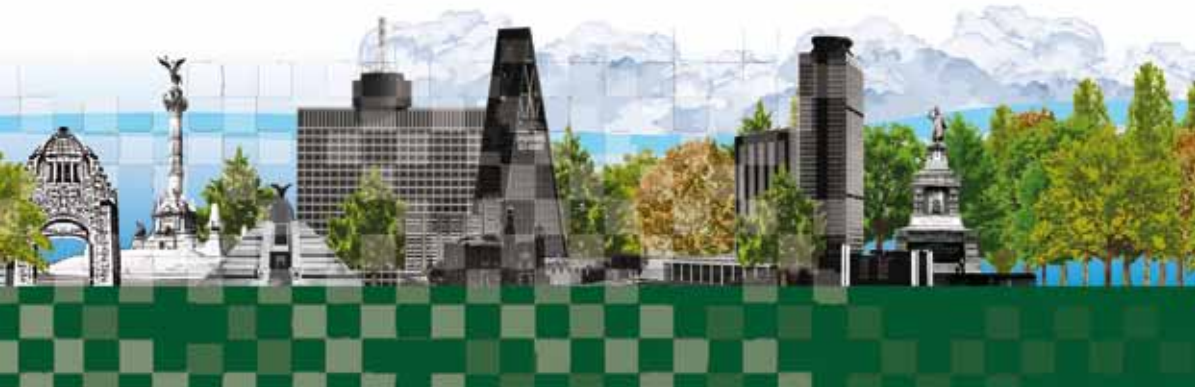
2006-2012

Secretaría del Medio Ambiente

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

LIBROS BLANCOS

MEJORAMIENTO AMBIENTAL DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES



DIRECTORIO

Marcelo Ebrard Casaubon
Jefe de Gobierno del Distrito Federal

Martha Delgado Peralta
Secretaria del Medio Ambiente

J. Víctor Hugo Páramo Figueroa
Director General de Gestión de la Calidad del Aire en el Distrito Federal

Sergio Zirath Hernández Villaseñor
Director de Transporte Sustentable y Fuentes Móviles

Armando Retama Hernández
Director de Monitoreo Atmosférico

Jorge Sarmiento Rentería
Director de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones

Participantes

Gloria Samantha Palma Rodríguez • Sara Reynalda Mercado Hernández • César Gálvez Hernández • Héctor Jesús Torres Baños • María Guadalupe López Granados • José Antonio Mejía García • Vicente Nemesio Vargas Navidad • Antonio Galván Zacarías • Luis Hernández Mancera • César J. Selley Rojas • David Emmanuel Morales Saldaña

Coordinación editorial

Adolfo Mejía Ponce de León
Director General de Planeación y Coordinación de Políticas

Gustavo Orpinel Guerra
Director de Planeación y Evaluación de Proyectos

Laura Patricia Mendicuti Castro
JUD de Estadísticas y Análisis Estratégico

Mauricio Sánchez Álvarez

María Eva Núñez Guzmán

D.R. © 2012, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

Plaza de la Constitución núm. 1, tercer piso, Centro Histórico, C.P. 06068, Delegación Cuauhtémoc, México, Distrito Federal. Tels. (55) 5345 8187 y 5345 8188.

Impreso en México

Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, ni registrada o transmitida por ningún medio, sin el permiso previo y por escrito de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Introducción

Al igual que en otros espacios urbanos del mundo, en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) los vehículos automotores constituyen la principal fuente de contaminación del aire, pues en conjunto generan y emiten diariamente alrededor de 80% de los contaminantes criterio que ensucian el aire de la metrópoli. Para atender este problema de contaminación generado por el parque automotor, en la administración 2006-2012, coordinada por el licenciado Marcelo Ebrard Casaubon, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA) definió dos ejes temáticos en el plan de acción tendente a encaminar a la Ciudad de México hacia la sustentabilidad de su desarrollo; estos ejes incluyen acciones de diversa índole, con el fin de reducir la tasa de emisiones provenientes de los vehículos.

Los ejes temáticos tienen como objetivos: la recuperación de las vialidades para un transporte colectivo eficiente, menos contaminante y de calidad; la promoción de la movilidad no motorizada, y el control de los contaminantes atmosféricos que tienen mayor presencia y afectación en la salud de la población. Las acciones impulsadas para el cumplimiento de dichos objetivos abarcan la sustitución de unidades del transporte público, mejorar la inspección de vehículos contaminantes en las vialidades, incrementar la cobertura del Sistema de Transporte Colectivo-Metro (STC-Metro) y del Metrobús, y la aplicación de medidas que reduzcan el uso de automóviles privados, como el uso de transporte escolar y de la bicicleta.

Asimismo, en esta administración se atendieron las medidas y acciones establecidas en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010, y también se definió el nuevo Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metro-

politana del Valle de México 2011-2020 (PROAIRE 2011-2020), en el que 28 de las 81 acciones están relacionadas con el tema de la contaminación y las fuentes móviles.

La Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire (DGGCA), perteneciente a la SMA, es la encargada de definir y aplicar varios de los programas de prevención y control de la contaminación en el sector transporte; entre ellos destaca la verificación de emisiones vehiculares y el programa de restricción a la circulación, denominado popularmente Hoy No Circula (HNC).

En este documento se describen los antecedentes, la justificación y la operación, durante los años 2006 a 2012, de cada programa que se encuentra bajo la responsabilidad de la DGGCA; también se plantean algunas recomendaciones respecto de la continuidad o la necesidad de actualización que los mismos podrían tener durante la próxima administración.

I
Programa de Verificación de Emisiones Vehiculares

Antecedentes

De 1976 a 1982 se creó la infraestructura para un programa de inspección de emisiones contaminantes de automotores; para ello se establecieron 13 centros de verificación vehicular operados por personal sindicalizado adscrito a la entonces Dirección General de Policía y Tránsito (DGPT).

En 1982, los 13 centros de verificación se transfirieron a la Comisión de Ecología del entonces Departamento del Distrito Federal (CE-DDF). En aquella época la aplicación del programa era voluntaria y gratuita, pues aún no se habían expedido las normas oficiales y sólo se medía el monóxido de carbono (CO) utilizando como referencia la información de un manual elaborado por el fabricante de bujías Champion, en donde se registraban las especificaciones del CO máximo que la industria automotriz había definido para cada tipo de automotor.

En 1986, la Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica (DGRUPE) recibió la infraestructura de la extinta Comisión de Ecología y planteó la meta de verificar 300 000 vehículos, utilizando como infraestructura 12 unidades móviles y 13 centros de verificación propiedad del Departamento del Distrito Federal. En ese año inició el uso de calcomanías promocionales para la verificación de emisiones vehiculares.

En 1988 se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), cuyo reglamento regulaba la verificación de emisiones vehiculares, la cual se declaró obligatoria a partir de noviembre de dicho año.

Durante 1989 se descentralizó el sistema al otorgar poco más de 500 autorizaciones a talleres mecánicos para que proporcionaran el servicio de verificación de emi-

siones vehiculares a los automotores matriculados en el Distrito Federal; además, comenzaron a utilizarse calcomanías de verificación como identificadores visuales del cumplimiento de esta obligación. En estos centros-taller se usaron equipos de verificación tipo BAR 84, los cuales permitían obtener la medición de monóxido de carbono y de hidrocarburos.

Entre 1990 y 1992 el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO) se organizó de acuerdo con la numeración y los colores del programa conocido como Hoy No Circula; se definió su cumplimiento como semestral y comenzaron a utilizarse calcomanías holográficas. En estas fechas empezaba a cuestionarse la operación de los centros-taller, ya que dichos establecimientos se constituyeron como juez y parte del proceso de verificación, pues en ellos se realizaba el mantenimiento vehicular de los autos y se valoraban las condiciones de emisión de dichas unidades.

Un año después comenzaron a operar 20 macrocentros, en los que sólo se hacía la verificación de emisiones vehiculares y se contaba con un mínimo de cinco líneas de verificación de automotores. En estos centros se revisaban obligatoriamente los vehículos de uso intensivo,[1] en tanto que los automotores de uso particular podían ser revisados en centros-taller o en los macrocentros. En ambos se operó con equipos de características BAR 90 y los macrocentros comenzaron a utilizar dinamómetros con los que se aplicaba una carga fija de 2 500 revoluciones por minuto a los vehículos de uso intensivo, durante la fase de prueba.

El equipo BAR 90 permitía la medición de las emisiones vehiculares de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO_2), por medio de una banca óptica de tipo PR, y oxígeno (O_2), así como la medición de las revoluciones por minuto (rpm) del motor.

En 1996 ya no fueron renovadas las autorizaciones de operación de los 670 centros-taller que quedaban, y se incorporaron lugares similares a los macrocentros, pero que debían contar con un mínimo de tres líneas de verificación.

[1] Unidades de transporte público y privado de carga y pasajeros, vehículos de gobierno y de empresas.

Entre 1996 y 1997, los centros de verificación vehicular adecuaron el protocolo de prueba aplicado al parque vehicular, de forma que se integrara la prueba internacional denominada "Aceleración simulada", la cual consistía en valorar las emisiones bajo dos condiciones distintas de aceleración y velocidad; con ello surgió el concepto actual de verificentros.

Desde esa fecha, los verificentros han aplicado cambios constantes en su operación tanto en la parte administrativa y de infraestructura, como en la técnica. De entre los cambios técnicos destaca la inclusión de la medición de los óxidos de nitrógeno (NO_X), la valoración de la condición de carburación del motor a través de la relación que guardan los gases de escape lambda y la separación del programa metropolitano de verificación vehicular.[2]

En los últimos 12 años, el programa de verificación vehicular del Distrito Federal ha cubierto totalmente el parque vehicular matriculado en esta entidad, por lo que ha sido utilizado también para administrar la operación de otras políticas públicas, como el uso de combustibles alternos o las restricciones a la circulación establecidas en el programa Hoy No Circula, y más recientemente, el cobro de tenencias e infracciones de tránsito.

Los verificentros deben contar con el equipo necesario para cuantificar las emisiones de los automotores ciclo Otto (o de cuatro tiempos), que son los que utilizan gasolina, gas natural o gas licuado de petróleo, para lo cual requieren de un dinamómetro en el que se aplica carga y velocidad a los automotores, estación de captura de datos de las unidades a evaluar y un analizador de gases para valorar la cantidad de contaminantes que emiten.

Los elementos descritos anteriormente conforman una línea de verificación, por lo que cada centro debe tener un mínimo de tres líneas. Éstas deben estar interconectadas con una estación meteorológica para obtener datos de hu-

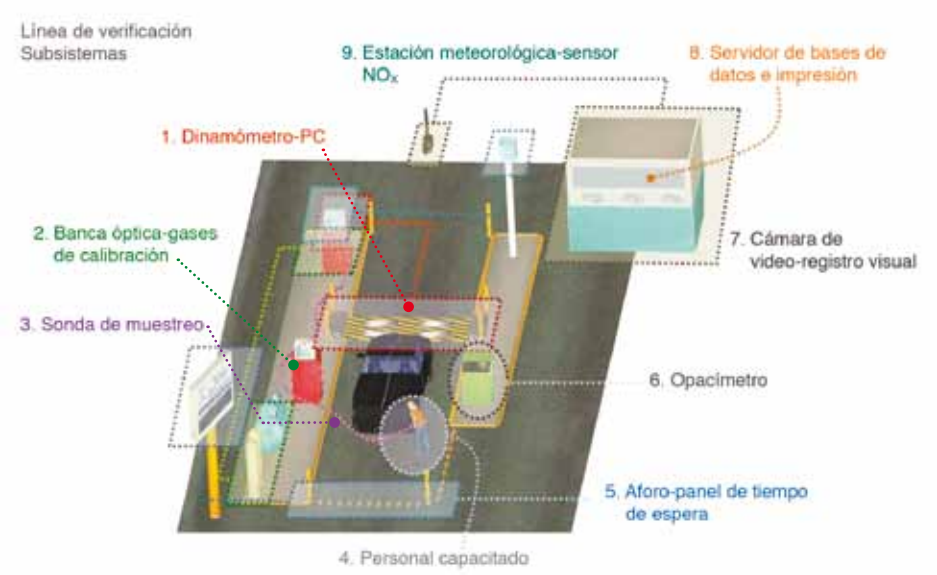
[2] El parque vehicular matriculado en el Distrito Federal y en el Estado de México podía verificar de forma indistinta en verificentros de ambas entidades, pero las malas prácticas operativas en los centros del estado vecino provocaban que los autos en mal estado del Distrito Federal acudieran a dichos centros a aprobar la verificación. Por lo anterior, en 2001, se decidió que los automotores matriculados en el Distrito Federal sólo verificaran en los centros ubicados en la Ciudad de México.

medad, temperatura y presión atmosférica, a partir de los cuales se hacen los cálculos para corregir el valor final de los NO_X que registra cada automóvil revisado; asimismo, existe una conexión con el sistema de cómputo que alberga el software de verificación y la base de datos producida durante la verificación vehicular; además, se controla la impresión de los resultados de cada revisión vehicular (véase la figura 1).

Los verificentros también deben contar con un sistema de video cuyas imágenes pueden ser monitoreadas en tiempo real desde la SMA; además se graban las actividades de los centros durante las 24 horas del día, todos los días del año. Esto tiene como propósito proporcionar elementos visuales para atender denuncias de corrupción.

Otro elemento obligatorio en los verificentros es un sistema de monitoreo del aforo vehicular que incluye un panel de aviso usado principalmente para determinar e informar al público el tiempo de espera aproximado que

Figura 1. Elementos de un verificentro



Fuente: "Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, Evaluación integral de los programas de Verificación Vehicular Obligatoria en la Zona Metropolitana del Valle de México", diciembre de 2010. Documento inédito.

se requiere para ser atendido. El objetivo de este sistema, originalmente era generar información para dar seguimiento al número de autos que ingresaban al centro y a las verificaciones realizadas; de esta forma, la diferencia entre el número de verificaciones respecto del ingreso de autos representaría una alerta de sanción, pues se estaría utilizando un mismo vehículo para obtener verificaciones de otros autos no presentados.

El personal de los verificentros debe recibir capacitación acerca de la operación de los equipos y de la normatividad oficial para aplicar el proceso de verificación. Los trabajadores deben presentar y aprobar un examen ante la SMA a fin de ser acreditados para laborar en los verificentros.

Algunos de los centros también cuentan con un opacímetro, instrumento con el que se evalúa la opacidad de la emisión de los vehículos y camiones que emplean diesel.

Justificación

La verificación de emisiones vehiculares permite detectar los automotores que generan cantidades de contaminantes, para uno o más de los elementos evaluados, por encima de los límites máximos permisibles de emisión establecidos en las normas oficiales mexicanas.

Cuando se presentan valores elevados de contaminantes en algún automotor es señal de la mala operación del mismo, por lo que el propietario del vehículo está obligado a dar mantenimiento correctivo a su unidad, para disminuir los niveles de emisión y aprobar un nuevo proceso de verificación de su unidad.

De esta forma, el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria reduce la tasa de contaminantes provenientes de las fuentes móviles, mediante el mantenimiento correctivo de las unidades detectadas como altamente contaminantes.

Así, la verificación de emisiones vehiculares es la política pública más eficiente para prevenir y controlar la contaminación proveniente del parque vehicular en circulación, toda vez que con ella se logra mantener el mejor desempeño ambiental de los automotores, de acuerdo con las características tecnológicas de cada unidad en particular.

Operación del programa (2006-2012)

En el año 2006 el programa funcionaba con 80 verificentros que daban el servicio al público en general, así como tres centros de verificación institucionales pertenecientes a la compañía Luz y Fuerza del Centro (LFC), a la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), que sólo revisaban las emisiones de su propio parque vehicular.

En el transcurso de esta administración fueron cerrados los centros de LFC dada la extinción de la compañía; el centro de la Defensa Nacional también fue cerrado pues la mayoría sus unidades carecen de matrícula otorgada por autoridades del D.F., por lo que no están obligados a verificarlas. Dicha institución decidió operar un centro de verificación vehicular con reconocimiento de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Los verificentros deben contar al menos con tres líneas de verificación de emisiones vehiculares con las que se puedan evaluar las unidades con motor ciclo Otto,[3] y cuando el titular del centro así lo decida, también pueden albergar una línea con la capacidad para verificar unidades con motor de ciclo diesel.

Durante el transcurso de la presente administración, la SMA permitió la apertura de nuevas líneas de verificación en los centros que lo solicitaran y en donde el espacio del verificentro lo permitiera. Las razones por las que se autorizaron nuevas líneas de verificación fueron:

- El creciente número de unidades ligeras a diesel en el parque vehicular, toda vez que empresas como Volkswagen y NISSAN ofertaron autos y camionetas que usan este tipo de combustible, mismo que despertó un gran interés en el sector industrial y de servicios.
- La sustitución de los equipos de verificación para unidades ciclo Otto, pues los sistemas nuevos requieren de más tiempo para la revisión de las emisiones vehiculares, por lo que es necesario un mayor número de líneas que compensen esta situación.

[3] Motores que operan con encendido por chispa; en ellos se incluyen los de gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural o mezclas de gasolina con etanol o metanol.

Con la infraestructura de verificación de emisiones vehiculares, hoy se tiene la capacidad instalada para hacer poco más de seis millones de verificaciones anualmente (véase la tabla 1). En 2011 se realizaron 4 654 704 verificaciones vehiculares, de las cuales 92% generó un resultado aprobatorio, y el resto no fueron aprobadas. Del total de las pruebas, 98% corresponde a unidades de gasolina; 1.3%, a unidades de diesel, y el 0.7% restante, a vehículos que usan gas natural o gas licuado de petróleo.[4] La tabla 2 muestra el comportamiento histórico de verificaciones vehiculares en el Distrito Federal; ahí se puede observar un incremento de más de 1.2 millones de verificaciones aprobatorias entre el año 2000 y el 2001, situación que se debió a que la SMA decidió, a partir de enero de 2001, prohibir que los automotores matriculados en el D.F. fueran verificados en verificentros del Estado de México; así, un número elevado de unidades que comúnmente eran revisadas en el estado vecino se vieron obligadas a realizar su prueba en el Distrito Federal.

Entre los años 2001 y 2002 disminuyó la cantidad de vehículos aprobados, lo cual tuvo origen en la decisión de los ciudadanos de cambiar su matrícula del Distrito Federal por una del Estado de México, ya fuera por la cercanía de los centros a sus hogares, o por las facilidades otorgadas en esa entidad para aprobar el proceso de verificación vehicular.

Tabla 1. Infraestructura de verificación en el Distrito Federal, 2006-2012

Concepto	Inicio de administración	Final de administración
	2006	2012
Centros públicos	80	81
Centros institucionales	3	1
Líneas motores Otto	348	375
Líneas motores diesel	5	8
Líneas ambos motores	4	15

Nota: En la actualidad, no todas las líneas duales presentan el servicio de diesel.
Fuente: DGGCA de la SMA.

[4] Los vehículos que utilizan gas, por lo general mantienen un sistema para el uso de gasolina, por lo que las unidades pueden ser presentadas a la verificación empleando cualquiera de los dos combustibles. Esta situación impide tener certeza respecto del número de unidades que utilizan combustibles alternativos.

Tabla 2. Verificaciones en el Distrito Federal, 2000-2012

Año	Aprobados	Rechazados	Total de verificaciones
2000	2 655 615	278 859	2 934 474
2001	3 875 819	431 610	4 307 429
2002	3 669 109	538 335	4 207 444
2003	3 707 105	801 576	4 508 681
2004	3 852 313	691 822	4 544 135
2005	4 002 085	679 963	4 682 048
2006	4 248 627	512 417	4 761 044
2007	4 553 079	582 727	5 135 806
2008	4 755 674	571 750	5 327 424
2009	4 716 930	682 902	5 399 832
2010	4 583 126	465 741	5 048 867
2011	4 273 026	381 678	4 654 704
2012*	882 164	97 014	979 178

* Datos al 31 de marzo de 2012.
Fuente: DGGCA de la SMA.

A partir de 2002 y hasta 2008, se registró un incremento anual promedio de 180 000 pruebas positivas con un máximo de 304 000. A partir de 2008 comenzó a registrarse un decremento alarmante en el número de verificaciones vehiculares aprobadas.

La disminución de aprobaciones se debió a una pérdida de parque vehicular matriculado en el Distrito Federal, lo cual se estima tuvo su causa en:

- El condicionamiento de la verificación a la no existencia de adeudos de infracciones de tránsito. Algunos ciudadanos evadieron el pago de sus infracciones matriculándose en otras entidades federativas, principalmente en el Estado de México; aunque también se presentaron casos de ciudadanos que hicieron su verificación en otra entidad como protesta por la existencia de multas por infracciones no cometidas.
- La operación de convenios con estados circunvecinos al Distrito Federal; en esos lugares se instrumentaron programas de verificación vehicular similares al de

esta ciudad, por lo que varios ciudadanos que radicaban en otra entidad y tenían matriculada su unidad en el D.F., decidieron matricularse en su estado.

- Las mayores "facilidades" que se otorgan en los verificentros del Estado de México, comparadas con las del D.F., para aprobar la revisión de gases. Esta diferencia en la operación de los centros se incrementó cuando entraron en operación los nuevos equipos de verificación de emisiones en el D.F.[5]
- La exigencia de la Secretaría de Transportes y Vialidad (SETRAVI) de sustituir la tarjeta de circulación por una con chip. La SETRAVI anunció, además, que la verificación estaría condicionada a la portación de la tarjeta con chip, condición que no llegó a cumplirse, pero que alertó a los automovilistas, luego de la saturación que tuvo lugar en los centros de canje de la tarjeta de circulación.
- La cercanía del D.F. con estados en los que se canceló el cobro de la tenencia mucho antes de que en esta ciudad se aplicara una medida similar. Por ejemplo, en Querétaro se dejó de cobrar la tenencia desde 2010.
- El anuncio anticipado que hicieron las autoridades del Estado de México respecto a que en esa entidad no se cobraría la tenencia a partir del año 2012.[6]
- La inexistencia, en la práctica, de la operación del programa de sustitución de convertidores catalíticos en el Estado de México, por lo que en esa entidad no es obligatorio sustituir este dispositivo, el cual tiene un costo promedio de 1 800 pesos.

No se cuenta con un estudio que identifique cuál de las causas anteriores presentó un mayor impacto en la migración del parque vehicular, pero se estima que fueron motivos ajenos al proceso de verificación los que mayor repercusión tuvieron, ya que las diferencias operativas entre el D.F. y el Estado de México siempre han existido;

[5] Véase el subtema sobre los nuevos equipos inteligentes de verificación de emisiones vehiculares.

[6] El anuncio se realizó en febrero de 2011, en tanto que en el Distrito Federal ese mismo año no existió un pronunciamiento así de claro respecto a la desaparición de la tenencia para 2012.

sin embargo, durante varios años hubo una tendencia de crecimiento anual en las verificaciones vehiculares aprobatorias, como se muestra en la gráfica 1.

De acuerdo con la cantidad de vehículos verificados en el segundo semestre de 2008 y de 2011 se cuentan 329 338 verificaciones aprobadas menos en este último año. Esta enorme disminución en las verificaciones vehiculares del Distrito Federal en los últimos tres años crece más si se considera la pérdida de la tendencia incremental que el parque vehicular tenía hasta 2008; según estos datos, la estimación del parque vehicular no verificado en estos tres años es cercana a los 600 000 automotores.

Según datos proporcionados por la SETRAVI, de 2007 a 2011 en el Estado de México se reportó una matriculación de 346 000 unidades originalmente registradas en el D.F., y si se consideran los matriculados en los estados de Aguascalientes, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Pue-

Gráfica 1. Comportamiento de las verificaciones aprobatorias en el Distrito Federal, 2000-2011

Fuente: DGCCA de la SMA.

bla, Querétaro, Quintana Roo y Veracruz, la cifra alcanza 415 000 automotores que emigraron del Distrito Federal.

En relación con el comportamiento de las pruebas de verificación no aprobadas en el Distrito Federal, se puede apreciar un máximo histórico de más de 800 000 en un año, aunque en 2011 se registraron menos de 400 000 de ellas. Las verificaciones no aprobatorias varían dependiendo del estado de mantenimiento en que se presenten los automóviles a verificar y el impacto que tengan las acciones de inspección que aplica la autoridad ambiental.

Los vehículos que no pudieron aprobar la verificación en tiempo, ya sea porque la unidad no aprobó la revisión de gases o porque el propietario de la misma omitió presentarla a verificar, están sujetos al pago de una multa por verificación vehicular extemporánea, equivalente a 20 días de salario general mínimo vigente en la zona A.[7]

La cantidad de estas infracciones se ha mantenido constante cada año, y se acerca a las 240 000 sanciones pagadas, lo cual genera un ingreso aproximado de 280 millones de pesos anuales.

Nuevos equipos inteligentes de verificación vehicular

Los equipos de verificación que funcionaban en los verificentros desde 1997, presentaban una serie de problemas operativos que reducían la eficiencia del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, además de poner en riesgo su continuidad. Enseguida se presentan los principales problemas detectados en la operación de dichos equipos:

a) *Dependencia respecto de los fabricantes para la actualización del software.* Cuando la autoridad quiere hacer un cambio en el software de verificación de emisiones vehiculares, ya sea por cuestiones normativas (modificación de límites máximos permisibles, modificación de protocolo de prueba, cambios en los modelos vehiculares exentos del programa Hoy No Circula, etc.) o para bloquear las posibilidades de trampas en el equipo (modificación del funciona-

[7] En 2012, el salario mínimo general vigente en la zona económica A es de 62.33 pesos.

miento del banco óptico, lectura de bases de datos para validar la existencia de pagos, etc.), se debe dar la instrucción al fabricante del equipo.

El problema que enfrentó la dependencia es que el fabricante tardaba varias semanas, e incluso meses, en tener listos los cambios. En ciertos casos, dichas modificaciones no llegaban a realizarse o se simulaban, aun cuando se contaba con cuatro fabricantes o proveedores autorizados. Asimismo, los cambios en el software representaban costos variables de entre 30 000 y 80 000 pesos por centro de verificación vehicular, de acuerdo con el cambio realizado y la cantidad de centros que cada proveedor atendía.

b) *Frecuencia en la actualización del software*. Desde la puesta en funcionamiento de los equipos denominados CAM97 se identificaron problemas operativos que necesitaron cambios en el software para solventar las deficiencias, ya fueran de operación o de seguridad, que debían ser eliminadas para evitar la realización inadecuada de pruebas de verificación vehicular.

Cada cambio del software tardaba al menos seis semanas en ser desarrollado por el fabricante y en ser revisado por la autoridad, a lo que se sumaba el tiempo para instalarlo en los centros de verificación. Una vez instalado y puesto en operación, de nueva cuenta comenzaban a identificarse deficiencias en la aplicación del software, que, una vez más, se llevaban entre dos y tres semanas para su reparación.

En esta transición era posible identificar la necesidad de aplicar cambios adicionales, pero era poco práctico actualizar un software en proceso de cambio. Por todas estas razones, los cambios de software generalmente se solicitaban al final de cada semestre y no cuando eran necesarios.

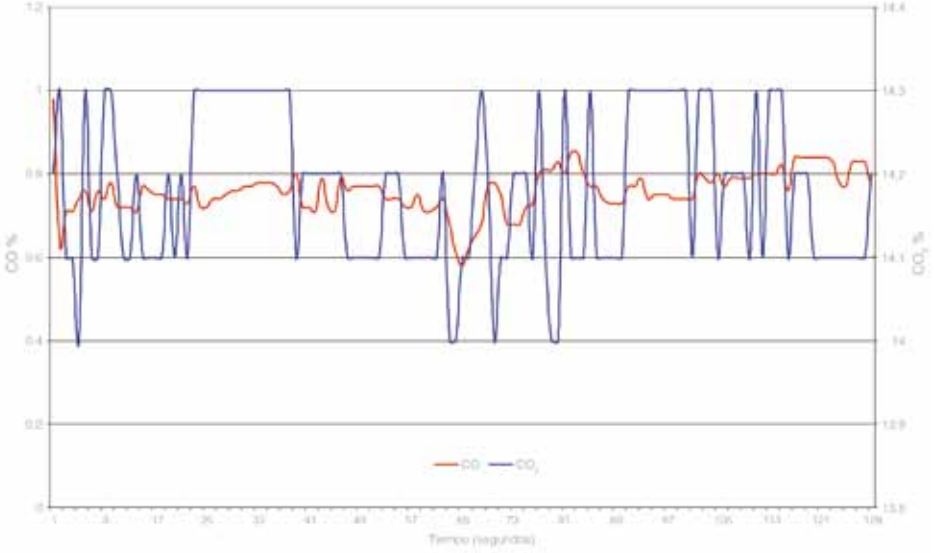
c) *Existencia de códigos maliciosos en el software*. El software con el que operan los equipos de verificación fue diseñado y desarrollado por los fabricantes. Es por esto que sólo ellos tienen control sobre la operación del equipo (toma e interpretación de la señal del banco óptico para determinar las lecturas de ga-

ses, aplicación de la carga en el dinamómetro, apertura o cierre de bombas para introducir o sacar gas del banco óptico, etc.), de forma que existe la posibilidad de que dentro del software haya códigos o rutinas mediante las cuales se generen datos distintos a los que el sistema lee en el vehículo, con el objeto de aprobar automotores en mal estado.

Aunque hay indicadores de la presencia de un software malicioso, resulta muy complicado demostrarlo, pues la dependencia no tiene acceso al código fuente que operaba en los verificentros. La gráfica 2 muestra el comportamiento de gases de una prueba de verificación en la que se sospecha la utilización de software simulador de emisiones; en ella se puede apreciar un comportamiento atípico de los gases. Al parecer, el software fija un límite de emisión para los gases y, cuando éste es rebasado, se registra el valor definido como máximo.

d) *Obsolescencia del software y el hardware*. Las computadoras que integran el sistema de verificación de emisiones vehiculares cuentan con puertos ISA que ya

Gráfica 2. Prueba realizada con un presunto software simulador de emisiones



Fuente: DGGCA de la SMA.

están descontinuados, así que su reparación se hacía con material usado carente de garantía, y conseguir las piezas era tan difícil que su costo era muy elevado.

Las marcas de dinamómetros Clayton y Superflow dejaron de operar desde hace varios años, por lo que dejaron el mercado sin refacciones electrónicas; así es como los fabricantes de equipo han tenido que desarrollar la electrónica de control, sin que todos tengan la capacidad de hacerlo y sin que la autoridad haya determinado si dichas refacciones son las adecuadas.

Los equipos presentan un lenguaje de programación de 16 bits, lo que limita el número de líneas de programación; esto complica la aplicación de los cambios requeridos por la autoridad, dado que los fabricantes deben borrar o comprimir el código de programación para poder agregar nuevas líneas. Ello, por lo general, provoca errores operativos del software en elementos que durante años operaron bien, pero que involuntariamente fueron alterados en el proceso de compresión o borrados del código.

Otro problema es la utilización del sistema operativo Windows 3.11 y de OS/2, que dejaron de comercializarse en 1995 y en 2001, respectivamente. Estos programas presentan fallas en la seguridad y no permiten el uso de sistemas de comunicación modernos.

e) *Amplia injerencia de los técnicos de verificación vehicular.* El diseño de la operación de los equipos facilita a los técnicos la oportunidad de falsear información, de forma que se modifiquen las condiciones administrativas establecidas en el programa de verificación vehicular.

Por ejemplo, se puede capturar cualquier información en el apartado referente a la multa por verificación vehicular extemporánea, y con ello permitir la verificación de unidades cuyo propietario no ha realizado dicho pago. Otro ejemplo, es la manipulación de los datos referentes al año y modelo de los vehículos con el objeto de cambiar el holograma que el auto recibe.

Todos los aspectos mencionados generaban un escenario propicio para todo tipo de trampas, cuyo propósito es otorgar beneficios inmerecidos a los conductores de los automotores, como la aprobación de unidades en mal estado, la entrega de hologramas para exentar el Hoy No Circula, ahorrarse el pago de multa por verificación extemporánea o evitar el mantenimiento de su automotor.

Un estudio hecho por el Centro Mario Molina a los programas de verificación vehicular de la ZMVM, concluyó que 42% de los verificentros incumplen, de diversas formas, con la normatividad del programa de verificación y, en el caso de los automotores carentes de catalizador, se estimó que 69% de ellos aprobaban de forma indebida la verificación vehicular.[8]

Durante el proceso de evaluación del programa en campo, el personal del Centro Mario Molina detectó diversas manipulaciones de los resultados obtenidos en una prueba de verificación vehicular. La mayor parte de la evidencia fotográfica se obtuvo en los centros del Estado de México, lo cual no excluye que en los verificentros del Distrito Federal ocurra o pueda ocurrir algo parecido, pues en ambas entidades se utilizan equipos de verificación vehicular de operación similar.[9] A continuación se presentan algunos de los resultados más relevantes de dicho estudio:

Debido a todos los problemas encontrados en la operación de los equipos CAM97 y con el conocimiento de las trampas aplicadas en el proceso de la verificación de

- Mala aplicación de carga en dinamómetros en el centro NA948 del Estado de México

La imagen muestra que la unidad de control no envía una señal de voltaje al dinamómetro, pues el voltaje es cero. Fue así como en esa prueba de verificación no se aplicó carga, aunque el sistema indicó que se aplicó la carga correcta establecida en la norma.

Centro Mario Molina

[8] Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, "Evaluación integral de los programas de Verificación...", *op. cit.*.

[9] En el Distrito Federal existían cuatro proveedores de equipos de verificación vehicular del tipo CAM97, mismos que comercializaban su producto en el Estado de México.

♦ Operación de equipo sin sonda en el verificentro C0928 del Estado de México

En la imagen se observa la manguera de la sonda de muestreo que se mantuvo desconectada del equipo de verificación mientras se hacían pruebas de verificación durante todo el tiempo que duró la visita. Se cree que existía un sistema que inyectaba un gas al equipo, para que el vehículo sujeto a prueba no aportara gas para su análisis.

Centro Mario Molina

♦ Operación de equipo sin sonda. No se especifica el número de centro

En este equipo se aprecia la tubería proveniente del cuarto de la compresora, que no corresponde a ningún gas de calibración y se conecta a un puerto del equipo. A través de esta manguera se hace llegar gas al sistema, y de esta forma se falsean los datos.

Centro Mario Molina

♦ Manipulación del sistema de seguridad en el verificentro F02 del estado de Hidalgo

En esta imagen, el interruptor de seguridad está bloqueado con un alambre. Esta trampa permite al personal del centro tener acceso al interior del gabinete en donde se encuentra el sistema de análisis de muestras de gases; de esta forma el equipo se vuelve vulnerable.

Centro Mario Molina

♦ Manipulación del interior del hardware en el verificentro F02 del estado de Hidalgo

La fotografía muestra el interruptor en los cables de alimentación de energía de las bombas del equipo. Su operación permite mantener gas de un vehículo limpio dentro del sistema analizador para poder aprobar vehículos con altas emisiones contaminantes. Para operar esta trampa se requiere tener abierto el gabinete del equipo.

Centro Mario Molina

♦ Manipulación del interior del hardware en el verificentro M06 del estado de Michoacán

En esta imagen se observa una falla en la operación de la estación meteorológica, a pesar de lo cual el equipo opera. Los datos de temperatura y humedad se utilizan para calcular el valor de óxidos de nitrógeno (NO_x), por lo que el resultado siempre será erróneo mientras se mantenga en mal estado la estación.

Centro Mario Molina

♦ Manipulación de la calibración. No se especifica el número de centro

Aquí se muestra el software MicroBench para Windows encontrado en líneas de verificación vehicular. Este programa se usa para ajustar los parámetros del analizador de gases cuando este último requiere de una reparación, pero en los centros se usa para modificar la calibración del mismo y hacer que "lea" una menor concentración de gas en la muestra de los autos revisados.

Centro Mario Molina

los automotores se llegó a la conclusión de que era fundamental actualizar la infraestructura de revisión de emisiones para evitarlos.

Fue así como en la DGGCA se diseñó un método de operación de los equipos de verificación, sus características de seguridad y comunicación, y su software.

El diseño de los nuevos equipos estableció un sistema modular con seguridad propia, para evitar que los sistemas fueran intervenidos y hacerlos menos vulnerables ante la manipulación. Los equipos están integrados por un gabinete de seguridad, el cual presenta algunas paredes transparentes que dejan ver el interior sin necesidad de abrirlos.

Los módulos en los que se subdivide el sistema son el de estación meteorológica, el de seguridad, el de tacómetro, el de sistema de muestra de gases, y el de control de electrónica y potencia. Todos éstos interactúan entre sí para permitir la aplicación de las pruebas de verificación vehicular.

Este sistema modular otorga mayor seguridad y ordena los componentes internos de los gabinetes, lo cual facilita las actividades de inspección y vigilancia.

Otros elementos en los que se puso especial atención para el diseño fue una serie de sensores y/o valoraciones de la operación de los distintos componentes del equipo y/o de la información ingresada en cada prueba, para asegurar una adecuada verificación vehicular tanto técnica como administrativa. En el cuadro 1 se presentan los elementos más importantes considerados en el diseño de los nuevos equipos de verificación vehicular GDF09.

Después del diseño del equipo, fueron convocadas las empresas que deseaban participar en el desarrollo del hardware, mismo que fue revisado por el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y por el Centro Nacional de Metrología y Normalización (CENAM).[10]

El proceso culminó en 2010, fecha en la que 4 de las 13 empresas que adquirieron las bases con las características técnicas de los equipos fueron autorizadas como comercializadoras de los equipos de verificación GDF09, por lo que en ese mismo año comenzó la fabricación y la comercialización de los mismos.

En 2011 se empezaron a sustituir las líneas de verificación de manera gradual, debido a varios factores, entre los que destacaron:

Archivo DGGCA

Elementos de los equipos de verificación GDF09 *vs.* CAM97.

[10] Éste es el único equipo de verificación de emisiones vehiculares para unidades con motor ciclo Otto que ha sido evaluado integralmente por alguna institución ajena al gobierno que los autoriza. También cabe aclarar que este sistema no fue evaluado como caja negra (lo cual generalmente ocurre con los equipos autorizados en otros estados, e incluso en el Distrito Federal durante otras administraciones).

Cuadro 1. Comparación operativa entre equipos de verificación vehicular

Equipo actual	Equipo nuevo	Justificación
Régimen de giro		
Utiliza transductores de tipo inductivo que detectan los pulsos de una de las bujías del motor o, en algunos casos, antenas que filtran el ruido del motor para determinar el régimen de giro.	Se implementa un módulo con una gama de cinco transductores (bujía, piezoeléctrico, de no contacto, batería y óptico) más el de tipo OBD, lo cual permitirá a los usuarios utilizar el más adecuado.	La Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT vigente establece en su numeral 9.11 que el equipo debe contar con al menos dos tipos de sensores de régimen de giro: uno para las bujías y otro de no contacto. Sin embargo, en la práctica no han resultado suficientes, dado que en algunas submarcas vehiculares resulta prácticamente imposible obtener lecturas de revoluciones por minuto precisas. Los nuevos equipos aumentan la gama de sistemas lectores de revoluciones por minuto, con lo que disminuye el problema al practicar pruebas en protocolo estático.
Plataforma de desarrollo		
Plataformas de desarrollo basadas en tarjetas de adquisición de datos con puertos ISA, con sistemas operativos OS/2 y Windows 3.11 de 16 bits; se requieren computadoras con puertos ISA para alojar las tarjetas de adquisición de datos de los equipos.	Establece una plataforma de diseño basada en Windows de 64 bits, con procesadores multinúcleo de 3 GHz, con sistema operativo Windows 7, 2 Gb RAM, arreglo de discos duros con 160 Gb de espacio disponible tipo “Array 1”, protocolo de comunicación TCP/IP con IPSEC, comunicación hacia red amplia (wan) por medio de enlaces dedicados, puertos USB, manejador de base de datos Microsoft SQL 2008 de 64 bits.	Cada módulo tiene capacidad de procesamiento autónomo, y la comunicación con la computadora se hace por medio de puertos USB que interactúan con una base de datos y software desarrollado en plataformas de operación vigentes y de fácil actualización. Esta forma de operar elimina la dependencia respecto de las tarjetas de adquisición de datos con el sotfware desarrollado por cada fabricante. En los nuevos equipos se ha solicitado un arreglo de discos que permite en todo momento mantener un respaldo de la información y del programa de cómputo, a diferencia de los equipos actuales, en los cuales en caso de que el disco duro falle se pierde el programa de cómputo y toda la información contenida en él. El protocolo de comunicación para el caso de los nuevos equipos es (TCP/IP), con una extensión de seguridad adicional (IPSEC), que encripta los paquetes de información que viajan por la red, garantizando que sólo puedan ser desencriptados por el destinatario. Los equipos nuevos permiten la interacción entre el servidor de datos del centro y el servidor de la SMA, con lo que se logra replicación bidireccional de los datos necesarios para operar el programa de verificación vehicular de la SMA.

Continúa en la página siguiente

Viene de la página anterior

Equipo actual	Equipo nuevo	Justificación
Software		
Las plataformas de los equipos actuales fueron desarrolladas en lenguajes de cómputo que ya son obsoletos. El software de verificación fue desarrollado por cada fabricante, por lo que su código fuente es desconocido por la autoridad ambiental.	Opera con una plataforma única de software, que es propiedad de la SMA. Cada cambio que se hace es replicado en tiempo real en todos los equipos remotos.	La operación de los equipos de verificación vehicular está sujeta a una serie de modificaciones relacionadas con elementos como actualizaciones de normas oficiales mexicanas, elementos normativos de la autoridad local, solución a problemas que presentan los equipos de verificación o mejoras para la operación del equipo. Estos cambios deben ser desarrollados por el actual fabricante de los equipos, pues es el único que conoce y tiene su propio software, lo que implica tiempo prolongado de cumplimiento, alto costo para los centros, alteración del software original y actualización *in situ* de los equipos. Todos los elementos anteriores son resueltos por los nuevos equipos, dado que la SMA es propietaria del software de verificación, que fue desarrollado utilizando el concepto de programación orientada a objetos, lo cual garantiza actualizaciones rápidas y específicas para modificaciones particulares. Estas actualizaciones de software se instalan de forma remota y en momentos en que los centros de verificación no están activos. Por otra parte, los equipos actuales pueden presentar software de verificación que simule condiciones operativas de los equipos y/o resultados de los mismos, situación que queda resuelta por la operación de los equipos GDF09 dado que el software es operado por la autoridad.
Condiciones de evaluación de las emisiones		
Los parámetros que debe cumplir un vehículo en la valoración de sus emisiones son: alcanzar las velocidades de la prueba y vencer la carga de camino aplicada por el dinamómetro; además la dilución de la muestra no debe ser mayor al valor establecido por la NOM-041-SEMARNAT-2006.	El equipo monitorea los valores de presión de la muestra y de las banderas de condensación durante la toma de muestra de gases y estatus del banco óptico.	El equipo actual carece de seguimiento de las condiciones operativas del banco óptico, por lo que pueden realizarse evaluaciones de emisiones en condiciones inadecuadas de operación, lo cual repercute en el resultado de la prueba. El nuevo equipo genera alertas en el caso de problemas de operación del banco óptico de forma que se garantice la acertividad del resultado.

Continúa en la página siguiente

Viene de la página anterior

Equipo actual	Equipo nuevo	Justificación
Seguridad		
Establece como criterio de seguridad la implementación de interruptores que registran la apertura del gabinete. No existe seguridad en el acceso al dinamómetro ni al control de carga.	Incluye criterio de seguridad redundante, de forma que cada módulo mantiene una seguridad individual y todo el gabinete del equipo implementa una seguridad general; así, el acceso a alguno de los elementos requiere obligadamente pasar por un doble sistema de seguridad. Existe un módulo que monitorea y sincroniza la seguridad en su conjunto, además de que interactúa con un programa de cómputo que reporta a la base de datos la condición de seguridad. La seguridad aplica también a la caja de control de potencia del dinamómetro y al propio dinamómetro. Los niveles de acceso al equipo son permitidos sólo mediante la plena identificación del personal, que debe estar registrado en la base de datos centralizada y tener los atributos necesarios para realizar una actividad específica.	Los equipos actuales presentan sensores de apertura de gabinete que son manipulables fácilmente a través del uso de una simple liga o gancho, situación que vulnera la seguridad del sistema, ya que deja al descubierto los componentes de hardware del equipo; de este modo es fácil manipularlos, sobre todo el banco óptico y el sistema de toma de muestra. Los nuevos equipos presentan sensores más sofisticados para detectar la apertura del gabinete y el estado que el mismo guarda durante la operación del sistema. Además, existen sensores para detectar la apertura de cada módulo interno al gabinete, situación que asegura que ningún módulo sea abierto sin que la autoridad tenga el pleno conocimiento del hecho. El nuevo equipo utiliza sistemas de respaldo de energía para mantener alimentada eléctricamente la seguridad de los equipos por periodos prolongados, cuando el equipo se encuentre fuera de servicio o cuando se interrumpe el suministro de energía eléctrica; y en caso de que estos sistemas se descarguen, aparecen alarmas que avisan de esta condición.
Estación meteorológica		
Utilizan una estación meteorológica para monitorear la temperatura y la humedad relativa. Su diseño y comunicación fueron definidos por los fabricantes de los equipos actuales y para algunas de ellas ya no hay soporte.	Se implementa un módulo con dos estaciones atmosféricas, las cuales interactúan entre sí y tienen la capacidad de activar alarmas cuando entre ellas existen diferencias en alguna de sus mediciones, lo cual indicaría que alguna de ellas funciona de manera anormal.	Es común que las estaciones de monitoreo meteorológico actuales presenten fallas en sus lecturas y los técnicos de los centros no se den cuenta y continúen verificando en estas condiciones, de manera que registran resultados equívocos respecto a la aprobación o rechazo de los vehículos, dada la repercusión de estas lecturas en el resultado final de los óxidos de nitrógeno. Con el nuevo equipo se resuelve esta situación, ya que por software se detecta y alerta de la inadecuada operación de alguna de las estaciones, lo que evita generar resultados equivocados de óxidos de nitrógeno.

Continúa en la página siguiente

Viene de la página anterior

Equipo actual	Equipo nuevo	Justificación
Construcción		
No se definieron especificaciones mínimas de construcción.	Cada módulo debe utilizar filtros EMI/RFI con el fin de eliminar las interferencias electromagnéticas y de voltaje que interfieren en el funcionamiento de cada uno de los módulos. Se implementaron fusibles individuales para cada módulo, lo que los protege contra variaciones de voltaje eléctrico. Existe para cada módulo un monitor de condiciones de voltaje y temperatura de funcionamiento, que activan alarmas en caso de que alguno de estos parámetros se encuentre fuera de rango. Se establece un criterio de construcción con materiales y acabados resistentes a la corrosión, a las inclemencias del tiempo y a la exposición de los rayos solares. Existen criterios de conexiones eléctricas y neumáticas homogéneas en el interior del gabinete.	Los nuevos equipos se protegen contra ruido electromagnético y contra sobrecorrientes de voltaje. Cada módulo tiene protección individual; el uso de un sistema modular permite mantener las líneas en operación por periodos de tiempo mayores, debido a que sólo se cambia el módulo que presenta fallas. Establece criterios de monitoreo de la salida de las fuentes de voltaje, lo cual es fundamental para garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas electrónicos; esto es una situación crítica para la operación de los equipos pues los sensores electroquímicos son sensibles a las variaciones de voltaje. Los módulos del equipo de verificación tienen la capacidad de monitorear y validar las condiciones de funcionamiento para generar señales de alerta respecto a la identificación de alguna alteración o mal funcionamiento de cada uno de los módulos. La modularidad de los equipos facilita el mantenimiento de los equipos, evita dejar inoperable una línea mientras se da mantenimiento al módulo (basta con acoplar otro módulo mientras se repara el dañado).

Continúa en la página siguiente

a) La necesidad de mejorar las condiciones de los verificentros respecto de la acometida eléctrica, del dinamómetro, del sistema de comunicación o del abastecimiento de gas cero o de calibración.

b) La inexperiencia del personal de las empresas proveedoras en el manejo del nuevo equipo. La complejidad se hacía manifiesta en la operación con un software al que los proveedores no tenían acceso y a las diversas dificultades encontradas en cada centro de verificación en particular.

c) La detección de problemas operativos en el software que en condiciones de laboratorio había trabajado

Viene de la página anterior

Equipo actual	Equipo nuevo	Justificación
Dinamómetros		
La electrónica utilizada para controlar la aplicación de carga en los equipos actuales utiliza sistemas de ajuste del valor de amplificación de voltaje, a fin de que la celda de carga reporte los valores dentro de los rangos de voltaje de referencia, sin que se valide que la carga aplicada es la adecuada. No se monitorea la temperatura del freno electromagnético ni de la celda de carga. Hay problemas en la capacidad de los fabricantes respecto a la reparación de la electrónica de control del dinamómetro.	La electrónica de aplicación de carga es libre de uso de tripods o mecanismos de ajuste para impedir la alteración del factor de amplificación del valor reportado por la celda de carga. Se establece el uso específico de celdas de carga que permiten mantener homologados los valores de voltaje reportados por las celdas de carga. Permite el uso de inercias de 600 libras o superiores. Implementa el monitoreo de temperaturas del freno electromagnético y establece el uso de una celda de carga con compensación de temperatura para garantizar la aplicación de carga. Enciende alerta en caso de que los valores de temperatura sean críticos.	Los equipos actuales carecen de un sistema de seguimiento y evaluación de la correcta aplicación de carga, por lo que puede haber problemas de aplicación incorrecta de carga, lo cual incide directamente en el resultado que presentan los vehículos revisados. Los equipos nuevos permiten resolver esta situación al considerar elementos de fiscalización de la carga aplicada en cada prueba, así como el monitoreo de las condiciones de temperatura en los dinamómetros. Los fabricantes desarrollaron electrónica para la operación de los dinamómetros de acuerdo con los parámetros de revisión y validación de carga que establece el software.

adecuadamente, pero que ya en la práctica real, ante la operación continua, requería de constantes ajustes que retrasaban el trabajo, aun cuando éstos se hacían rápidamente.

Una vez resueltos los problemas de operación de los equipos y teniendo en funcionamiento las primeras líneas de cada uno de los proveedores, el siguiente problema fue la resistencia de los verificentros a instalar los nuevos equipos. El fin del primer semestre del año 2011 se fijó como límite para la suspensión de la operación de los equipos CAM97, pero al llegar la fecha sólo existían 22 líneas de verificación con equipo GDF09, por lo que resultó imposible suspender la operación de los equipos viejos, pues no se contaba con equipo nuevo suficiente para atender la demanda de servicio.

Para el segundo semestre de 2011, una gran cantidad de líneas de verificación ya habían sido pagadas, incluso varios centros guardaban los equipos nuevos en su almacén, pero no hacían la sustitución. Por ello se obligó al cierre de un porcentaje de líneas de verificación CAM97. Esta medida ocasionó que la instalación de los nuevos equipos fuese más rápida, pero se saturó la capacidad de los fabricantes para dar respuesta a la instalación en todos los centros. Por todas estas razones, el proceso de sustitución ha sido lento y se estima que concluirá durante este año, 2012 (véase la tabla 3).[11]

Valoración de la operación del equipo GDF09

La operación de los equipos GDF09 presenta una serie de aciertos para mejorar las verificaciones vehiculares y lograr que estén libres de manipulaciones. También permite un mayor control administrativo sobre el proceso.

El beneficio más importante es el incremento en la detección de unidades con altos valores de emisión de contaminantes, ya que el índice de rechazo por emisiones

Archivo DGGCA

Equipos de verificación CAM97.

Equipos de verificación GDF09.

[11] A partir del segundo semestre de 2012 ya no se permitió la operación de equipos CAM97 de verificación vehicular, aunque se tiene contemplado que la instalación de la totalidad de los equipos GDF09 concluya hasta noviembre del mismo año. Al momento de la elaboración de este libro se tienen 270 líneas nuevas en operación y 120 por instalar.

Tabla 3. Número de líneas de verificación GDF09, agosto de 2012

Verificentro	Líneas en operación	GDF-2009 Líneas por instalar
9001	3	2
9002	6	1
9003	4	1
9004	5	1
9005	4	1
9006	4	1
9007	3	4
9008	3	2
9009	3	2
9010	2	4
9011	2	3
9012	4	2
9013	4	1
9014	3	3
9015	3	1
9016	3	1
9017	4	1
9018	4	1
9019	5	1
9020	3	2
9021	5	0
9022	5	1
9023	4	1
9024	2	1
9025	4	1
9026	3	1
9027	2	3
9028	3	2
9029	2	2
9030	4	1
9031	2	1
9032	5	0
9033	6	0
9034	3	1
9035	3	3
9036	5	0
9037	3	0
9038	2	1
9039	4	2
9040	4	0
9041	4	1
9042	3	3
9043	1	3
9044	5	1
9045	2	1
9046	3	2
9047	3	3
9048	1	3
9049	3	1
9050	3	2
9051	3	2
9052	2	3
9053	4	1
9054	3	1

Continúa en la página siguiente

Viene de la página anterior

9055	3	1
9056	2	1
9057	4	1
9058	2	2
9059	2	1
9061	3	2
9062	5	1
9063	1	3
9064	2	2
9065	5	1
9066	3	1
9067	3	2
9068	4	2
9070	4	0
9071	2	1
9072	5	0
9073	5	0
9074	4	0
9075	4	1
9076	1	2
9077	3	1
9078	2	1
9079	3	2
9080	4	2
9081	4	3
9082	4	2
9083	2	2
1070	1	0
Total	**270**	**120**

Nota: Sólo se incluyen líneas para prestar el servicio a unidades ciclo Otto, ya sean dedicadas o duales. Datos actualizados al 22 de agosto de 2012.
Fuente: DGGCA de la SMA.

altas pasó de 7.7% con el equipo CAM97 a 25.9% con el equipo GDF09.[12]

El incremento en la detección de vehículos contaminantes presenta otro impacto importante, pues las unidades reprobadas deben recibir mantenimiento para aprobar la verificación en un siguiente intento; de lo contrario, el sistema volverá a detectar los niveles de emisión por encima de la norma. En el caso de los equipos CAM97 esto no sucedía, ya que las unidades no aprobadas eran llevadas a un taller mecánico en donde se les hacía un mantenimiento correctivo; en otros casos, el vehículo se presentaba en un centro

[12] La comparación se hizo con base en las verificaciones vehiculares realizadas el 29 de febrero, dado que ese día se obligó a los verificentros a aplicar pruebas únicamente con equipos GDF09 en vehículos modelos 1991 a 2003. Sin embargo, varios verificentros no recibieron la notificación a tiempo, por lo que siguieron utilizando ambos equipos. Ello propició las condiciones que facilitaron la comparación de los resultados obtenidos con las dos clases de equipo.

en el que recibía apoyo para permitirle la aprobación aun en malas condiciones.

En el cuadro 2 se muestran algunos ejemplos de unidades rechazadas que en un periodo menor a 20 minutos volvieron a ser verificadas en el mismo centro y entonces fueron aprobadas. En tan poco tiempo se estima improbable que la unidad hubiese recibido el mantenimiento necesario para reducir sus emisiones.

La tasa de rechazo está integrada por la detección de unidades con emisiones por encima de la norma, de vehículos con alteración de algún componente que se detecta de forma visual, de automotores que presentan manipulación del motor para engañar la prueba de revisión y de autos con un convertidor catalítico en mal estado. Este último motivo de rechazo de la prueba de verificación vehicular se incrementó casi cinco veces; así, la detección de catalizadores en mal estado pasó de 1.04 a 4.9 por ciento.[13]

Sumado a lo anterior se han tenido beneficios operativos y administrativos, algunos de ellos planeados y otros inesperados. A continuación se presentan los beneficios más importantes detectados hasta el momento, a partir del uso de esta nueva infraestructura:

a) Valida de forma automatizada, ante la Secretaría de Finanzas (SF), las líneas de captura utilizadas para la compra de hologramas o para el pago de las multas por verificación vehicular extemporánea. Esto impide la aceptación de documentos apócrifos.
b) Permite la actualización en línea de los cambios de software, lo cual evita gastos a los verificentros, asegura la homologación del servicio en todos ellos y permite hacer actualizaciones en el momento en que la autoridad lo requiera.
c) Detecta errores en la información histórica de la base de datos acerca de las características técnicas de los auto-

[13] La comparación se hizo con base en las verificaciones vehiculares realizadas el 29 de febrero, dado que ese día se obligó a los verificentros a aplicar pruebas únicamente con equipos GDF09 en vehículos modelos 1991 a 2003. Sin embargo, varios verificentros no recibieron la notificación a tiempo, por lo que siguieron utilizando ambos equipos. Ello propició las condiciones que facilitaron la comparación de los resultados obtenidos con las dos clases de equipo.

Cuadro 2. Autos rechazados y aprobados sin mantenimiento vehicular entre ambas pruebas

Placa	Diferencia (minutos)	Valor de gas rechazado (ppm)	Valor de gas aprobado (ppm)
865SFA	8	229 HC	38 HC
195XLU	3	1 084 HC	7 HC
951UJL	14	4 036 NO_X	973 NO_X
289WZP	18	491 HC	55 HC
625PTB	9	313 HC	58 HC

HC: hidrocarburos; NO_X: óxidos de nitrógeno.
Fuente: DGGCA de la SMA.

motores comercializados en el país. Esto ocurre cuando el error impide la aprobación de los automotores, debido a la aplicación de cargas muy altas que no corresponden con el peso que se tiene registrado del vehículo.

d) Valida la información y toma decisiones; así evita que los técnicos manipulen los datos de identidad de cada vehículo, con el objeto de evadir multas o para entregar holograms con mayores beneficios (dar un holograma 0, en lugar de un 2, por ejemplo).

e) Evita la operación de los equipos en mal estado, cuando éstos presentan daños en el analizador de gases y/o el dinamómetro y/o la estación meteorológica, por falta de mantenimiento o por manipulación.

El Centro Mario Molina realizó una valoración sobre la forma en que operan los equipos de verificación vehicular GDF09; ésta consistió principalmente en revisar si con estos equipos se evitaba la problemática que su personal detectó en los equipos CAM97.[14] Los resultados fueron los siguientes:

a) *Equipamiento electrónico actualizado y técnicamente escalable.* El equipo GDF09 elimina la obsolescencia tecnológica y organizacional de los sistemas de cómputo con los que operaba el CAM97. Además de actualizar las computadoras personales de las estaciones de

[14] Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, *Evaluación operativa del nuevo equipamiento "GDF-2009" del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria de la Ciudad de México*, México, Centro Mario Molina, 2011.

captura de datos y de realización de la prueba de gases, se estructuraron servidores virtuales en cada verificentro para el manejo del sistema general; éstos pueden ser expandidos y son más versátiles y seguros, pues operan con dos discos duros en espejo, tarjetas de red redundantes y al menos dos procesadores.

b) *Altos niveles de seguridad y control gubernamental del software y el hardware*. El equipo GDF09 opera con software diseñado y controlado por el gobierno del Distrito Federal, lo que resuelve la inaccesibilidad al código fuente del software, propiedad de los distintos proveedores de equipo. De esta forma ya no es posible la manipulación unilateral de las bases de datos, amparada en la "secrecía industrial" del fabricante. De forma adicional, los equipos cuentan con sensores físicos y electrónicos para detectar de manera redundante cualquier intento de violación o manipulación del hardware del sistema.

c) *Mayor orden físico y visual en el equipamiento*. Los nuevos gabinetes, los cinco módulos operacionales y el conjunto de conexiones de los equipos GDF09 están organizados de manera estandarizada y se encuentran señalizados de forma clara. Los gabinetes de ventanas traslúcidas de Tecnikal son los que cumplen mayormente con el atributo de transparencia ante el público y las autoridades.

d) *Certeza en la operación y aplicación de carga del dinamómetro*. En el nuevo equipamiento, los dinamómetros poseen conexiones monitoreadas por el sistema de cómputo; así, cualquier desconexión o falla de la señal es detectada y las pruebas son interrumpidas hasta la solución del problema. Aunque los dinamómetros que se usan son los mismos, con el nuevo equipo y dependiendo de su estado, se hizo necesaria su rectificación, el cambio de cables y conexiones, así como la introducción de celdas de carga con parámetros de operación certificados y conocidos. Algunos dinamómetros, eventualmente, tendrán que ser sustituidos por no tener la capacidad de carga necesaria para vehículos grandes.

e) *Procedimientos de calibración y medición más seguros y completos*. Los procedimientos de calibración inicial de los equipos para dotar de veracidad química a los dispositivos electrónicos de los módulos (banca óptica y sensores de oxígenos y óxidos de nitrógeno) fueron actualizados con las rutinas solicitadas por los fabricantes de la microbanca. Los procedimientos para la toma de muestras y la limpieza de la sonda también fueron mejorados con el fin de disminuir la posibilidad del uso de muestras alternativas o de una dilución forzada. Asimismo, se agregaron alertas para cuando ocurran problemas en la operación de la microbanca y se instalaron dos estaciones meteorológicas, se homogeneizó su ubicación dentro de la nave del verificentro y se estableció una redundancia de seguridad.

f) *Mayor control y seguridad en bases de datos*. Con el nuevo equipo, el registro electrónico de cada verificación es compartido en tiempo real entre los verificentros y el sistema de cómputo centralizado en la SMA, que mantiene el control administrativo de los datos y el otorgamiento del holograma correspondiente, según sea el caso. Ahora, el servidor central del verificentro forma parte de una base de datos distribuida que comparte información, pero que mantiene su autonomía en caso de que se interrumpa la comunicación entre la autoridad y los participantes del PVVO.

Por lo anterior, se estima que se establecerá un mejor control en la evaluación de emisiones, haciendo más efectivo el PVVO en el Distrito Federal. El equipo GDF09 da mayor certidumbre a las pruebas de verificación, pues se apega de manera más estricta a lo especificado en las normas NOM-041 y NOM-047. En particular, al corregirse todas las fallas detectadas en los verificentros, se podrían disminuir la mitad de las emisiones contaminantes de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles provenientes de fuentes móviles. Esto también ayudaría a la reactivación del reemplazo de convertidores catalíticos desgastados, para lograr una reducción importante en las emisiones de

óxidos de nitrógeno, que son un importante precursor de la formación de ozono y aerosoles secundarios.

La recomendación central de esta evaluación es que los avances logrados gracias al equipo GDF09 sean auditables por las áreas de inspección y vigilancia del GDF y las entidades de certificación o acreditación. Es necesario desarrollar los procedimientos correspondientes, muchos de los cuales deberán ser electrónicos para evitar la discrecionalidad, lo cual incrementaría los beneficios del cambio de equipamiento, y la transparencia y credibilidad del PVVO.

Asimismo, la actualización del software es la clave para mantener la seguridad del sistema. Es importante que el software de gobierno sea revisado y actualizado al menos cada seis meses para evitar alteraciones.

Se recomienda, además, que los próximos desarrollos de los equipos GDF09 incluyan la aplicación de la prueba de opacidad (NOM-045) y una nueva prueba oficial tipo OBD-II, mediante la cual se verifiquen los autos que cuenten con este sistema; ello se debe a que los nuevos equipos poseen la conexión física, pero sólo miden las revoluciones por minuto del motor.

Por otra parte, junto con el inicio de este proceso ha habido una mayor carga de trabajo por el servicio que se debe aplicar al software de verificación (anteriormente esto era responsabilidad del fabricante de equipo), por lo que se han generado sobrecargas laborales para el personal que atiende este aspecto.

De igual forma, hay una limitación importante en la infraestructura de cómputo dedicada al sistema, lo que ha propiciado lentitud en la operación de la verificación cuando existe sobredemanda del servicio (generalmente a finales del periodo de verificación), por lo que se está gestionando el recurso necesario para la adquisición de un nuevo servidor que se sume al sistema de cómputo actual.

Durante el comienzo de las operaciones se encontró que la información histórica contenida en las bases de datos, capturada con los equipos CAM97, presenta una serie de errores que afecta la operación de los nuevos equipos GDF09, dado que estos últimos basan su operación en dicha información. En la actualidad, las bases de datos

de los equipos CAM97 se están depurando para evitar los conflictos generados en la operación de los equipos GDF09, aunque este proceso finalizará hasta que todo el parque vehicular sea verificado con los nuevos equipos.

Para finalizar, el nuevo equipo no incluye software para el uso de opacímetros, por lo que está imposibilitado para la verificación de unidades que utilizan diesel. Esto sucedió porque, durante el proceso de acreditación de los equipos, fue modificada la norma oficial mexicana que establecía las características de los opacímetros, así como el protocolo de prueba de los mismos; de ese modo se desecharon los avances obtenidos respecto del software. Lo más importante fue que el proceso de evaluación de los opacímetros por parte del CENAM se vio afectado.

En ese momento se decidió continuar con el proceso de acreditación de los equipos sólo para unidades de motor ciclo Otto y dejar para otro momento el trabajo para las unidades a diesel. La decisión se tomó debido a que la normatividad más reciente presentaba errores crasos de carácter técnico que la hacían inaplicable; por tanto, se asumió que la misma sería sustituida en corto tiempo y no resultaba productivo dedicar tiempo a la programación de una norma que debía ser modificada. Asimismo, no era conveniente retrasar el tiempo para la acreditación de los equipos esperando valoraciones de los opacímetros, dado que sólo se evalúan 14 000 unidades de diesel cada semestre, contra más de dos millones de vehículos de ciclo Otto.

La valoración de las emisiones de los automotores que utilizan diesel continuará realizándose con equipos CAM97, mientras se desarrolla el software adecuado; para ello deberá obtenerse de la SEMARNAT una autorización para modificar totalmente el protocolo y la forma de determinar el resultado de aprobación o rechazo, dado que la norma actual contiene problemas de aplicación.

Normas de verificación vehicular

La verificación de los vehículos en circulación está regulada por las siguientes normas oficiales mexicanas: NOM-041-SEMARNAT-2006 (referente a los límites máximos de emisión para automotores de gasolina) y su acuerdo modificatorio

del 28 de diciembre de 2011; NOM-045-SEMARNAT-2006 (referente a los límites máximos de emisión, equipamiento y protocolo de prueba para automotores a base de diesel); NOM-047-SEMARNAT-1999 (referente al equipamiento y protocolo de prueba para automotores que utilizan gasolina), y NOM-050-SEMARNAT-1993 (referente a límites máximos de emisión para automotores de gas natural, gas licuado de petróleo y otros combustibles alternativos).

Estas normas presentan elementos que, a juicio del área técnica de la SMA, son incorrectos u obsoletos, por lo cual deben ser modificados. Sin embargo, lograr su actualización es complejo debido al proceso de normalización que debe seguirse de acuerdo con la SEMARNAT, así como a los intereses de los diversos participantes del grupo de trabajo de cada norma.

Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006

En 2006 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, que incluía los límites máximos permisibles de óxidos de nitrógeno (mismos que desde 1997 se revisaban en la ZMVM, pero sólo como requisito local). Se incluyó el concepto de lambda como criterio de rechazo, se redujo el valor del oxígeno para los límites máximos permisibles y se cerró el intervalo permitido para detectar dilución en los gases de escape.

Estos cambios tuvieron lugar a petición de la SMA, y tenían como objetivo detectar y evitar que aprobaran la verificación vehicular aquellas unidades que presentaran manipulación en el sistema de regulación de la mezcla aire/combustible.

Sin embargo, durante el largo proceso de valoración de los cambios propuestos por la SMA, hubo opciones que propusieron la reducción de los valores de emisión definidos para los hidrocarburos y el monóxido de carbono; estos cambios fueron propuestos luego de la evaluación estadística de las bases de datos generadas en la verificación vehicular. El estudio de los datos, desafortunadamente, no incluyó el análisis de las pruebas con alta probabilidad de haber sido trampeadas, lo que al final motivó que se aprobaran límites de emisión extremadamente estrictos, sobre

todo para las unidades ligeras modelo 1990 y anteriores, así como para las camionetas modelo 1993 y anteriores (véase el cuadro 3).

Los límites definidos resultaron más estrictos a los aplicados en algunas unidades nuevas, por lo que resultaban prácticamente imposibles de aprobar para poco más de 65% del parque vehicular anterior a 1990,[15] aun cuando los vehículos mostraban buen mantenimiento.

Esta situación desmotivó a los usuarios para la reparación de ese grupo de vehículos, por lo que las unidades sólo eran presentadas en los centros para dar "el brinco".[16]

De esta forma, las unidades perdieron su desempeño ambiental e incrementaron gradualmente sus niveles de contaminación (a pesar de que en las bases de datos de verificación se registren valores bajos de emisiones). El cuadro 4 muestra las emisiones vehiculares registradas en vehículos modelo 1990 y anteriores, los cuales fueron valorados con un sistema

Cuadro 3. Límites máximos permisibles históricos de emisiones contaminantes por vehículos automotores. Zona Metropolitana del Valle de México, 1997-2012

Fechas de aplicación	Modelos vehiculares	HC (ppm)	CO (% vol)	O_2 (% vol)	NO (ppm)	$CO + CO_2$ Mín/Máx (% vol)	Lambda
1997 a 1999[1]	1985 y anteriores	400	4.0	6.0	No aplicó	7.0/18.0	No aplicó
	1986 a 1990	350	3.0	6.0	No aplicó	7.0/18.0	No aplicó
	1991 y posteriores, además de microbuses	200	2.0	6.0	No aplicó	7.0/18.0	No aplicó
1999 a 2006[2]	1993 y anteriores	300	3.0	6.0	Aplicó localmente	7.0/18.0	No aplicó
	Microbuses	100	1.0	6.0	Aplicó localmente	7.0/18.0	No aplicó
2007 a 2012[3]	1993 y anteriores	180	2.0	3.0	2500[4]	13/16.5	1.1

[1] NOM-041-ECOL-1996, publicada el 25 de febrero de 1997 en el *Diario Oficial de la Federación*.
[2] NOM-041-ECOL-1999, publicada el 6 de agosto de 1999 en el *Diario Oficial de la Federación*.
[3] NOM-041-ECOL-2006, publicada el 6 de marzo de 2007 en el *Diario Oficial de la Federación*.
[4] En la ZMVM se establecieron límites máximos permitidos de 2500 ppm en el programa de verificación de cada entidad.
HC: hidrocarburos; CO: monóxido de carbono; O_2: oxígeno; NO: óxido de nitrógeno; CO_2: dióxido de carbono.
Fuente: DGGCA de la SMA.

[15] En este documento sólo se hace referencia a las unidades modelo 1990 y anteriores, pero un problema similar ocurría en las camionetas de modelo 1993 y anteriores.
[16] Se denominó "brinco" al uso de un vehículo en buen estado para ayudar a aprobar uno en malas condiciones. En la actualidad, se conoce como "brinco" cualquier acción realizada por los centros para aprobar unidades en mal estado.

de sensor remoto, que mide las emisiones de las unidades en movimiento sobre la vialidad donde se coloca el sistema, de forma tal que se miden las emisiones de los vehículos en condiciones reales de circulación.

En el cuadro 4 se aprecia que entre los años 2000 y 2005 se redujeron de manera importante las emisiones de monóxido de carbono y de hidrocarburos, y hubo un incremento en la emisión de dióxido de carbono, lo que muestra una mejora en las condiciones de operación de estas unidades. Sin embargo, para 2008 se revirtió esta condición, por lo que se tienen valores de CO y HC muy superiores a los que se tenían en el año 2000, con la consecuente disminución del dióxido de carbono.

Los elementos anteriores, así como un análisis detallado acerca de los límites de emisión adecuados para la aplicación de unidades de carburación, fueron presentados a la SEMARNAT; así se logró que el 28 de diciembre de 2011 se publicara un acuerdo que modificaba la NOM-041-SEMARNAT-2006, donde se definía la aplicación, a partir del 1 de enero de 2012, de los límites máximos permisibles establecidos, con lo que quedaron definidos los límites que se muestran en los cuadros 5 y 6.

Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006

Esta norma se aplica a los vehículos en circulación a base de diesel, aunque presenta varios errores que no sólo afec-

Cuadro 4. Resultados de las campañas de monitoreo en la Zona Metropolitana del Valle de México para unidades a base de gasolina, 2000, 2005 y 2008

Año de monitoreo	CO (%vol)	CO_2 (%vol)	HC (ppm)	NO_X (ppm)
Modelos 1980 y anteriores				
2000	2.92	12.90	505	1272
2005	2.21	13.43	293	1258
2008	4.84	11.51	712	783
Modelos 1981 a 1990				
2000	2.61	13.12	378	1436
2005	2.29	13.36	305	1403
2008	2.98	12.83	753	1071

CO: monóxido de carbono; CO_2: dióxido de carbono; HC: hidrocarburos; NO_X: óxidos de nitrógeno.
Fuente: DGGCA de la SMA.

tan la eficiencia de la norma sino que incluso impiden su aplicación. Los principales son que condiciona la realización del protocolo de prueba a la valoración de las revoluciones por minuto respecto a los valores de revoluciones establecidos por el fabricante en condiciones de ralentí y a corte de gobernador.

La información de las revoluciones por minuto a corte de gobernador no está especificada por los fabricantes –o, por lo menos, no se cuenta con información al respecto a pesar de haberse solicitado a la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT)–, por lo que resulta imposible realizar dicha valoración.

Otro error que propicia problemas en el proceso de la verificación es no haber establecido que el resultado final de la prueba debe obtenerse cuando las mediciones continuas de opacidad no presentan una tendencia de disminución de los valores; debido a este error es posible reprobar vehículos en buenas condiciones de operación, pero que están fríos o no han sido correctamente desfogados. Tam-

Cuadro 5. Límites máximos permisibles para automóviles de pasajeros

Año/modelo del vehículo	Hidrocarburos	Monóxido de carbono	Oxígeno	Óxido de nitrógeno	Dilución		Lambda
					Mín.	Máx.	
	HC (ppm)	CO (% Vol.)	O_2 (% Vol.)	NO (ppm)	$CO + CO_2$ (% Vol.)		
1990 y anteriores	350	2.5	3.0	2500	13	16.5	1.1
1991 y posteriores	100	1.0	3.0	1500	13	16.5	1.05

Fuente: *Diario Oficial de la Federación* del 28 de diciembre de 2012.

Cuadro 6. Límites máximos permisibles para unidades utilitarias o de usos múltiples, y camiones ligeros, medianos y pesados

Año/modelo del vehículo	Hidrocarburos	Monóxido de carbono	Oxígeno	Óxido de nitrógeno	Dilución		Lambda
					Mín.	Máx.	
	HC (ppm)	CO (% Vol.)	O_2 (% Vol.)	NO (ppm)	$CO + CO_2$ (% Vol.)		
1993 y anteriores	350	2.5	3.0	2500	13	16.5	1.1
1994 y posteriores	100	1.0	3.0	1500	13	16.5	1.05

Fuente: *Diario Oficial de la Federación* del 28 de diciembre de 2012.

poco se considera el humo azul como elemento suficiente para reprobar el vehículo; éste es un indicador de una mala operación del motor, aunque su coloración permite una mala lectura de opacidad (el opacímetro mide coloraciones negras y grises pero no de otros colores).

Debido a estos problemas, se ha solicitado a la SEMARNAT la modificación de esta norma; sin embargo, no se han hecho los cambios necesarios, por lo que la SMA se ha negado a firmarla.

Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999

Esta norma es aplicable al parque vehicular en circulación que utiliza gasolina; ya ha sido revisada en el grupo de trabajo de la SEMARNAT y se han hecho varias actualizaciones, pero el interés de varias personas del grupo de trabajo por incluir una revisión de las condiciones de los automotores mediante la lectura de los códigos de falla del sistema de diagnóstico a bordo OBD II ha retrasado su conclusión.

La posición que asume la SMA es que, para establecer una norma con estas condiciones, deben hacerse pruebas de campo para resolver las dudas relacionadas con este tipo de pruebas de inspección vehicular. Las dudas son:

- Si habrá una mayor facilidad de manipulación de los sistemas, lo que aumentaría la corrupción en los verificentros, pues habría "servicios" de borrado de los códigos de falla.
- Si este procedimiento facilitaría la homogeneidad de los sistemas de diagnóstico a bordo que existen en los automotores del país, dada la diversidad en el parque vehicular y la falta de regulación sobre el tema en México.

Norma Oficial Mexicana NOM-050-SEMARNAT-1993

Esta norma se aplica a las unidades que utilizan gas natural, gas licuado de petróleo o algún otro combustible alternativo. Desde su publicación nunca ha sido revisada, pero existe evidencia de que es inaplicable para unidades a base de gas natural que utilizan sistemas de mezcla empobrecida de combustible, ya que por las características de

su operación y tecnología generan valores de oxígeno que superan los máximos permisibles.

Normas oficiales mexicanas NOM-ECOL-047-1993 y NOM-ECOL-048-1993

Estas normas aplican para la verificación de las motocicletas de dos y cuatro tiempos, respectivamente, pero presentan errores técnicos que impiden su aplicación, por lo que en la Ciudad de México no se obliga a la verificación de motocicletas desde 1996. Incluso desde 2006 estas últimas están exentas de la verificación por falta de normatividad para la valoración de sus emisiones.

En el caso de las motocicletas de dos tiempos la norma sustenta su valoración en la prueba de opacidad, lo cual es incorrecto pues el opacímetro está diseñado para detectar la opacidad de humos de color negro o gris; por ello la coloración azulada de las motocicletas que utilizan gasolina y aceite, impide una adecuada operación del equipo.

Para el caso de las motocicletas de cuatro tiempos, el principal problema es la dilución generada en el proceso de medición de emisiones, lo cual arroja resultados incorrectos. Dicha dilución se da por la diferencia de flujo de gas producido por las motocicletas y el caudal que toma el sistema de muestreo.

Recomendaciones

1. Incrementar la capacidad de servidores y almacenamiento del sistema que permite la operación de los equipos GDF09. Se necesitan dos servidores para base de datos, ampliar la capacidad de almacenamiento a un mínimo de 12 Tb, la instalación del software y el hardware, la creación de un *cluster* de Windows y SQL, y la migración de las aplicaciones al nuevo equipo; se estima que todo esto tiene un costo de 185 000 dólares.
2. Modificar la estructura del personal que opera el sistema y el software de los equipos GDF09, para lo cual debe incrementarse el número de operadores (se estima un mínimo de dos personas adicionales), así como nivelar sus salarios. Asimismo, se requiere de personal de sistemas que conozca programación

orientada a objetos, administración de bases de datos, plataforma de sistema operativo Microsoft Windows Server, así como programación en Visual Studio.

3. Desarrollar el software que permita la operación del equipo GDF09 para unidades vehiculares que utilizan diesel.
4. Impulsar la revisión, la actualización y la publicación de las normas oficiales mexicanas que tienen injerencia en la verificación vehicular del Distrito Federal y desarrollar normas ambientales específicas para la Ciudad de México.
5. Mantener los convenios con los estados de la República y establecer estrategias de seguimiento institucional para atacar los problemas de corrupción que pudieran presentarse.
6. Establecer acciones que motiven a una mejora en las condiciones ambientales de los autos matriculados en el Estado de México y definir condiciones que disuadan la migración del parque vehicular.
   a) Revisar el condicionamiento de la verificación vehicular al no adeudo de infracciones de tránsito o de tenencia.
   b) Lanzar y mantener una campaña intensa y continua de revisión y sanción de vehículos matriculados en otras entidades que sean ostensiblemente contaminantes, para lo cual se cuenta con dos equipos de sensor remoto y con el Programa de Vehículos Contaminantes.
   c) Apoyar técnicamente a las entidades vecinas en caso de que decidan implementar un proceso de sustitución de equipos de verificación, como el desarrollado en el Distrito Federal.
   d) Recoger y mantener en poder de la autoridad correspondiente la placa o algún documento del vehículo o del conductor en caso de que este último cometa infracciones de tránsito.

II
Programa Hoy No Circula

Antecedentes

En 1984 la agrupación ecologista Mejora tu Ciudad impulsó un programa voluntario que consistió en invitar a los automovilistas a dejar de utilizar su vehículo un día a la semana; para ello se repartieron cerca de 400 000 calcomanías que eran el distintivo visual para los vehículos que se sumaban a la iniciativa, mismas que se colocaban en los parabrisas de los automóviles y mostraban el día hábil que la unidad no circularía.

Para 1989 el programa era un hecho oficial de la entonces administración de la Ciudad de México, de tal forma que los días 6 y 20 de noviembre de ese año, se publicó en la *Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal y en el Diario Oficial de la Federación*, respectivamente, el "Acuerdo por el que se establecieron los criterios para limitar la circulación de los vehículos automotores un día a la semana".

En dicho acuerdo se fijaron las condiciones de aplicación del programa conocido como Hoy No Circula, mediante el cual se prohibió la circulación en un horario comprendido entre las 5:00 y las 22:00 horas, un día hábil a la semana (de lunes a viernes), de 20% del parque vehicular que circulaba en el territorio del Distrito Federal, en los periodos comprendidos entre el 20 de noviembre y el último día de febrero del año siguiente.

La decisión de aplicarlo durante la temporada invernal obedecía al hecho de que durante esa época eran comunes las inversiones térmicas que dificultan la dispersión de los contaminantes del área metropolitana; esto provocaba altas concentraciones de contaminantes (sobre todo de ozono) en el aire, lo cual ponía en riesgo la salud de la población. De esta forma, resultaba necesario disminuir la tasa de emisiones de contaminantes, y dado que los vehículos re-

sultaban responsables de la emisión de más de 70% de los contaminantes del aire, se aplicó el mencionado programa.

El primero de marzo de 1990 se hizo obligatoria y permanente la limitación de la circulación vehicular durante un día hábil de la semana. El programa fue aplicable a todos los automotores, excepto a aquellas unidades de servicios médicos, seguridad pública, bomberos y servicio público de pasajeros.

El 16 de enero de 1991 se publicó un nuevo acuerdo para limitar la circulación de vehículos que prestaban el servicio de transporte público en el Distrito Federal.

El 31 de octubre de 1991, y debido a la petición de organizaciones de transportistas en el Distrito Federal, se actualizó nuevamente el programa, que estableció la restricción a 20% de los vehículos de transporte público en un día hábil, con los mismos criterios aplicados al parque vehicular general, salvo en el horario restrictivo, de las 10:00 a las 21:00 horas.

En julio de 1996 se realizó una modificación más al programa, al que se sumó la restricción diaria del esquema Doble Hoy No Circula, el cual consistió en restringir la circulación de 40% del parque vehicular cuando se decretaba una contingencia ambiental (lo que significa que se han alcanzado elevadas concentraciones de ozono en la ciudad).

Esta modificación estuvo acompañada de la estratificación del parque vehicular, al cual se le entregaron hologramas numerados con 1 o 2, de forma que los vehículos que tenían el holograma 1 quedaban exentos del Doble Hoy No Circula. Este holograma se otorgaba a los vehículos de gasolina, gas licuado de petróleo o gas natural, con sistemas electrónicos de dosificación de combustible y con convertidor catalítico, que presentaban en la verificación valores iguales o menores a 200 ppm de hidrocarburos y 2% de monóxido de carbono. En el caso de las unidades a base de diesel se exigía el cumplimiento de la norma internacional EPA94 y un límite de 1 m^{-1} en coeficiente de absorción de luz.

El penúltimo día de 1996 se ampliaron las condiciones de exención al programa Hoy No Circula, para lo cual se

estableció el holograma 0, con el que se exentaba la restricción en el esquema diario y por contingencia ambiental.

La actualización tuvo como objetivo reconocer las bajas emisiones de los vehículos con mayor y mejor tecnología que circulaban en la Ciudad de México; de esta forma, el holograma 0 sólo era para vehículos modelo 1993 y posteriores, ya que incluían sistemas electrónicos de dosificación de combustible y sistemas de control de emisiones (convertidor catalítico de tres vías).

En el año 2004 se modificó nuevamente el programa para establecer que el holograma 0 sólo se daría a los vehículos de gasolina de hasta 10 años de antigüedad y a los vehículos de diesel de hasta 8 años (en el caso de las unidades de gas, no importaba el modelo de la unidad).

El cambio anterior tuvo lugar debido a que las condiciones originales para la obtención del holograma 0 permitían que los vehículos 1993 y posteriores exentaran el HNC, por lo que la restricción inicial de 20% del parque vehicular en día laborable decayó hasta 8%, con una tendencia que indicaba que para 2010 se acercaría a 3% del parque vehicular.

Justificación

Como se mencionó en páginas anteriores, el uso de automotores en la ZMVM genera la emisión de más de 80% de los contaminantes que diariamente ensucian el aire de nuestra metrópoli. El parque vehicular se incrementa día con día, y se estima un incremento anual cercano a 3% en el Valle de México.

Dicho crecimiento, además de la presión ambiental, también provoca congestionamientos en las vialidades, lo cual incrementa la tasa de emisiones.

Dado lo anterior, el programa Hoy No Circula produce beneficios ambientales, tanto por el número de unidades que no son utilizadas como por la liberación de espacio vial que su aplicación propicia. De forma adicional, es importante señalar que este programa ha sido un incentivo para la aplicación de acciones tendentes a reducir la contaminación de las fuentes móviles, pues con él se exenta de las restricciones a los vehículos que se integran a otros programas como el de Autorregulación de Vehículos a

Diesel. Asimismo, el HNC incentiva permanentemente la renovación del parque vehicular.

Operación del programa (2006-2012)

En el segundo semestre del año 2008 se hicieron las últimas modificaciones al programa Hoy No Circula, las cuales consistieron en lo siguiente: se restringió la entrega del holograma 0 a las unidades de gasolina de hasta ocho años de antigüedad; comenzó la aplicación del programa en sábado, de manera que 20% del parque vehicular con holograma 2 no circula cada sábado, y se restringió la circulación de unidades matriculadas en otros estados con horario de las 5:00 a las 11:00 horas en días laborales, más un sábado al mes. A continuación se presenta la explicación y los resultados de cada una de estas adecuaciones.

Entrega del holograma a unidades de hasta ocho años que utilizan gasolina

El holograma 0 permite al auto que lo porta circular dentro de la ZMVM en cualquier día de la semana y en cualquier horario. Los criterios para la entrega de este holograma a unidades que sólo usan gasolina han variado en cuatro ocasiones durante la historia del programa Hoy No Circula; las modificaciones se presentan a continuación:

- *Criterio de exención al HNC aplicado de 1997 a 2004.* El holograma se entregaba a vehículos de gasolina modelo 1993 y posteriores que tuvieran sistemas electrónicos de dosificación de combustible, sistemas de control de emisiones (convertidor catalítico de tres vías), y que cumplieran con los límites de emisión definidos por la Comisión Ambiental Metropolitana (HC = 100 ppm, CO = 1% y NO_X = 1 200 ppm).
- *Criterio de exención al HNC aplicado de 2004 al primer semestre de 2008.* El holograma se otorgaba a unidades que utilizan gasolina y de hasta 10 años de antigüedad, y que cumplieran con los límites de emisión establecidos (hasta el final del primer semestre de 2007 los límites de emisión fueron HC = 100 ppm,

CO = 1% y NO_X = 1 200 ppm; a partir de julio de 2007, los límites fueron modificados de la siguiente forma: HC = 50 ppm, CO = 0.4% y NO_X = 800 ppm).

- *Criterio de exención al HNC aplicado a partir del segundo semestre de 2008*. El holograma se otorga a unidades de gasolina de hasta ocho años de antigüedad y que cumplan con los límites de emisión definidos (HC = 50 ppm, CO = 0.4% y NO_X = 800 ppm).
- *Criterio de exención al HNC aplicado a partir del primer semestre de 2012*. El holograma se otorga a unidades de gasolina de hasta ocho años de antigüedad y que cumplan con los límites de emisión definidos (HC = 100 ppm, CO = 0.6% y NO_X = 1 000 ppm).

El primero de julio de 2008 comenzó la aplicación del criterio para reducir a ocho años la posibilidad de obtener el holograma 0 en la ZMVM, por lo que en ese semestre, los vehículos modelos 1998 y 1999 que habían obtenido un holograma 0 en el primer semestre de ese año, estuvieron exentos del programa durante el segundo semestre, hasta que realizaron la verificación del segundo semestre y se les entregó el holograma 2, con lo que dejaron de circular un día laboral a la semana y un sábado al mes.

Para 2009, a las unidades que utilizan gasolina modelo 2000 ya no se les dio el holograma 0, por lo que se incrementó el número de unidades que no circulaban un día laboral a la semana y un sábado al mes.

En la tabla 4 se presenta un análisis del parque vehicular del Distrito Federal que está obligado a dejar de circular de

Tabla 4. Cobertura del programa Hoy No Circula en unidades de uso particular. Distrito Federal, 1997-2009

Criterios de exención	Número de unidades		Porcentaje de flota		Restricción diaria	
	Exentos	No exentos	Exentos	No exentos	Unidades	Porcentaje
1997 a 2004	2 130 907	547 406	79.6%	20.4%	109 481	4.1%
2004 a 2008	1 790 074	888 239	66.8%	33.2%	177 648	6.6%
2008 y posteriores*	1 586 005	1 092 308	59.2%	40.8%	218 462	8.2%

* Datos del primer semestre de 2009 en el D.F.
Fuente: DGGCA de la SMA.

acuerdo con las restricciones establecidas actualmente en el programa HNC, y lo que hubiese ocurrido de no hacer las modificaciones al criterio de exención.

De acuerdo con el programa de verificación, actualmente están registrados y circulan en la Ciudad de México cerca de 2.67 millones de automotores de combustión interna obligados a verificar.[17] De esta cantidad, 1.1 millones de vehículos están obligados a dejar de circular un día a la semana y un sábado al mes, por lo que en cada día de la semana (con excepción de los domingos), 218 000 vehículos (8.2% del total) están impedidos para circular según las restricciones del programa Hoy No Circula.

De haber continuado con el esquema de exención que se aplicaba entre los años 2004 y 2008 dejarían de circular diariamente sólo 177 648 unidades matriculadas en el Distrito Federal, es decir, 41 000 unidades menos en relación con la cifra actual.

Al incluir el del Estado de México[18], resulta un parque vehicular total cercano a los cuatro millones de automotores de combustión interna en la ZMVM, de los cuales alrededor de 1.7 millones de vehículos están obligados a dejar de circular un día laboral y un sábado al mes. La modificación hecha en el año 2008 al esquema de exención permitió incrementar en 342 000 automotores obligados a dejar de circular.

Dado lo anterior, el beneficio resultante de que 68 400 unidades dejen de presentar diariamente emisiones contaminantes (excepto los domingos), permite estimar una reducción diaria adicional de 187 t de contaminantes criterio y 938 t de dióxido de carbono (uno de los gases que genera el cambio climático).

[17] No se incluyen motocicletas, las cuales no están obligadas a verificar; tampoco se incluyen vehículos que, estando registrados en la SETRAVI, puedan estar radicados en otras entidades federativas del país, por lo que no presentan verificación de emisiones vehiculares en el Distrito Federal y no circulan en la ciudad.

[18] La flota vehicular del Estado de México se conformó con los datos presentados por personal de la SMA del Edomex para el año 2006; después se estimaron los datos de la flota vehicular correspondiente a 2007 y años posteriores de aquella entidad, haciendo un análisis comparativo y proporcional respecto a la flota del Distrito Federal.

Restricción a la circulación de unidades con matrícula foránea

El primero de septiembre de 2008 comenzó una nueva modalidad del programa Hoy No Circula que consiste en no permitir la circulación de unidades con matrícula foránea de las 5:00 a las 11:00, los días hábiles en los que no había restricción, de forma que las limitaciones actuales para unidades con matrícula foránea son las siguientes:

- Si el último dígito numérico de la matrícula es 5 o 6, la unidad no circulará los lunes y el primer sábado de cada mes de las 05:00 a las 22:00 horas, además de no poder circular de las 05:00 a las 11:00 horas de martes a viernes.
- Si el último dígito numérico de la matrícula es 7 u 8, la unidad no circulará los martes y el segundo sábado de cada mes de las 05.00 a las 22:00 horas, y de las 05:00 a las 11:00 horas los lunes, miércoles, jueves y viernes.
- Si el último dígito numérico de la matrícula es 3 o 4, la unidad debe dejar de circular los miércoles y el tercer sábado de cada mes de las 05.00 a las 22:00 horas, además de dejar de circular de las 05:00 a las 11:00 horas los lunes, martes, jueves y viernes.
- Si el último dígito numérico de la matrícula es 1 o 2, la unidad debe dejar de circular los jueves y el cuarto sábado de cada mes, de las 05.00 a las 22:00 horas; y de las 05:00 a las 11:00 horas los lunes, martes, miércoles y viernes.
- Si el último dígito numérico de la matrícula es 9, 0 o porta permiso de circulación, la unidad debe dejar de circular los viernes y el quinto sábado de los meses que incluyan cinco sábados, de las 05:00 a las 22:00 horas, al igual que de las 05:00 a las 11:00 horas de lunes a jueves.

Esta modificación se aplicó porque existía evidencia de que los vehículos provenientes de otros estados arrojan hasta 10 veces más emisiones que unidades similares matriculadas en la ZMVM, situación que puede explicarse por los siguientes factores:

- La NOM-041-SEMARNAT-2006 establece límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono e hidrocarburos mucho más estrictos para los vehículos que circulan en la ZMVM que sus similares en el resto del país. Por ejemplo, un vehículo de pasajeros modelo 1978 podía emitir 600 ppm de hidrocarburos y 5% de monóxido de carbono en Morelos, pero en la ZMVM los vehículos del mismo año sólo podían emitir 150 ppm de hidrocarburos y 1.5% de monóxido de carbono.
- En la misma norma se establecen niveles estrictos de emisión de óxidos de nitrógeno para los vehículos de la ZMVM, pero estos gases no están normados en el resto del país, aun cuando son uno de los factores de la generación de ozono.
- Esta norma obliga a la evaluación, en la ZMVM, de las condiciones de operación del motor y, en su caso, a la sanción del vehículo de acuerdo con el lambda (relación entre los gases de escape); sin embargo, en el resto del país no se hace esta revisión.
- No revisar el lambda evita detectar los motores manipulados en la mezcla aire-combustible; con ello se puede falsear la verificación y aprobarla.
- La NOM-047-SEMARNAT-1999 establece, en la ZMVM, dos procedimientos para aplicar la prueba de verificación de emisiones con un protocolo más estricto, en el cual se simulan condiciones de carga y velocidad.
- En la ZMVM se aplica un programa de detección de convertidores catalíticos en mal estado, el cual obliga a sustituirlos. En el resto del país no existe un programa similar.

Fuera de la ZMVM, la verificación no es obligatoria para la totalidad de los vehículos; incluso, hay estados como Nuevo León en donde no se aplica ningún programa de verificación vehicular; por ello, algunos ciudadanos mexiquenses y capitalinos matricularon sus autos viejos en otros estados para evadir su obligación. Se estimó que 150 000 automotores fueron matriculados en otros estados, aunque las unidades circulaban diariamente en la ZMVM.

Por lo anterior, la Comisión Ambiental Metropolitana decidió aplicar una medida para promover el registro en el D.F. o en el Estado de México de los vehículos de propietarios que radican en la ZMVM, de forma tal que se exigiera la aplicación del programa a ese sector de la población y a los vehículos provenientes de provincia para garantizar condiciones similares de operación de los vehículos.

Ante la aplicación de esta medida y para facilitar, eventualmente, la circulación de vehículos matriculados en otros estados, los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México establecieron los siguientes esquemas que exentan del programa a estas unidades:

- La verificación voluntaria a unidades de otros estados para que obtengan el holograma 00 o 0, con lo que exentan el HNC por periodos de 24 y 6 meses, respectivamente. Este esquema es usado por ciudadanos que radican en otros estados y que viajan constantemente a la ZMVM; con él se hacen cerca de 21 000 verificaciones voluntarias cada semestre en el D.F.

  El registro de las verificaciones voluntarias realizadas en el último semestre de 2011, muestra que sólo los autos matriculados en Veracruz, Jalisco y Nuevo León superaron las 2 000 verificaciones voluntarias, con 3 513, 2 852 y 2 532 verificaciones, respectivamente.

DGGCA de la SMA

Auto del DF con matrícula de otro estado.

- El reconocimiento de los hologramas 00 o 0 otorgados por los estados de la República que han decidido, de forma voluntaria, aplicar un programa de verificación de emisiones vehiculares idéntico en procedimiento, infraestructura y límites de emisión al que opera en la ZMVM. En la actualidad, hay siete estados que ya tienen implementado un programa de verificación de emisiones para otorgar los hologramas 00 o 0. Dichos estados son Hidalgo, Puebla, Morelos, Michoacán, Querétaro, Guanajuato y Tlaxcala.

  En todos estos estados el proceso inició con una esquema mixto en el que los usuarios eran obligados a verificar sus unidades con protocolos de prueba estáticos y límites laxos, con máximos permisibles establecidos en la norma correspondiente; sin embargo, existían algunos centros en donde se prestaba el servicio de verificación con prueba dinámica y límites estrictos de emisión, y en ellos el propietario del automóvil podía acudir de forma voluntaria y verificar su unidad.

  Si la unidad era aprobada en estos centros, se entregaba un holograma que le permitía hacer su verificación en el estado y utilizar su vehículo diariamente en la ZMVM, sin restricciones.

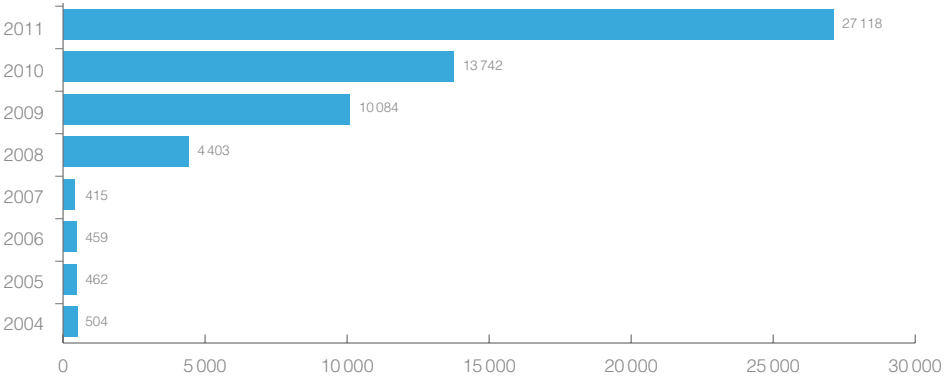
  Ahora hay estados en los que se están tomando acciones para que, en breve, todos los automotores de su territorio, estén obligados a acudir a centros en donde se les hagan pruebas dinámicas con los límites de emisión que operan en la ZMVM. Dichos estados son Hidalgo, Puebla y Morelos.
- El Distrito Federal otorga un documento (pase turístico) que exenta a los vehículos foráneos, durante 15 días al semestre (consecutivos o divididos en dos semanas), de las restricciones del programa HNC en el Distrito Federal.

  Este pase comenzó a darse por medio de las cámaras de comercio existentes en cada estado, pero ahora se obtiene gratis, a través de un sistema ubicado en la página electrónica de la SMA, por lo que el conductor de la unidad sólo debe contar con una

Página web SMA

Pase turístico del Distrito Federal.

Gráfica 3. Pases turísticos otorgados a vehículos foráneos para circular en el Distrito Federal sin las restricciones del Hoy No Circula, 2004-2011



Fuente: DGGCA de la SMA.

dirección de correo electrónico, acceso a internet, una impresora y dedicar 20 minutos para generar su pase turístico. Al mes se otorgan cerca de 500 pases, pero en las temporadas vacacionales este trámite se incrementa notablemente (véase la gráfica 3).

Los beneficios de esta modificación avanzan en dos sentidos; por una parte, se ha comenzado a forjar un área megalopolitana en la que se aplicará un solo modelo de verificación vehicular, con equipamiento, niveles de emisión y protocolo de prueba homogéneos. Y por otra, se obliga a los automovilistas con unidades registradas en el Distrito Federal o en el Estado de México a re-matricularse; o de lo contrario, la unidad no podrá usarse en días laborales, de las 5:00 a las 11:00 horas.

Aplicación del programa Hoy No Circula en sábado

A partir del primero de julio de 2008 comenzó la aplicación del programa los días sábados, que consiste en prohibir la circulación de 20% de los vehículos que carecen de holograma 00 o 0. De esta forma, el 5 de julio de 2008 fue el primer sábado en se que aplicó el programa en la ZMVM, sin que se hubiera decretado una contingencia ambiental en la ciudad.

La restricción a la circulación en sábado es idéntica a la que aplica en día hábil; es decir, 20% de los automotores de uso particular, el transporte de pasajeros público y privado local, así como las unidades locales y federales de transporte de mercancías que no portan holograma de verificación vehicular para quedar exentos del HNC, están obligados a dejar de circular en sábado una vez al mes.

Se estima que a diario, con excepción de los domingos, cerca de 342 000 automotores dejan de operar, por lo que cada sábado, se impide la emisión de casi 960 toneladas de contaminantes criterio y alrededor de 4.8 miles de toneladas por día de dióxido de carbono.

De acuerdo con los resultados del monitoreo atmosférico en el periodo de julio 2006 a junio 2007 se registró 68% de violaciones a la norma de ozono los sábados; en el mismo periodo, pero de 2007 a 2008, se incrementó la proporción de violaciones a la NOM, que alcanzó 71%.

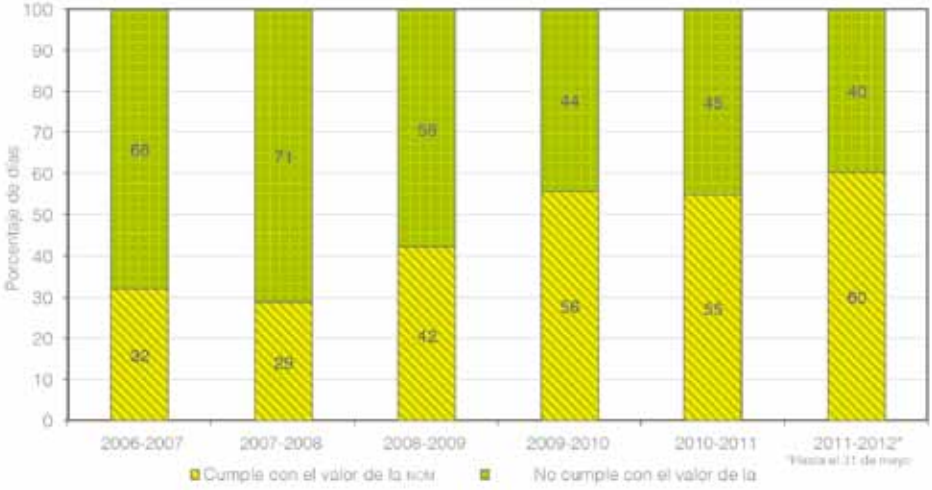
Entre julio de 2008 y junio de 2009, las violaciones se redujeron a 58%, y para el periodo comprendido entre julio de 2009 y junio de 2010 disminuyeron a 44%, con valores similares para los dos periodos siguientes (45 y 40%, respectivamente). Estas reducciones en el número de sábados en los que se supera la concentración de ozono en el aire establecida en la norma, muestran el impacto positivo que tiene el programa (véase la gráfica 4).

Convenio sobre diesel con la AMIA

La Comisión Ambiental Metropolitana acordó con la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) otorgar la exención del programa HNC a las unidades ligeras de diesel que esta última comercializa, cuyos modelos tengan hasta cinco años de antigüedad, siempre y cuando los vehículos cumplan con la normatividad Euro IV.

El convenio se pactó con el propósito de estimular a la industria automotriz para comercializar en nuestro país

Gráfica 4. Porcentaje de sábados de cumplimientos y violaciones a la NOM de ozono en la ZMVM, 2006-2012



NOM: Norma Oficial Mexicana; ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México.
Fuente: DGGCA de la SMA, 2012.

vehículos con mejor desempeño ambiental que ya están disponibles en otras partes del mundo, pues la Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisiones para estas unidades es laxa.

Recomendaciones

1. Valorar la posibilidad de establecer la exención del programa Hoy No Circula de acuerdo con la cantidad de emisiones y no con la edad del vehículo. La condición de la edad se relacionaba, históricamente, con los elementos de inseguridad que tenía el proceso de verificación vehicular, pues era posible manipular los resultados de la prueba.

   Con la implementación de los equipos GDF09 resulta muy complicado alterar los resultados, por lo que es posible aplicar una política de exención.

   El principal problema con este ajuste es que en el Estado de México se querrá aplicar la misma medida sin que en sus centros se hayan hecho mejoras en los equipos de verificación vehicular.
2. Revisar que se cumplan los compromisos de la AMIA para la exención del HNC de las unidades ligeras que utilizan diesel.

III
Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes

Antecedentes

En 1999 inició el Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes (PIREC), que ordenó la sustitución obligatoria de los catalizadores de todos los autos modelo 1993 y 1994 en el primer semestre de 2000, y de los automotores modelo 1995 en el segundo semestre del mismo año.

En 2001, con el cambio de autoridades ambientales en el GDF se modificó la forma de operar del PIREC; primero se detuvo el proceso de sustitución obligatoria de todos los automotores de un año específico,[19] y se definió un esquema con el cual se detectan catalizadores en mal estado.

Lo anterior se realizó porque no existía evidencia que demostrara que los catalizadores que eran sustituidos estuvieran en malas condiciones de operación, por lo que era posible que se estuviera exigiendo un gasto inútil a los propietarios de los autos y, lo que es peor, los catalizadores en buen estado que eran eliminados, resultaban mejores que aquéllos con los cuales estaban siendo sustituidos.[20]

En diciembre de 2001 se publicaron dos convocatorias[21] en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, enfocadas a retomar el PIREC, pero en condiciones de operación diferentes. Se establecieron condiciones mínimas de contenido de metales, de durabilidad y de eficiencia de los catalizadores de repuesto, así como de los elementos de infraestructura mínimos necesarios para la operación de los talleres PIREC.

---

[19] Aunque no existió una directriz escrita respecto de cómo debía operar el PIREC, los talleres mecánicos que realizaban la sustitución de catalizadores, así como los vendedores de este dispositivo, esperaban que en el primer semestre de 2001 se sustituyeran los catalizadores de los modelos 1996.

[20] Eran mejores debido a que tenían un mayor porcentaje de metales preciosos.

[21] DGGAA-DGPCCAT-PIREC-2001 del 31 de diciembre de 2001.

Justificación

El convertidor catalítico ha sido el sistema de control de emisiones vehiculares más importante desarrollado en los últimos 30 años; su uso permite disminuir hasta en 90% las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono, y hasta en 80% los óxidos de nitrógeno.

Su inclusión masiva en los vehículos que se comercializaban en el país tuvo lugar en 1991, cuando la industria automotriz mexicana comenzó a utilizar en un elevado porcentaje catalizadores de dos vías,[22] de las submarcas de vehículos ligeros que se ofertaban en el mercado nacional. Hasta 1993, 100% de las submarcas de vehículos ligeros incluyeron el convertidor catalítico de tres vías[23] como sistema de control de emisiones, y fue hasta 1994 cuando 100% de las camionetas incluyeron este dispositivo de control de emisiones.

El convertidor catalítico es un elemento que en condiciones adecuadas de operación presenta una vida útil elevada, pero fácilmente puede ser dañado por diversos factores como el uso de gasolina con plomo, por golpes que quiebren el núcleo cerámico del mismo, o por una mala operación del vehículo que derrita la cerámica.

A principios de los noventa, existía en el país una oferta de gasolinas Magna Sin (que estaba libre de plomo) y de Nova (que sí tenía plomo). Al existir una diferencia de precios entre la gasolina con y sin plomo (la más económica era la Nova), se cree que muchos autos con catalizador fueron operados con gasolina con plomo, lo que debió de afectar la operación del dispositivo anticontaminante e incrementar notablemente las emisiones de la unidad.

Considerando que, por el costo del dispositivo, los propietarios generalmente prefieren eliminarlo, resulta forzoso establecer una política pública que obligue a la sustitución de este sistema para proteger la calidad del aire de la ciudad.

Cabe resaltar que en el territorio nacional existen prácticas cada vez más difundidas de compra y/o robo de ca-

[22] Catalizadores que sólo realizan reacciones de oxidación, por lo que sólo reducen la emisión de hidrocarburos y de monóxido de carbono.
[23] Catalizadores que además de las reacciones de oxidación propician reacciones de reducción, por lo que también abaten la concentración de los óxidos de nitrógeno.

www.hazmeelchingadofavor.com

Patrulla en Tamaulipas a la que se le quita el catalizador.

Archivo DGGCA

Convertidor catalítico.

talizadores nuevos y seminuevos, pues su contenido de metales preciosos, los hace muy preciados.

A éstos se suma la falta de programas de verificación en varios estados o el incumplimiento de los programas de verificación en las entidades en que sí los hay; las prácticas anteriores se ven reforzadas al no existir elementos que desincentiven la venta de catalizadores por parte de los dueños de los vehículos ni acciones que alerten sobre los robos de catalizadores.

Operación del programa (2006-2012)

El programa consiste en identificar a los vehículos particulares de modelos 1991 a 2003 y taxis de modelos 1991 a 2006 que presentan fallas operativas en su convertidor para obligarlos a la revisión de la unidad y, en su caso, a la sustitución del catalizador.

El catalizador dañado se detecta durante el proceso de verificación mediante la aplicación de un algoritmo utilizado en el estado de California, Estados Unidos.[24] El algoritmo establece que, cuando un vehículo presenta emisiones cuya concentración de monóxido de carbono es mayor a 0.3%, la concentración de oxígeno es igual o mayor a 0.4%, y la concentración de dióxido de carbono (CO_2) es menor que 14%; entonces, el catalizador ha dejado de operar.

[24] Criterio del *Bureau of Automotive Repair BAR-97*, documento denominado "Especificaciones de sistemas de inspección de emisiones", abril de 1996, Smog Check.

Estos vehículos son rechazados durante la verificación y se informa al propietario que debe acudir a un taller autorizado PIREC para que sustituyan su catalizador.

En el taller PIREC se hace un diagnóstico sobre el estado del vehículo, y se informa al propietario de las fallas que presenta el auto, las cuales quizá sean la causa de la descompostura del dispositivo de control de gases.[25] En el taller también se hace el cambio del convertidor por uno certificado por las autoridades ambientales del Distrito Federal y del Estado de México; éste tiene una garantía por un mínimo de dos años o 40 000 km, lo que ocurra primero.[26]

Una vez hecho el cambio del catalizador, el auto debe ser presentado de nuevo a la verificación; si cumple satisfactoriamente con la reparación de la unidad y la sustitución del catalizador, entonces aprobará la verificación vehicular (véase la figura 2).

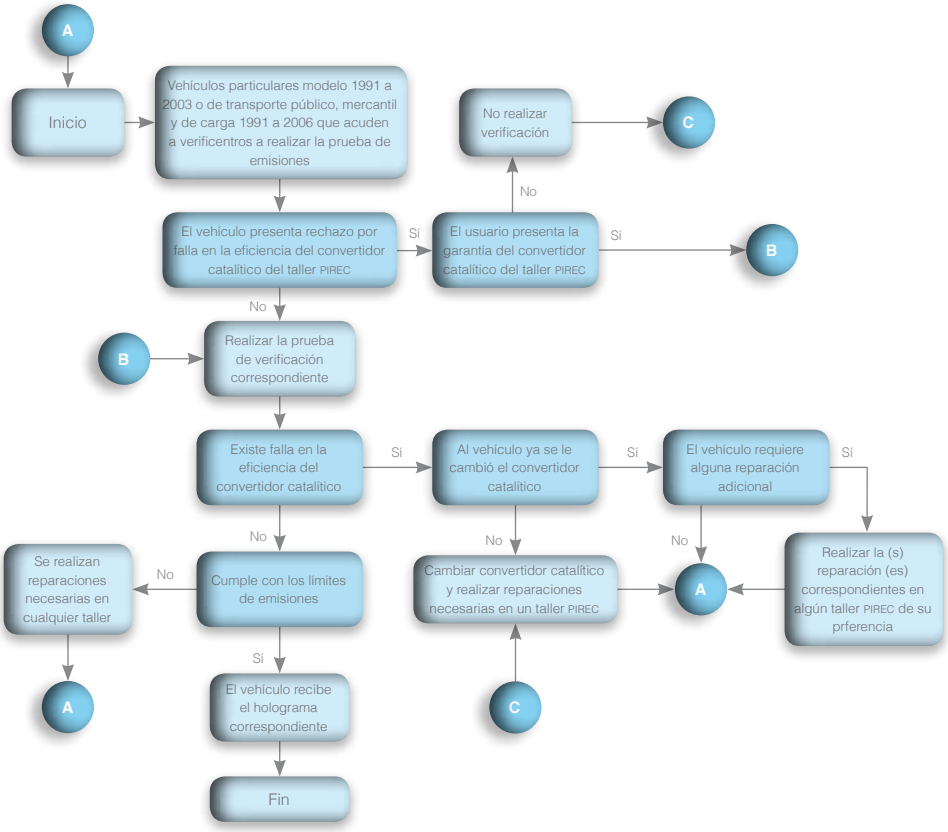
Para asegurar el uso de catalizadores certificados, el propietario obtiene un chip en el cual quedan grabados los datos del catalizador, el taller que lo instaló y otros datos generales del automotor. Tal información es leída por el equipo de verificación y, de ser correcta, se procede a hacer la prueba. Este elemento de control fue eliminado en 2012, pues el nuevo equipo de verificación da seguimiento al cambio de catalizador a través de los sistemas implementados por la SMA.

Los convertidores catalíticos utilizados en el programa PIREC requieren de una cantidad específica de metales preciosos (0.7 g por catalizador) para garantizar una vida útil mínima de 40 000 km o de dos años, y con ello propiciar una reducción de contaminantes de 70% de CO y de HC, así como de 60% de NO_X. Su uso también debe garantizar que las unidades a las que se les da mantenimiento oportuno, no rebasen 0.77 g/km de HC, 6.4 g/km de CO, y 1.25 g/km de NO_X.

[25] El propietario del vehículo puede hacer el mantenimiento correctivo de su vehículo en el taller PIREC o en cualquier otro.

[26] Los propietarios que no reparan su vehículo no reciben la garantía del catalizador, con lo que la falta de mantenimiento puede inutilizarlo rápidamente.

Figura 2. Diagrama operativo del proceso PIREC



PIREC: Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes
Fuente: DGGCA de la SMA.

Las empresas actualmente autorizadas acreditaron el cumplimiento de la eficiencia y del valor máximo de emisiones a través de pruebas de emisión vehicular, con ciclo FTP-75, en el laboratorio de emisiones del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.

Los resultados generales indican un beneficio promedio de 19.06 g de monóxido de carbono, 3.09 g de óxidos de nitrógeno y 2.45 g de hidrocarburos por kilómetro recorrido. Esto significa que cada vehículo que sustituye su convertidor catalítico, deja de emitir media tonelada anual

Tabla 5. Resultados de las pruebas de certificación

Vehículo de prueba	Empresa	Sin convertidor catalítico			Con convertidor catalítico		
		HC (g/km)	CO (g/km)	NO_x (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	NO_x (g/km)
GM Chevy/00 GM Malibú 2000 Pick Up/93	Peasa	1.779	7.695	2.321	0.072	0.29	0.28
		2.673	22.09	3.193	0.088	0.678	0.1
		4.587	49.874	4.627	0.466	4.973	0.343
GM Chevy/00 GM Malibú 2000 GM Pick Up 1500/93	Katcon	1.599	7.046	2.308	0.055	0.331	0.184
		2.833	21.775	3.146	0.131	0.979	0.381
		4.54	46.957	5.059	0.443	4.756	0.523
GM Malibú 2000 GM Pick Up 1500/93 GM Malibú 2000	Eiasa	2.756	21.58	3.193	0.12	0.848	0.168
		3.97	40.016	4.537	0.387	4.88	0.376
		3.158	25.497	3.675	0.103	0.803	0.144
GM Chevy/00 GM Malibú 2000 GM Malibú 2000	Hbm	1.612	7.436	2.33	0.071	0.311	0.293
		2.964	23.861	3.442	0.112	0.905	0.301
		2.615	21.838	3.408	0.086	0.661	0.113
VW/96 Chevy Pick Up 1500/93	Cartec	1.88	10.53	2.962	0.105	1.033	0.304
		3.211	25.543	4.603	0.422	3.49	0.578
Ram Puck Up 2500/02 Ford Escort/99	Arvin	4.631	23.53	3.773	0.434	2.015	0.552
		1.316	9.276	2.854	0.125	1.746	0.156
GM Chevy/00 GM Silverado 2500/96 GM Malibú 2000	Bosal	1.567	7.711	2.193	0.079	0.318	0.339
		1.992	23.494	4.211	0.206	3.205	0.731
		3.026	24.042	3.533	0.094	0.754	0.226
Ford Grand Marquis/99 Nissan Tsuru/00 GM Pick Up Ram 2500/94	Tri-D Prodesa	1.251	8.642	3.69	0.136	1.605	0.31
		1.464	8.415	2.629	0.233	1.928	0.38
	MZ	1.22	15.22	2.39	0.35	3.13	0.63
Promedio		**2.57**	**20.55**	**3.37**	**0.20**	**1.80**	**0.34**

Nota: Las pruebas se hicieron en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), con el ciclo FTP-75, excepto para el caso de la empresa MZ Comercialización, S.A. de C.V., que realizó pruebas de durabilidad de 80 000 km en un laboratorio de Estados Unidos de conformidad con la convocatoria fechada el 31 de diciembre de 2001.
HC: hidrocarburos; CO: monóxido de carbono; NO_x: óxidos de nitrógeno.
Fuente: DGGCA de la SMA.

de contaminantes.[27] En el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2011 se instalaron cerca de 20 000 convertidores catalíticos, lo que permite estimar una reducción de aproximadamente 9 000 t de contaminantes para ese año (véase la tabla 6).

[27] Este cálculo se realiza con la suposición de un recorrido de 52 km diarios durante los 365 días del año. Este recorrido promedio se obtuvo con la realización de encuestas en diferentes puntos de abastecimiento de gasolina de la ZMVM.

Tabla 6. Sustitución de catalizadores y beneficio

	Año				
	2007	2008	2009	2010	2011
Convertidores sustituidos	36 885	25 424	35 433	26 976	19 343
Beneficio ambiental (ton/año)	17 430	11 868	16 525	12 550	9 031

Fuente: DGGCA de la SMA.

Los vehículos 2006 y posteriores utilizan un sistema denominado de diagnóstico a bordo de segunda generación (OBDII), el cual es una computadora conectada a varios sensores que monitorean el desempeño del vehículo e informan cuando el catalizador deja de funcionar.

El OBDII se ajusta a distintas señales operativas del catalizador que se instala desde el origen al automotor, pues como cada submarca vehicular tiene características distintas para su catalizador, resulta casi imposible fabricar un catalizador universal que cubra toda la gama de unidades.

Lo anterior obliga al desarrollo de distintos catalizadores; incluso se dice que podría requerirse la certificación de un catalizador por cada submarca automotriz, lo que representa un enorme esfuerzo de desarrollo de catalizadores así como de certificaciones, y propiciaría gastos mayúsculos que pocos comercializadores de catalizadores están dispuestos a realizar.

Recomendaciones

1. Establecer un esquema y las condiciones que permitan la sustitución de catalizadores de unidades con sistemas OBDII.
2. Incrementar el seguimiento institucional que se hace de la labor de los talleres PIREC.

IV
Programa de autorregulación

Antecedentes

La aplicación del programa Hoy No Circula tuvo un severo impacto económico en la industria mexicana que distribuye mercancías a través de flotillas vehiculares, debido a que el programa impedía el uso de 20% del parque vehicular.

En 1995, en compañía de personal del Instituto Nacional de Ecología (INE), algunas empresas realizaron una propuesta a las autoridades ambientales de la ZMVM, que consistía en identificar las áreas de oportunidad para abatir y controlar las emisiones vehiculares de los automotores a diesel que distribuían mercancías en esta ciudad.

Se apostó por la realización de estrictos mantenimientos vehiculares (apoyados por empresas especializadas en la combustión de estas unidades), así como por el uso de sistemas de control de emisiones a cambio de que se les exentara de las restricciones a la circulación del programa HNC.

En 1996 comenzó a operar el programa de autorregulación con la participación de una empresa especialista en combustión de unidades a base de diesel que valoraba la opacidad de los automotores cada tres meses, emitía su opinión respecto a las necesidades de mantenimiento de cada unidad y, de ser necesario, daba mantenimiento a las unidades; con esto se obligaba a la empresa a mantener sus unidades en niveles menores a 40% del valor máximo de opacidad que la norma correspondiente establecía.

Justificación

La fiscalización de las emisiones de los vehículos que consumen diesel, deja mucho que desear. En el caso del protocolo de verificación de emisiones para unidades de diesel, la prueba permite identificar con mucha precisión a los vehículos que requieren mantenimiento, pero este proceso depende de la adecuada aceleración del motor.

Dicha aceleración debe hacerse de forma súbita; debe colocarse el pie en el acelerador y con un movimiento rápido y continuo empujar el pedal hasta el fondo; de esta forma se logra generar el golpe de humo que permite evaluar el estado del vehículo. Sin embargo, basta con modificar el tiempo o la forma de aceleración para reducir la opacidad de la emisión del motor, con lo cual se logra "engañar" al sistema de verificación.

Debido a la enorme facilidad para manipular la verificación de unidades a base de diesel, en general los propietarios de las flotillas cumplen con dicho proceso pero lo consideran un trámite más; por esa razón en su momento se pensó en fomentar un programa que permitiera generar beneficios ambientales y económicos para los dueños de esas flotillas, de forma que los ahorros indujeran a mantener en operación el programa.

Operación del programa 2006-2012

Los vehículos de diesel inscritos en el programa de autorregulación se sujetan a estrictos controles de mantenimiento preventivo, que puede ser otorgado por el personal de las empresas o por mecánicos especialistas en diesel. El programa de mantenimiento preventivo debe incluir los siguientes aspectos:

- Cambio de aceite.
- Cambio de filtros de aceite y aire.
- Afinación de inyectores, bomba y turbocargador.
- Revisión del sistema de enfriamiento.
- Revisión de fugas de aceite y líquidos.
- Bitácora de servicios.
- Realización trimestral de pruebas de opacidad.

De estos elementos, la afinación de la bomba de aire y la realización de pruebas de opacidad merecen una mención especial, ya que en el caso de la bomba, se establece la dosificación de combustible ideal de acuerdo con el recorrido de cada unidad; de ese modo se propicia una

menor emisión de contaminantes y un mayor ahorro de combustible.[28]

Las unidades deben someterse a pruebas trimestrales de revisión de la opacidad, diferentes de las realizadas en la verificación de emisiones vehiculares. Esta actividad es desarrollada por personal ajeno a la empresa y permite evaluar el estado de las unidades y la eficiencia del programa de mantenimiento; así se logra mantener la emisión de todos los vehículos autorregulados por debajo de 0.76 en coeficiente de absorción de luz.

Las unidades que cumplen con los elementos mencionados son exentadas de la restricción a la circulación vehicular impuesta por el programa HNC, para lo cual se les coloca un distintivo visual que permita al personal de tránsito la fácil identificación de las unidades que sí pueden circular los 365 días del año.

Al inicio de la administración 2006-2012 estaban registradas en el programa 24 empresas cuya flota vehicular sumaba 4 237 unidades, cifra que se ha mantenido constante en cuanto a las unidades, aunque no respecto a las empresas (véase la tabla 7).

DGGCA de la SMA

Distintivo de autorregulación.

[28] Tres de las empresas autorreguladas han informado en diversos foros que la aplicación del programa les ha permitido ahorrar entre 3 y 5% de combustible, dados los cambios en los modos de conducción, o por modificaciones de la tarjeta de control de la electrónica de la bomba.

Tabla 7. Histórico de empresas y unidades autorreguladas. Distrito Federal, 2007-2011

	2007	2008	2009	2010	2011
Empresas					
Mercantiles	18	18	18	28	29
Rutas de transporte	6	7	7	11	14
Total	**24**	**25**	**25**	**39**	**43**
Vehículos					
Mercantiles	3058	2833	2765	2856	3129
Rutas de transporte	1179	1084	1132	1223	1382
Total	**4237**	**3917**	**3897**	**4079**	**4511**

Fuente: DGGCA de la SMA.

Resulta complejo determinar el beneficio ambiental que el programa ha generado, dado que no se han hecho estudios específicos al respecto y que no existe una correlación entre valores de opacidad y emisiones en gramos por kilómetros de los distintos contaminantes vehiculares. Sin embargo, es notorio el hecho de que los vehículos autorregulados emiten gases menos "negros", lo cual es indicador de una mejor operación de los automotores y de una menor emisión de partículas.

DGGCA de la SMA

Comparación de emisiones de unidades con y sin mantenimiento.

En cuanto a las flotillas, éstas nos han informado que el programa permite ahorrar en el consumo de combustible, lo que abate costos de operación por conceptos de mantenimiento mayor (al detectar problemas operativos menores y no dejarlos avanzar, se evitan descomposturas mayores), disminuyen los auxilios viales, se reduce el número de vehículos repuestos y disminuye la incidencia de accidentes.

Recomendaciones

1. Ampliar la cobertura del programa ofreciendo más incentivos que motiven a un mayor número de empresarios a sumarse a este programa. Algunos de estos incentivos podrían ser exentar de la verificación vehicular a los automotores autorregulados y exentar del pago de multas por circular con altas emisiones de contaminantes, sólo en la primera infracción hecha en el plazo de un año.
2. Obligar a los vehículos autorregulados al uso de catalizadores de oxidación.

V
Programa de uso de combustibles alternativos

Antecedentes

La Comisión Ambiental Metropolitana lanzó en 1991 un programa de uso de gas licuado de petróleo y gas natural vehicular, que tenía como objetivo principal abatir la emisión de contaminantes provenientes de las flotillas vehículares de empresas industriales y de servicio, así como regularizar las conversiones de los vehículos que ya operaban con gas licuado de petróleo en condiciones riesgosas.

Los incentivos para usar gases carburantes en el sector vehicular fueron la exención a la restricción vehicular impuesta por el programa HNC (lo que les permitía disponer de 20% adicional de vehículos), y el ahorro generado por la diferencia de precios entre los gases y la gasolina.

El gas licuado de petróleo se popularizó con rapidez entre las empresas que poseían flotillas de reparto, principalmente de las industrias de alimentos o bebidas, aunque también fue muy utilizado por el sector de transporte de pasajeros (microbuses).

El éxito en el uso de este gas fue su precio menor respecto de la gasolina, pero su introducción en el sector automotriz propició una serie de problemas entre los que destacan la operación de lugares donde se transvasaba gas sin medidas de seguridad y la instalación de sistemas de conversión vehicular para usar gas licuado de petróleo, sin respetar las condiciones de seguridad y ambientales.

En cuanto al uso de gas natural, no tuvo el mismo recibimiento en las empresas, debido al alto costo del sistema de conversión de gasolina a gas natural (que incluso llegaba a triplicarse), así como a la falta de infraestructura de abasto de combustible (a diferencia del gas licuado de petróleo, este combustible no puede ser transvasado en

cualquier sitio), por lo que hubo que trabajar en la regulación de estaciones de servicio.

Un alto porcentaje de los pocos vehículos que aún funcionaban al final de la década de los noventa, habían sido adquiridos o convertidos por el GDF o con apoyo de éste. Los vehículos que utilizaban este gas eran patrullas, colectores de basura, autos administrativos y microbuses.

Justificación

Al comienzo de la década de los noventa, la concentración de los contaminantes del aire (sobre todo de ozono) presentaba un alarmante incremento, por lo que constantemente se alcanzaban niveles críticos que obligaban a la aplicación de contingencias ambientales.

Al considerar que los automotores eran la prinicipal fuente de contaminantes resultaba urgente aplicar acciones que permitieran abatir sus emisiones. En aquellos días, 99% del parque vehicular carecía de sistemas avanzados de control de emisiones, por lo que el uso de gas natural y/o gas licuado de petróleo, aunado a un sistema electrónico de control de la mezcla aire/combustible y a un catalizador, generaba reducciones de más de 70% para los hidrocarburos, monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

Operación del programa 2006-2012

Las conversiones a gas licuado de petróleo y gas natural deben seguir las especificaciones de seguridad establecidas por las normas oficiales mexicanas NOM-005-SEDG-1999 y NOM-011-SECRE-00, y en materia ambiental, por la NOM-ECOL-050-1993, la cual establece los límites máximos permisibles que estas unidades deben presentar en la valoración de los centros de verificación.

Los vehículos convertidos al uso de estos combustibles que se presentan en los verificentros, sólo pueden obtener el holograma 2 de verificación; a menos que utilicen equipos certificados por la SMA (los cuales incluyen convertidor catalítico y sistemas cerrados de regulación de la mezcla aire-combustible), estas unidades pueden obtener el holograma 0 y, de esa forma, exentar el programa Hoy No Circula.

El número máximo de unidades utilizando gas licuado de petróleo, que llegó a estimarse en la ZMVM, fue de 70 000, pero el número máximo de trámites hechos ante la SMA para obtener el holograma 0 fue de 6 407 en 2001, lo que demostró que el interés de la mayoría de los propietarios cuya unidad utilizaba gas estaba más enfocado en obtener ahorros por la diferencia de precios entre la gasolina y el gas carburante.

Al principio de la administración, en la SMA se registraron 2 981 vehículos, mientras que en 2011 sólo se registraron 1 032 unidades, lo que representa una disminución de 65% de vehículos y una drástica caída en el uso de combustibles alternativos (al menos en los autos en que la conversión les permitía beneficiarse al exentar el HNC) (véase la tabla 8).

Se calcula que el número de vehículos que utilizan estos combustibles continuará reduciéndose año con año, dadas las siguientes condiciones del mercado:

Tabla 8. Vehículos registrados en la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal que usan gas licuado de petróleo o gas natural, 2007-2011

Mes	Año				
	2007	2008	2009	2010	2011
Enero	97	91	109	1	3
Febrero	89	136	139	88	108
Marzo	127	335	77	45	87
Abril	123	332	89	145	45
Mayo	247	326	69	52	89
Junio	184	268	145	83	58
Julio	268	420	255	105	200
Agosto	427	397	297	252	54
Septiembre	479	318	348	82	112
Octubre	323	242	364	80	71
Noviembre	339	204	262	100	159
Diciembre	278	437	310	358	46
Total	**2 981**	**3 506**	**2 464**	**1 391**	**1 032**

Fuente: DGGCA de la SMA.

- Existe en el mercado mexicano una oferta de unidades ligeras a base de diesel que compiten respecto al rendimiento y al costo de combustible con sus similares de gas licuado de petróleo y gas natural; aunque presentan un mejor torque, el tanque de gasolina es más autónomo, no tienen limitaciones para su operación en carretera,[29] tienen mayor vida útil y un mejor costo de reventa.
- Los nuevos desarrollos automotrices presentan unidades a base de gasolina y diesel[30] con propiedades ambientales similares a las de gas natural o gas licuado de petróleo, por lo que la emisión de partículas ya no influye como factor de compra.
- Hay una modificación en las condiciones de costo de los combustibles, lo que disminuye la diferencia de precio entre los gases y los combustibles alternativos, aunque la actual escalada en el precio de la gasolina podría revertir esta situación.

Recomendaciones

- Modificar la operación del programa de uso de combustibles alternativos para que sólo se favorezca a las unidades que cuenten con la tecnología para el uso del combustible desde su origen. Las conversiones ya no son una alternativa ambiental adecuada dado que en la actualidad los automotores nuevos son tan eficientes que al hacerles una conversión con la vieja tecnología, podrían incrementar su tasa de emisiones.
- Realizar estudios sobre la factibilidad de uso de éstos y otros combustibles alternativos (etanol, metanol, biodiesel), con el propósito de definir la conveniencia de apoyar con incentivos a los combustibles que generen beneficios ambientales.

[29] Las unidades a base de gas están limitadas a circular en zonas en donde aseguren la carga de combustible. En este sentido está más desarrollada la red de suministro de diesel.
[30] En el caso del diesel esto sólo es cierto cuando se utilizan trampas de partículas y es indispensable contar con diesel de ultrabajo contenido de azufre (ULSD) para poder usar esta tecnología, que aún no está disponible en todo el territorio nacional.

VI
Tecnologías de evaluación de emisiones

Sensor remoto

La verificación de emisiones vehiculares, conocida en el ámbito mundial como programas de inspección-mantenimiento, permite valorar las emisiones de los automotores cuando éstos son presentados en los centros de verificación. La aplicación de estos programas es indispensable para asegurar el mantenimiento correctivo en unidades altamente contaminantes, pero resulta común que el programa esté acompañado por actos indebidos tendentes a facilitar la aprobación de unidades en mal estado.

Ante esta situación, la inspección para el cumplimiento del programa de verificación vehicular (revisión de los documentos que avalen la realización y aprobación del programa), así como la valoración de las emisiones que las unidades presentan resulta fundamental en la gestión de la calidad del aire de la ciudad.

En la actualidad existe un programa de detección y sanción de unidades ostensiblemente contaminantes, que se detectan por el color de sus emisiones: azul o negro para unidades con motor ciclo Otto en mal estado, y negro para unidades a base de diesel que están fuera de norma.

Este programa tiene como principales restricciones que los vehículos con motor ciclo Otto sólo presentan humo negro o azul cuando su contaminación es muy alta pero, cuando la emisión sobrepasa por tres o cuatro veces la norma, difícilmente se aprecia coloración en las emisiones, por lo que unidades altamente contaminantes no son detectadas.

En cuanto a los vehículos de diesel, el mayor problema es que muchas unidades circulan en la ciudad con altas emisiones, que al ser valoradas aprueban la verificación y no son sancionadas. Esto ocurre porque los vehículos están sobre-

cargados y contaminan demasiado al circular, pero la prueba opera de forma estática (sin movimiento del vehículo).

Ahora existe la tecnología del sensor remoto, que permite medir las emisiones vehiculares de unidades en circulación sin necesidad de detenerlas, con lo cual es posible identificar vehículos que circulan incumpliendo la normatividad ambiental.

El sistema permite obtener la emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y factor de humo, además de la velocidad y la aceleración (estos últimos parámetros son necesarios para validar el resultado obtenido en cada prueba). Asimismo, se genera una imagen de la placa de circulación de cada unidad para hacer la identificación.

La SMA adquirió un equipo de estas características con el objetivo de realizar un estudio que identifique la viabilidad de su uso en campo, aunque también resulta de enorme utilidad para valorar el estado de la flota vehicular en la ciudad.

Los resultados del estudio –para lo cual se evaluaron 20 sitios en la ZMVM, en los cuales se obtuvieron 10 154 mediciones de vehículos de diesel y 149 008 de unidades a base de gasolina– muestran que el sistema de sensor remoto montado en una unidad móvil sí puede ser utilizado para detectar vehículos contaminantes en circulación.[31]

Centro Mario Molina

Esquema de medición de tubos de escape altos.

[31] Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, "Definición del protocolo de prueba y valores permisibles de emisión para vehículos en circulación a gasolina y diesel, mediante el uso de sistemas de medición a distancia", 2011. Documento inédito.

Centro Mario Molina

Sensor remoto para evaluar emisiones de unidades a base de diesel.

Su ensamble es lo bastante robusto como para garantizar su uso diario y su traslado a diferentes puntos de la ciudad. Su operación permite obtener resultados confiables con un porcentaje superior a 60% de registros válidos, sobre el conjunto de mediciones realizadas.

El factor de humo como medición indirecta de partículas permite detectar vehículos de diesel en malas condiciones mecánicas y con altas emisiones contaminantes. En dicho estudio se proponen los límites máximos permisibles de 3000 ppm de óxido de nitrógeno y 0.5 como factor de humo para identificar a los vehículos contaminantes.

Para el caso de los vehículos a gasolina, los límites propuestos fueron 4.5% en CO, 1500 ppm en NO, 600 ppm en HC y 0.25 en factor de humos.

La recomendación al respecto es retomar el estudio y proponer a la SEMARNAT el establecimiento de una Norma Oficial Mexicana que regule el método de medición, las características del equipo y los límites máximos permisibles, con lo cual se podrán reforzar las actividades de vigilancia. También es posible establecer una norma local para este propósito.

Cabe señalar que desde el año 2000, la Secretaría cuenta con un sistema de evaluación a distancia para unidades que consumen gasolina, el cual se ha utilizado en la valoración de las condiciones ambientales del parque vehicular circulante en las vialidades de la ZMVM.

De lograrse generar la norma propuesta, la Secretaría contará con dos equipos que permiten valorar las emisiones de unidades a base de gasolina y con uno para valorar las emisiones de las unidades de diesel.

Sistema de medición de emisiones vehiculares a bordo

La SMA instrumentó el Proyecto Integral de Medidas Ambientalmente Amigables en Transporte (PIMAAT), mediante el cual promueve el uso sustentable de transporte en corredores estratégicos (Metrobús) en la Ciudad de México; ello permitirá el uso más eficiente y amigable de los medios de transporte, con énfasis en el transporte de pasajeros.

Como parte de dicho proyecto, se adquirió un sistema que permite cuantificar las emisiones que los vehículos generan durante su operación en vialidad, expresadas en gramos de contaminante por kilómetro recorrido; también genera datos de emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, partículas, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Los resultados emitidos por el equipo son similares a los que se generan en complejos y costosos laboratorios de emisión, pero este sistema tiene la particularidad de que puede hacer las pruebas a lo largo de rutas de manejo reales, incluyendo la combinación de paros y arranques, el manejo característico de los operadores y las velocidades típicas en el Distrito Federal (en los laboratorios de emisión también es posible simular condiciones específicas, pero deben realizarse estudios para caracterizar el ciclo de manejo que se aplicará).

El Sistema de medición de emisiones vehiculares a bordo (RAVEM, por sus siglas en inglés) utiliza los métodos de prueba descritos por las normas ISO y por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y se ha aplicado en varios proyectos desde su adquisición:

1. Pruebas de tecnologías de autobuses, que consistieron en una serie de evaluaciones comparativas para autobuses que utilizan diferentes combustibles [diesel convencional, diesel con bajo contenido de azu-

fre, gas natural comprimido e híbrido (diesel-eléctrico)], y para vehículos normales, a fin de determinar la tecnología más adecuada que ayude a reducir las emisiones contaminantes de estos vehículos en la Ciudad de México.

2. Proyecto Retrofit, cuya finalidad fue demostrar la reducción de emisiones en autobuses a base de diesel en condiciones de operación y manejo en la Ciudad de México, usando diesel de ultrabajo contenido de azufre (15 ppm o menos), filtros de partículas (DPF) y convertidores oxidativos (DOC).
3. Pruebas con vehículos híbridos de carga en la Ciudad de México, estudio realizado en colaboración con la Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP), con el cual se comparó el desempeño ambiental y de eficiencia de combustible entre vehículos de diesel tradicionales y automotores híbridos diesel-eléctricos.
4. Evaluación de unidades que utilizan diesel en la Ciudad de México para determinar sus factores de emisión y con ello mejorar los inventarios de emisiones.
5. Valoración de tecnologías limpias en materia de autobuses de transporte de pasajeros, en colaboración con el organismo Metrobús, mediante la cual se analizaron las emisiones de unidades a base de diesel, gas natural e híbrido diesel-eléctricos.

Recomendaciones

En el futuro, el equipo podría utilizarse para evaluar la eficiencia de sistemas que reduzcan las tasas de emisión de óxidos de nitrógeno o partículas, mismos que podrían ser empleados en unidades autorreguladas para abatir las emisiones de partículas y/o óxidos de nitrógeno que emiten las unidades pesadas que usan diesel.

Bibliografía

Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, "Definición del protocolo de prueba y valores permisibles de emisión para vehículos en circulación a gasolina y diesel, mediante el uso de sistemas de medición a distancia", 2011. Documento inédito.

_____, "Evaluación integral de los programas de Verificación Vehicular Obligatoria en la Zona Metropolitana del Valle de México", diciembre de 2010. Documento inédito.

_____, *Evaluación operativa del nuevo equipamiento "GDF-2009" del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria de la Ciudad de México*, México, Centro Mario Molina, 2011.

Glosario

Siglas	Definición
AMIA	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz
ANPACT	Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones
ANTP	Asociación Nacional de Transporte Privado
CE-DDF	Comisión de Ecología del Departamento del Distrito Federal
CENAM	Centro Nacional de Metrología y Normalización
CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de carbono
DGGCA	Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la SMA
DGPT	Dirección General de Policía y Tránsito
DGRUPE	Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica
DOC	Convertidores de oxidativos
DPF	Filtros de partículas
HC	Hidrocarburos
HNC	Hoy No Circula
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INE	Instituto Nacional de Ecología
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
LFC	Luz y Fuerza del Centro
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente
NO_X	Óxidos de nitrógeno
O_2	Oxígeno
OBDII	Sistema de diagnóstico a bordo de segunda generación
PIMAAT	Proyecto Integral de Medidas Ambientalmente Amigables en Transporte
PIREC	Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes
PVVO	Programa de Verificación Vehicular Obligatoria
RAVEM	Sistema de medición de emisiones vehiculares a bordo
SACM	Sistema de Aguas de la Ciudad de México
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Siglas	Definición
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SF	Secretaría de Finanzas del Distrito Federal
SMA	Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal
STC-Metro	Sistema de Transporte Colectivo-Metro
ULSD	Diesel de ultrabajo azufre
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

Índice

Introducción 3

I. Programa de Verificación de Emisiones Vehiculares 5
- Antecedentes 5
- Justificación 9
- Operación del programa (2006-2012) 10
- Nuevos equipos inteligentes de verificación vehicular 15
  - Valoración de la operación del equipo GDF09 28
- Normas de verificación vehicular 36
  - Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006 37
  - Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006 39
  - Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999 41
  - Norma Oficial Mexicana NOM-050-SEMARNAT-1993 41
  - Normas oficiales mexicanas NOM-ECOL-047-1993 y NOM-ECOL-048-1993 42
- Recomendaciones 42

II. Programa Hoy No Circula 44
- Antecedentes 44
- Justificación 46
- Operación del programa (2006-2012) 47
  - Entrega del holograma a unidades de hasta ocho años que utilizan gasolina 47
  - Restricción a la circulación de unidades con matrícula foránea 50
  - Aplicación del programa Hoy No Circula en sábado 55
  - Convenio sobre diesel con la AMIA 56
- Recomendaciones 57

III. Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes 58
- Antecedentes 58
- Justificación 59
- Operación del programa (2006-2012) 60
- Recomendaciones 64

IV. Programa de autorregulación 65
- Antecedentes 65
- Justificación 65
- Operación del programa 2006-2012 66
- Recomendaciones 69

V. Programa de uso de combustibles alternativos 70
- Antecedentes 70
- Justificación 71

Operación del programa 2006-2012 71
Recomendaciones 73

VI. Tecnologías de evaluación de emisiones 74
Sensor remoto 74
Sistema de medición de emisiones vehiculares a bordo 77
Recomendaciones 78

Bibliografía 79

Glosario 80