas a los vehículos. En estos controles se exigirán: el certificado y la calcomanía de control de emisiones los que se harán sin costo alguno para el usuario y se hará una prueba de emisiones, utilizando para ello equipos de medición que impriman los datos automáticamente y sin interferencia humana.

Los funcionarios de la empresa controladora se harán acompañar por uno o varios agentes del Departamento de Tránsito quienes estarán encargados de hacer el alto a los vehículos a los cuales se harán las pruebas de emisiones y en caso de infracción apoyar a los funcionarios de la empresa controladora. En este caso, el agente del Departamento de Tránsito o policía emitirá la multa respectiva, además de retener las placas de circulación del vehículo, si se produce infracción en cuanto a emisiones de acuerdo con el resultado de la medición de las mismas. El infractor deberá corregir el estado del vehículo y contará con un plazo de quince días para presentar a la empresa controladora el certificado de control de emisiones, obtenido en cualquiera de los centros de control de emisiones. La empresa controladora podrá realizar nuevamente un control de emisiones para verificar el buen estado del vehículo. La empresa controladora, previa exhibición del certificado de control de emisiones y del comprobante de pago de la multa respectiva, devolverá las placas de circulación retenidas.

Las sanciones establecidas en este Reglamento serán impluestas por CONAMA, ante la cual deberá cursarse la denuncia. El recibo de la multa deberá ser acompañado de la impresión de la prueba de emisiones que se realice.

Artículo 14. Funciones de la comisión de control de emisiones. La comisión tendrá las siguientes funciones:

a) Establecer los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para la aplicación del presente Reglamento, incluyendo las autorizaciones y los contratos de los centros de control de emisiones y de las empresas controladoras, así como el diseño, impresión y distribución de los certificados y calcomanías de control de emisiones.

b) Mantener una relación de coordinación permanente con los entes públicos y privados dedicados a la preservación del medio ambiente y también con aquellos dedicados a hacer otro tipo de control de los vehículos tales como verificaciones para internar los vehículos al país, inspecciones de seguridad y otras.

c) Proponer revisiones de los límites permisibles con el objeto de actualizarlos de acuerdo a los cambios de tecnología. En el caso del humo (partículas), monóxido de carbono y de los hidrocarburos estos límites solamente podrán ser menores que los establecidos en este Reglamento. Esta restricción no se aplica en el caso del bióxido de carbono; y

d) Las funciones que sean necesarias para la aplicación del presente Reglamento.

Artículo 15. Prohibiciones para los vehículos con motor de diesel. Se prohíbe que los vehículos automotores que utilicen combustible diesel para su funcionamiento, o bien diesel mezclado con otros combustibles, emitan partículas que excedan los siguientes límites:

I) Los vehículos ingresados al país antes del uno de enero del año 2,000, y durante su funcionamiento no deberán emitir humo cuya capacidad exceda los porcentajes a continuación indicados, o su factor k (m^3) equivalente en cada caso, así:

a) Para los vehículos cuyo peso bruto sea menor que 3.5 toneladas métricas, el nivel máximo de opacidad permitida es de 70%, excepto para aquellos vehículos que funcionan con motores diesel turboalimentados, cuyo límite de emisión no podrá superar el 80% de opacidad.

b) Para los vehículos cuyo peso bruto sea mayor o igual a 3.5 toneladas métricas, el nivel máximo de opacidad permitida es de 80%.

II) Los vehículos ingresados al país en forma definitiva a partir del uno de enero del año 2,000 durante su funcionamiento no deberán emitir humo cuya opacidad exceda los porcentajes a continuación indicados, o su factor k (m^3) equivalente a cada caso:

a) Para los vehículos cuyo peso bruto sea menor a 3.5 toneladas métricas, el nivel máximo de opacidad permitida es de 60%, excepto para aquellos vehículos que funcionan con motores diesel turboalimentados, cuyo límite de emisión no podrá superar el 70% de opacidad.

b) Para los vehículos cuyo peso bruto sea mayor o igual a 3.5 toneladas métricas, el nivel máximo de opacidad permitida es de 70%.

Artículo 16. Prohibición para vehículos con motor de ignición por chispa. Se prohíbe que los vehículos automotores provistos con motor de ignición por chispa que utilicen combustible gasolina, gas, alcohol y otras sustancias para su funcionamiento, cualquiera que sea su tipo o peso, que emitan gases contaminantes que excedan los límites establecidos así:

a) Los vehículos ingresados en forma definitiva al país antes del uno de enero de 1995, durante su funcionamiento no deberán emitir gases contaminantes afuera de los límites a continuación indicados: No deben producir emisiones que excedan al 4.5% de monóxido de carbono, ni 600 ppm de hidrocarburos. Tampoco podrán emitir bióxido de carbono en cantidades inferiores al 10.5%.

b) Los vehículos ingresados al país a partir del uno de enero de 1995 en forma definitiva, durante su funcionamiento no deberán emitir gases contaminantes afuera de los límites a continuación indicados: No deben emitir contaminantes que excedan al 0.5% de monóxido de carbono, ni 125 ppm de hidrocarburos. Tampoco en cantidades inferiores al 12%.

Artículo 17. Reparación de los vehículos por incumplimiento del presente Reglamento. En caso de que un vehículo no cumpla con los niveles permisibles de emisiones, deberá ser reparado previo a obtener el certificado de control de emisiones. Para el efecto, el propietario estará en libertad de reparar el vehículo donde así lo desee antes de someterlo en alguno de los centros de control de emisiones.

Capítulo 3 Sanciones

Artículo 18. Multas por remoción del sistema de control de emisiones. Los propietarios de los vehículos que remuevan cualquier parte del sistema de control de emisiones del mismo serán sancionados con una multa de Q 2,000.00.

Artículo 19. Multas por exceso en los valores de emisiones permisibles. Los propietarios de los vehículos que excedan los valores de emisiones permisibles en las revisiones selectivas que realicen las empresas controladoras, así como los propietarios de vehículos que se encuentren circulando sin el correspondiente certificado o calcomanía de control de emisiones, serán sancionados así:

a) Los vehículos livianos cuyo peso bruto sea menor a 3.5 toneladas métricas serán sancionados con una multa de Q 500.00.

b) Los vehículos livianos cuyo peso bruto sea mayor a 3.5 toneladas métricas serán sancionados con una multa de Q 1,000.00.

c) Los propietarios de los vehículos automotores con motor de dos tiempos cuyo sistema de autolubricación haya sido removido o no este funcionando correctamente serán sancionados con una multa de Q 1,250.00.

Artículo 20. Multas por importación de vehículos con infracción del presente Reglamento. Cualquier persona que importe vehículos y lo matricule infringiendo los preceptos de este Reglamento será sancionada con una multa de Q 6,000.00.

Artículo 21. Multa de los centros de control de emisiones y técnicos autorizados. Los centros de control de emisiones y los técnicos autorizados, que se demuestre emitan certificados de control de emisiones a vehículos que en el momento de la revisión no cumplan con los límites permisibles, o a vehículos que no reúnan los requerimientos establecidos por el artículo 1ro. de este Reglamento, o bien que su sistema de control de emisiones haya sido removido parcial o totalmente, serán sancionados, tanto el centro como el técnico autorizado, de la siguiente manera:

- a) La primera vez, una multa de Q 3,000.00
- b) La segunda vez, con una multa de Q 5,000.00
- c) La tercera vez, con una multa de Q 7,000.00 y la cancelación definitiva de la autorización para continuar operando, sin perjuicio de las responsabilidades civiles y penales conexas.

Artículo 22. Multa a los propietarios de los vehículos por incumplimiento en la revisión. Los propietarios de los vehículos que no sean llevados a la revisión previa a obtener el certificado y la calcomanía de control de emisiones en el mes que les corresponde serán sancionados con una multa de Q 50.00. Los centros de control de emisiones que extiendan certificados a vehículos que no hayan sido llevados a revisión en el mes que les corresponde serán sancionados con Q 50.00 a menos que el propietario demuestre que ya pagó la multa correspondiente.

Artículo 23. De la emisión de las multas. La multa respectiva además de retener las placas de circulación del vehículo, si se produce infracción en cuanto a emisiones de acuerdo con el resultado de la medición de las mismas. El infractor deberá corregir el estado del vehículo y contará con un plazo de quince días para presentar a la empresa controladora el certificado de control de emisiones, obtenido en cualquiera de los centros de control de emisiones. La empresa controladora podrá realizar nuevamente un control de emisiones para verificar el buen estado del vehículo. La empresa controladora, previa exhibición del certificado del control de emisiones y el comprobante de pago de la multa respectiva, devolverá las placas de circulación retenidas.

Capítulo 4 Disposiciones derogatorias finales

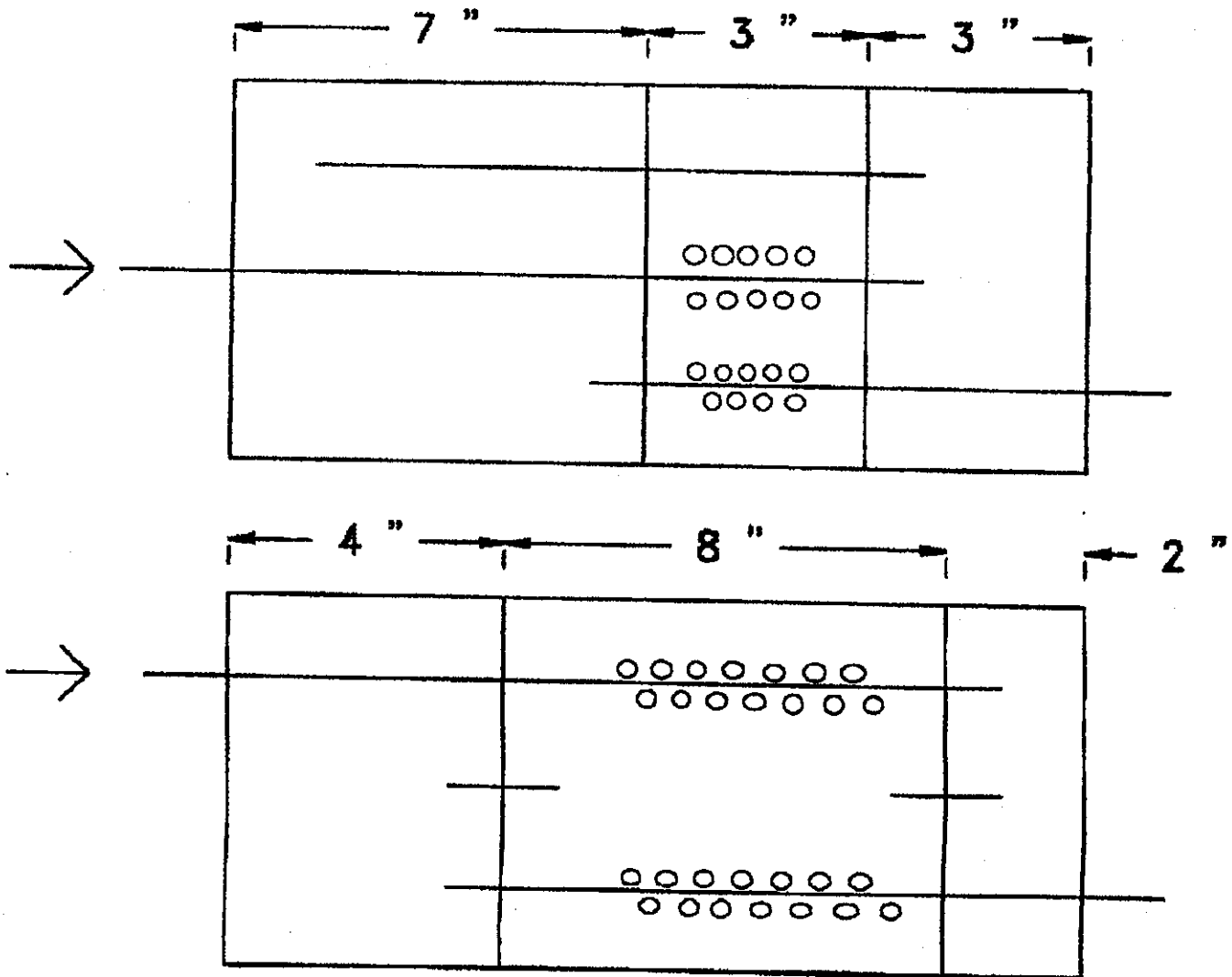
Artículo 24. Vigencia. El presente Acuerdo empezará a regir el día de su publicación en el Diario Oficial.

APENDICE " B "

Regulación de emisiones en algunos países con programa de verificación

REGULACIÓN	HC	CO	NO	CO2
Costa Rica	125 ppm	0.5%	800 ppm	
Suiza al 86	300 ppm	2.5 %		Menos 12%
Suiza al 87	200 ppm	1.0 %	800 ppm	Menos 12%
Suiza al 94	50 ppm	0.1 %	800 ppm	Menos 12%
Comunidad Europea al 86	125 ppm	4.5 %	800 ppm	Menos 12%
Comunidad Europea del 96	125 ppm	0.5 %	800 ppm	10.5%

APENDICE " C "
Diseños de silenciadores para vehículos con
Motores de 1500 cm³.



En Guatemala, las únicas fuentes donde se encuentran silenciadores que llenen todos los requerimientos de diseño son:

1. Ventas de repuestos donde importen silenciadores de origen norteamericano, japonés o mexicano.
2. Talleres " El Gran Escape", ubicado en la 20 Calle 2-21 zona 3, de fabricación nacional.