

La decisión de elegir la verificación de emisiones más reciente para cada vehículo resulta de la necesidad de evaluar la condición operativa actual del parque, ya que se supone que los autos que fueron rechazado en su revisión de gases, debieron recibir un mantenimiento correctivo que les permitió aprobar en una segunda, tercera o cuarta prueba de emisiones.

Finalmente se consolidó la base de datos y se procedió a evaluar el porcentaje de vehículos que aprobarían al aplicarles distintos límites máximos permisibles establecidos en las columnas contenidas en las tablas de la Guía Técnica del ASM de la Agencia de Protección al Ambiente.

Las columnas elegidas para la evaluación fueron aquellas que presentan normas más estrictas a las actuales, considerando como el máximo de reducción en los límites máximos de emisión, aquellas columnas definidas por la EPA como estándares finales (mismas que la Agencia de Protección al Ambiente de los EUA recomienda aplicar posterior a culminar un ciclo de evaluación del parque vehicular).

A continuación se presentan las columnas que corresponderían a los estándares finales de los cinco grupos vehiculares (establecidos en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 del Decreto Supremo 149).

<b>ESTRATO VEHICULAR</b>	<b>HC</b>	<b>CO</b>	<b>NOx</b>
1.- Livianos de pasajeros con sello verde o sello amarillo. EPA = Light Duty Vehicles modelos 1983 y posteriores.	1	21	41
2.- Comerciales livianos año 1999 y posteriores con sello verde. EPA = Light Duty Trucks modelos 1988 a 1995.	3	24	42
3.- Comerciales livianos año 1999 y anteriores con sello verde o sello amarillo. EPA = Light Duty Trucks modelos 1984 a 1987.	3	24	46
4.- Motorizados medianos año 1999 y posteriores con sello verde. Light Duty Trucks "2" modelos 1988 a 1995.	3	24	44
5.- Motorizados medianos año 1998 y anteriores con sello verde o sello amarillo. EPA = Light Duty Trucks modelos 1984 a 1987.	3	24	46
6(1).- Automóvil y Station Wagon o similares.	1	21	41
6(2).- Vehículos modelos 1999 y posteriores, pero distintos a 6(1).	3	24	42
6(3).- Vehículos distintos a 6(1) y 6(2).	3	24	46

Posterior a determinar el impacto que tendría la aplicación de estos límites de emisión, se analizaron otras opciones de normas de emisión que se presentan en las tablas de la Agencia de Protección al Ambiente de los EUA y que son más estrictos que la norma actual pero no más restrictivos que la norma final, así como los que aplican en Ciudad de México.

Ejemplificando lo anterior, para la tabla "2" del Decreto Supremo, actualmente se aplican los límites máximos permisibles definidos en las columnas "5" de la tabla de hidrocarburos, "26" de la tabla de monóxido de carbono y "43" de la tabla de óxidos de nitrógeno. Considerando que la norma final establecida en la Guía de la ASM es de "3", "24" y "42" respectivamente, se evaluaron los resultados de aplicar todas las combinaciones de las columnas "3" y "4" de hidrocarburos, "24" y "25" de monóxido de carbono, así como las columnas "42" y "43" de óxidos de nitrógeno.

## 2.2. DISCUSIÓN SOBRE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

En esta sección se presenta un análisis de la tasa de rechazo que se estima podría presentarse en Santiago de aplicarse nuevos límites máximos de emisión, para lo cual se hace un desagregado por estrato vehicular de acuerdo a las tablas de límites que les aplica, según el Decreto Supremo.

### 2.2.1. LIVIANOS DE PASAJEROS CON SELLO VERDE O SELLO AMARILLO (NORMA ASM - TABLA 1)

La Norma ASM - Tabla 1” establece los límites de emisión para los vehículos livianos de pasajeros con sello verde o sello amarillo y les aplica actualmente los valores que en la EPA se definen en las columnas 4, 23 y 43 para hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno respectivamente. La EPA recomienda la aplicación de los límites de emisión, que presenta en su guía de aplicación de la ASM, contenidos en las columnas 1, 21 y 41 para HC, CO y NOx respectivamente.

Por lo anterior, y considerando que la normativa de la EPA contiene límites de emisión más bajos conforme menor es el número de columna que lo contiene, la aplicación de los límites de emisión finales recomendados por EPA son los más estrictos que pudieran aplicarse de acuerdo a su guía de ASM.

Valorando cada límite contenido en las columnas de EPA, la flota vehicular de unidades livianas de pasajeros con sello verde o amarillo de Santiago presentaría la siguiente tasa de rechazo desagregada por cada gas normado en el Decreto Supremo.

**TASA DE RECHAZO AL APLICAR DISTINTOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES  
 (TABLA “1”)**

<b>COLUMNA EPA HC</b>	<b>% RECHAZO HC</b>	<b>COLUMNA EPA CO</b>	<b>% RECHAZO CO</b>	<b>COLUMNA EPA NOx</b>	<b>% RECHAZO NOx</b>
<i>1</i>	<i>20.6%</i>	<i>21</i>	<i>9.4%</i>	<i>41</i>	<i>23.0%</i>
2	6.2%	22	2.4%	42	16.0%
3	3.4%	<u>23</u>	<u>0.7%</u>	<u>43</u>	<u>2.2%</u>
4	0.7%				

Columna de límites finales señalados en cursiva.  
 Columna de límites actuales señalados con línea baja.

En el caso de los hidrocarburos hay tres columnas de límites máximos de emisión más estrictos a la actualmente aplicada. El porcentaje de unidades que rechazarían en cada estrato sube gradualmente conforme se decrece el número de columna, pero entre las columnas “2” y “1”

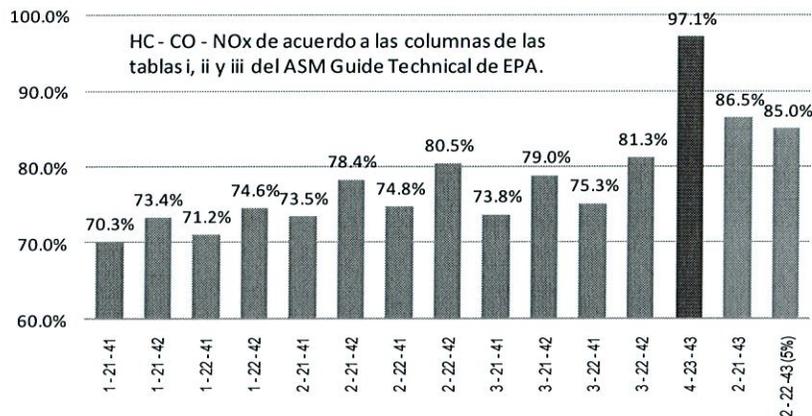
existe un incremento de 14.4 puntos porcentuales y entre la columna de límites actuales y la columna “1” hay una diferencia de 19.9 puntos porcentuales.

En el caso del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno sólo hay un nivel intermedio entre la columna actual de límites y la final, presentándose para cada gas, una tasa de rechazo más de diez veces mayor entre las columnas iniciales y finales.

La tasa de rechazo final para hidrocarburos y óxidos de nitrógeno es superior al 20% para cada gas, y en el caso del monóxido de carbono, dicha tasa no alcanza el 10%. La evaluación de los tres gases en conjunto, tal como ocurre en una planta de revisión técnica, indicaría una tasa de rechazo del 29.7%.

A continuación se muestran las tasas de aprobación vehicular que habría en Santiago de aplicar distintas columnas de límites de emisión:

**APROBACIÓN VEHICULAR CON DISTINTOS LÍMITES DE EMISIÓN**  
 (Norma ASM – Tabla1)



La columna en verde indica la tasa de aprobación de aplicar los límites de emisión finales de la EPA, la cual sería de poco más del 70%, lo cual implica una tasa de rechazo cercana al 30%. Esta tasa de rechazo resulta ser muy alta y pudiera encontrar su explicación en la falta de acciones históricas que motiven la sustitución de convertidores catalíticos en mal estado.

Un análisis realizado a las bases de datos de emisiones en Santiago indica la necesidad de sustituir poco más de 72,000 convertidores catalíticos (ver capítulo sobre propuesta de sanción a convertidores catalíticos), este número de vehículos representa un 15% de los vehículos totales analizados; es decir, se estima que la mitad de los vehículos rechazarían dada la operación inadecuada de su convertidor catalítico y el otro 15% del parque no estaría en posibilidad de aprobar por alguna otra causa.

La columna en rojo presenta la tasa de rechazo con la última verificación encontrada para cada vehículo, esto significaría que de seguir con los límites actuales de emisión sólo rechazaría el 2.9% del parque vehicular, lo que representa es que ese porcentaje de autos no se presentó a verificar nuevamente después de ser rechazado en el lapso de tiempo que registran las bases.

De tal forma que se estima que el rechazo vehicular de continuar con los límites actuales de emisión se mantendrían entre el 3% y el 7%, similar al primer año de operación de la prueba ASM.

En el caso de las columnas azules, estas muestran la tasa de aprobación vehicular al aplicar límites intermedios entre los actuales y los finales. Los resultados muestran tasas de aprobación que van del 71% al 81%.

Considerando que una tasa de rechazo del 30% podría resultar socialmente complicada y políticamente inmanejable, se buscaron límites de emisión que al aplicarse, generen una tasa de rechazo cercana al 15% (la cual duplicaría la tasa de rechazo actual). Las combinaciones de límites están representadas en las columnas de color naranja; a continuación se describe cada combinación:

1. Se reducirían los valores de emisión de los hidrocarburos y monóxido de carbono, pero se mantendrían los límites actuales de óxidos de nitrógeno. La desventaja de esta combinación de límites es que se no se aplica una reducción a los óxidos de nitrógeno, por lo que el beneficio que se esperaría en el control de ese gas sería marginal respecto a la ganancia actual.
2. La siguiente combinación de factores establece reducción en los factores de emisión de todos los contaminantes, lo cual se logra solamente aplicando un porcentaje de reducción a los límites de emisión de la columna de límites actuales.

La diferencia promedio entre los límites actuales y los finales es del 47.4% para el caso de los óxidos de nitrógeno, por lo que una reducción del 5% propuesta, correspondería al 10.5% de la reducción que aplica en el salto de límites iniciales y finales.

Esta propuesta tiene el inconveniente de utilizar columna de emisiones no definidas por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica.

En caso de los límites de emisión que aplican en la Ciudad de México en su programa ASM, se tiene que para el caso de las unidades modelos 1990 y posteriores de uso particular, se aplican valores únicos de 100 ppm de hidrocarburos, 1% en volumen de monóxido de carbono y 1,500 partes por millón de óxidos de nitrógeno.

Utilizando estos límites, el rechazo total en el parque vehicular ligero sería del orden de 22.7%, siendo los hidrocarburos los que mayor nivel de rechazo tendrían con un 20.1% por 9.5% de unidades rechazadas por óxidos de nitrógeno y 1.5% por monóxido de carbono.

Los límites mexicanos son menos estrictos que los establecidos como límites finales por la EPA en cuanto a óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono se refiere ya que los límites de NOx en EPA van de 305 a 1,212 ppm vs 1,500 de los límites mexicanos; en el caso de los límites de monóxido de carbono, estos van de 0.25 a 0.8% en volumen vs el 1% que aplica en México; sin embargo, es más estricto en los vehículos de inercia equivalente de hasta 1,134 kilogramos los

cuales representan al 46% del parque vehicular chileno regido por la tabla "1", el resto de las inercias equivalentes presentan límites de emisión de hidrocarburos más estrictas.

Adicionalmente en la Ciudad de México aplican límites de emisión de oxígeno de sumatoria del monóxido y dióxido de carbono, así como de lambda, las cuales son las siguientes:

- El oxígeno no puede ser mayor a 3% en volumen.
- La sumatoria de monóxido y dióxido de carbono no debe ser menor a 13 ni menor a 16.5%.
- La lambda no puede ser mayor a 1.05.

Estas consideraciones no pueden ser aplicables a la base de datos actual generada en las plantas de Santiago ya que en una gran cantidad de registros existen problemas con el dióxido de carbono el cual se muestra en "0", por lo que resultaría una estadística equivocada.

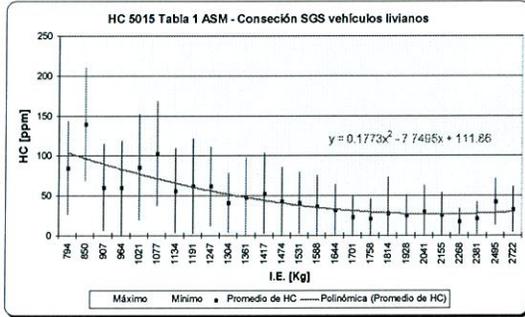
Cabe mencionar que en la Ciudad de México también aplican límites de emisión mucho más restrictivos, los cuales sirven como cribado para determinar a los vehículos ligeros a los que se les permite circular diariamente (los autos que no cumplen con estos límites, deben dejar de circular un día a la semana). Los límites son 50 ppm de hidrocarburos, 0.4% de monóxido de carbono y 800 ppm de óxidos de nitrógeno, mismos que la EPA sólo contempla para vehículos con alta inercia equivalente.

La tasa de rechazo vehicular en la Ciudad de México para este tipo de vehículos es del 4.55% considerando la evaluación del hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Sin embargo, la tasa de rechazo global al involucrar emisiones de los gases mencionados, por mal estado del convertidor catalítico, por lambda incorrecta, por dilución (CO + CO<sub>2</sub> fuera de rango), por alta concentración de oxígeno, alcanza el 12.6% de rechazo vehicular.

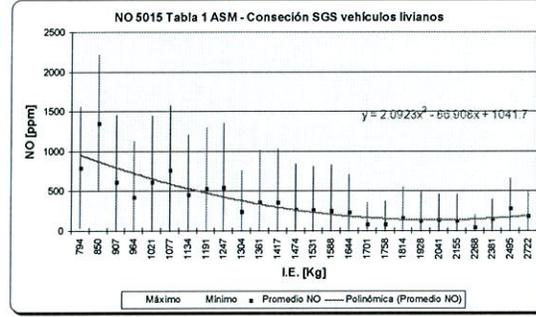
En todo caso se recomienda evaluar con cuidado la implementación de límites de emisión como el de la Ciudad de México porque al aplicar un límite plano de emisiones por año modelo se pierde eficiencia en la detección de vehículos con altos niveles de emisión de contaminantes (lo cual es distinto a unidades con altas concentraciones de contaminantes), sobre todo en aquellos de gran cilindrada.

Ejemplificando lo anterior, dos autos con una concentración idéntica, supongamos de 100 ppm de hidrocarburos, pareciera tener la misma emisión de contaminantes, pero si uno de los vehículos tiene el doble de desplazamiento de volumen de gas, entonces ese vehículo es doblemente contaminantes en términos de emisiones de hidrocarburos emitidas. Este efecto entre el tamaño de los vehículos y su relación concentración-emisión se traduce finalmente en que los vehículos pequeños presentan mayor concentración para un mismo nivel de emisiones que un vehículo mas grande. En los gráficos que se muestran a continuación se presenta la relación entre la Inercia Equivalente del vehículo (I.E.) y la concentración de emisiones para una muestra de 146,000 vehículos livianos de pasajeros (Norma ASM - Tabla 1), medidos en las plantas de la concesión SGS.

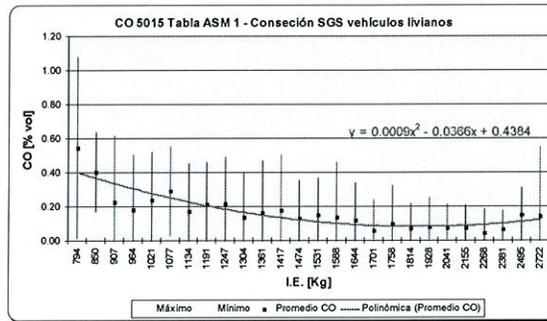
**GRAFICO RESULTADOS HC 5015  
EN FUNCIÓN DE LA I.E.**



**GRAFICO RESULTADOS NO 5015  
EN FUNCIÓN DE LA I.E.**



**GRAFICO RESULTADOS CO 5015 EN FUNCIÓN DE LA I.E.**



Por esta razón, los límites máximos permisibles que establece la EPA para el métodos ASM, define una menor tasa de emisión permitida conforme mayor inercia equivalente o cilindrada tiene el vehículo. De lo contrario, un estándar parejo para todas las inercias castigaría a los vehículos pequeños y beneficiaría a los vehículos mayores, produciendo tasas de rechazos diferenciadas según el tamaño del vehículo.

## 2.2.2. COMERCIALES LIVIANOS AÑO 1999 Y POSTERIORES CON SELLO VERDE.( NORMA ASM - TABLA 2)

La “Tabla 2” establece los límites de emisión para los comerciales livianos año 1999 y posteriores con sello verde y les aplica actualmente los valores que en la EPA se definen en las columnas 5, 26 y 43 para hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno respectivamente. La EPA recomienda la aplicación de los límites de emisión, que presenta en su guía de aplicación de la ASM, contenidos en las columnas 3, 24 y 42 para HC, CO y NOx respectivamente.

Al igual que en el análisis de la “Tabla 1”, se realizó un análisis para cada gas al aplicárseles los valores de emisión de las distintas columnas establecidas por EPA, obteniéndose los siguientes resultados:

TASA DE RECHAZO AL APLICAR DISTINTOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES  
(Norma ASM - TABLA 2)

COLUMNA EPA HC	% RECHAZO HC	COLUMNA EPA CO	% RECHAZO CO	COLUMNA EPA NOx	% RECHAZO NOx
1	18.5%	21	17.5%	41	34.3%
2	4.1%	22	4.8%	42	24.4%
3	2.5%	23	2.2%	43	3.5%
4	1.4%	24	1.3%		
<u>5</u>	<u>0.5%</u>	25	1.1%		
		<u>26</u>	<u>0.6%</u>		

Columna de límites finales señalados en cursiva.

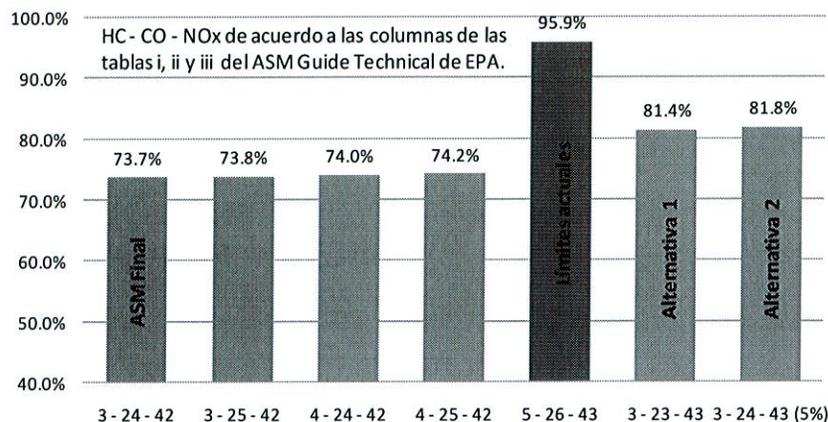
Columna de límites actuales señalados con línea baja.

En este estrato el incremento que sufren en los límites de emisión entre los actuales y los finales, realmente no generan un incremento importante en la tasa de rechazo en los casos de los hidrocarburos y del monóxido de carbono. Sin embargo, para los óxidos de nitrógeno, el rechazo pasa de 3.5 al 24.4% en tan sólo un salto de columna.

La evaluación general muestra una tasa de rechazo del 26.3% al aplicarse los límites de emisión considerados como finales. Al evaluar otras combinaciones de límites de emisión, resulta no existir una de ellas que permita reducir en más de un punto porcentual el porcentaje de rechazo.

Esta situación se debe a que los óxidos de nitrógeno son el gas determinante en la tasa de rechazo y no existen límites de emisión intermedios entre el límite actual y el final de la EPA. A continuación se muestran un gráfico con las combinaciones evaluadas.

**APROBACIÓN VEHICULAR CON DISTINTOS LÍMITES DE EMISIÓN**  
(Norma ASM - TABLA 2)



En este caso, se presentan dos propuestas en las cuales la aprobación vehicular sea del orden del 81%. En una de ellas, los límites de emisión de óxidos de nitrógeno no se modifican con relación al límite actual y en la otra propuesta se aplica una reducción a los límites de emisión finales del 5%.

Cabe mencionar que la diferencia promedio entre los límites de óxidos de nitrógeno de la columna “43” a la “42” es tan sólo del 20.8% y aún así se incrementa fuertemente el número de unidades que reprobaban de aplicarles dichos límites de emisión.

Los límites que aplican en Ciudad de México para este tipo de unidades son los mismos que aplican a los vehículos livianos anteriormente mencionadas, pero en este caso la aplicación es para unidades modelo 1994 y posteriores; además de aplicar por igual a los vehículos de la Norma ASM - Tabla 3. En el caso de las unidades 1993 y anteriores, los límites aplicables son:

- Concentraciones de 180 ppm de hidrocarburos, 2% en volumen de monóxido de carbono y 2,500 partes por millón de óxidos de nitrógeno.
- El oxígeno no puede ser mayor a 3% en volumen.
- La sumatoria de monóxido y dióxido de carbono no debe ser menor a 13 ni mayor a 16.5%.
- La lambda no puede ser mayor a 1.1.

### 2.2.3. COMERCIALES LIVIANOS AÑO 1999 Y ANTERIORES CON SELLO VERDE O SELLO AMARILLO (NORMA ASM - TABLA 3)

La tabla “3” establece los límites de emisión para los comerciales livianos año 1998 y anteriores con sello verde o amarillo, y les aplica actualmente los valores que en la EPA se definen en las columnas 7, 29 y 49 para hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno respectivamente. La EPA recomienda la aplicación de los límites de emisión, que presenta en su guía de aplicación de la ASM, contenidos en las columnas 3, 24 y 46 para HC, CO y NOx respectivamente.

En este caso se aplican los mismos valores de emisión, en cuanto a los gases de hidrocarburos y monóxido de carbono, que para los vehículos similares pero más nuevos (“Tabla 2”). Sin embargo, si existe diferencia en los factores de emisión de los óxidos de nitrógeno.

**TASA DE RECHAZO AL APLICAR DISTINTOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES**  
 (Norma ASM - TABLA 3)

COLUMNA EPA HC	% RECHAZO HC	COLUMNA EPA CO	% RECHAZO CO	COLUMNA EPA NOx	% RECHAZO NOx
1	38.8%	21	36.9%	41	50.3%
2	15.4%	22	15.7%	42	40.0%
3	10.3%	23	9.8%	43	33.5%
4	6.9%	24	7.4%	44	23.5%
5	4.4%	25	6.6%	45	23.5%
6	2.4%	26	4.7%	46	19.4%
<u>7</u>	<u>1.0%</u>	27	4.3%	47	15.5%
		28	3.7%	48	7.6%
		<u>29</u>	<u>2.2%</u>	<u>49</u>	<u>1.0%</u>

Columna de límites finales señalados en cursiva.

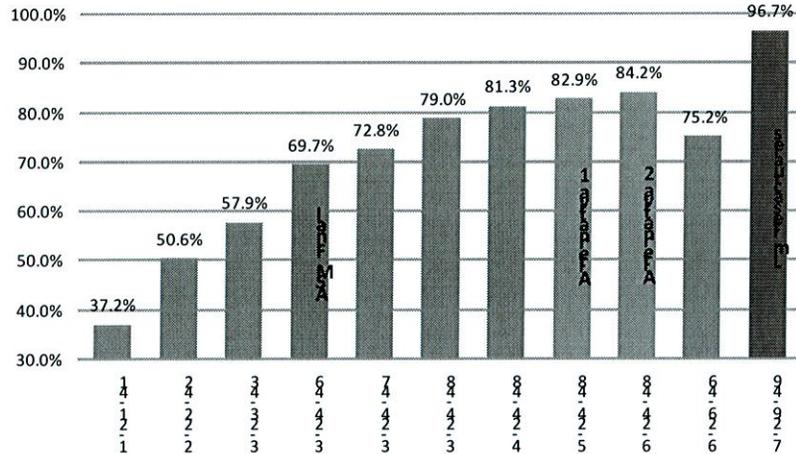
Columna de límites actuales señalados con línea baja.

En este caso se puede apreciar que pasar de la columna “7” de hidrocarburos a los límites finales (columna “3”), propiciaría un incremento en la tasa de rechazo del 1% al 10.3%. Para el caso del monóxido de carbono, la tasa de rechazo se incrementaría del 2.2 al 7.4%, pero en el caso del NOx habría un incremento de 18.4 puntos porcentuales al pasar del 1% al 19.4%.

La tasa de rechazo al evaluar los tres gases conjuntamente sería del orden del 30%, situación que nuevamente establece una complejidad de carácter social, dado el enorme número de vehículos que se rechazarían. No obstante, técnicamente hablando, sería conveniente aplicar estos límites para obtener el mejor beneficio ambiental posible.

A continuación se muestran algunas de las evaluaciones realizadas con las distintas combinaciones de límites posibles en este sector vehicular:

APROBACIÓN VEHICULAR CON DISTINTOS LÍMITES DE EMISIÓN  
 (Norma ASM - TABLA 3)



En este caso, existen alternativas en el manejo de columnas intermedias entre los límites iniciales y finales, para obtener tasas de rechazo cercanas al 15%, pudiendo ser la aplicación de límites más estrictos para todos los contaminantes involucrados.

#### 2.2.4. MOTORIZADOS MEDIANOS AÑO 1999 Y POSTERIORES CON SELLO VERDE Y MOTORIZADOS MEDIANOS AÑO 1998 Y ANTERIORES CON SELLO VERDE O SELLO AMARILLO (NORMA ASM - TABLA 4 Y 5)

Ante la inexistencia de datos registrados en las bases de datos que incluyan vehículos evaluados bajo los límites de estas tablas, es imposible conocer el estado ambiental que guardan los motores de dichas unidades, por lo que no es posible establecer nuevos límites de emisión.

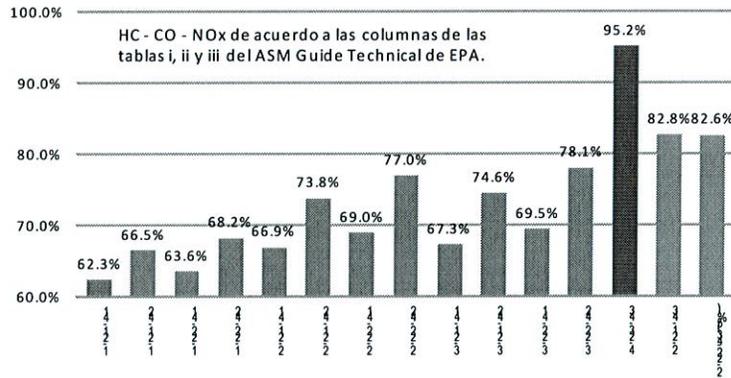
#### 2.2.5. TABLA POR DEFECTO SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO Y CILINDRADA (NORMA ASM - TABLA 6)

La Norma ASM - Tabla 6 cuenta con 3 subtablas según la cilindrada del vehículo: < 1000 cc, 1001 a 2000 cc, > 2000 cc. Estas subtablas de la tabla seis se emplean para evaluar las emisiones de los vehículos que no han sido integrados a la nómina de registro vehicular. Sus límites de emisión están íntimamente ligados a los parámetros de las tablas “1”, “2” y “3” normales, sólo que para cada subtabla se aplican únicamente tres límites definidos por la cilindrada, en lugar de los 47 que aplican en las otras tablas. De hecho las cilindradas que definen cada subtabla fueron escogidas conforme el listado de vehículos homologados y comparadas con las I.E. correspondientes, definiéndose para cada rango el menor valor de

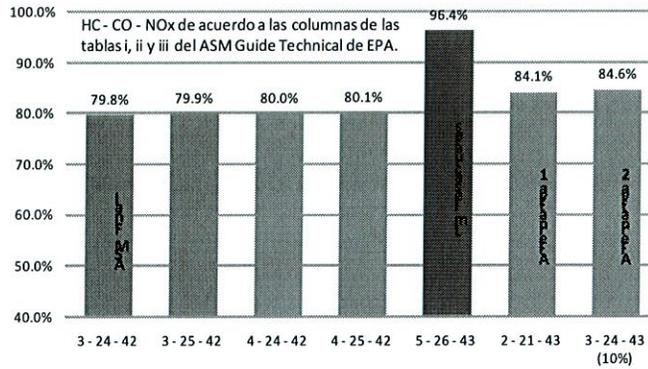
inerencia característico para dicho rango y por ende el límite mas alto, toda vez que para la aplicación de esta tabla se desconoce el verdadero valor de inerencia del vehículo se considera el caso mas favorable para el usuario a fin de evitar un rechazo equivocado. En cuanto a las categorías vehiculares equivalentes a las que definen las Norma ASM - Tabla 1, 2 y 3, se utiliza en la Norma ASM - Tabla 6 las definiciones de tipo de vehículo que entrega el software de revisión técnica, como sigue:

TIPO DE VEHÍCULO SEGÚN REVISIÓN TÉCNICA	CATEGORÍA VEHILAR APLICABLE
Automóvil y Station Wagon con Sello Verde o Sello Amarillo	
Furgón, Camioneta, Todo Terreno, Jeep o similares con revisión técnica Tipo B. Vehículos año 1999 y posteriores.	
Automóvil y Station Wagon con Sello Verde o Sello Amarillo	
Furgón, Camioneta, Todo Terreno, Jeep o similares con revisión técnica Tipo B. Vehículos año 1999 y posteriores.	

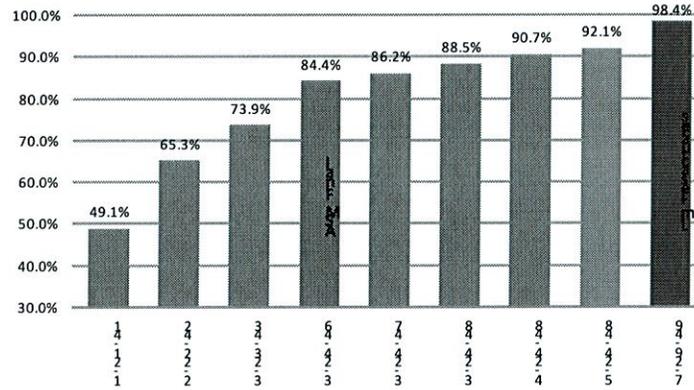
**APROBACIÓN VEHICULAR CON DISTINTOS LÍMITES DE EMISIÓN  
(Norma ASM - TABLA 6-1)**



**APROBACIÓN VEHICULAR CON DISTINTOS LÍMITES DE EMISIÓN  
 (Norma ASM - TABLA 6-2)**



**APROBACIÓN VEHICULAR CON DISTINTOS LÍMITES DE EMISIÓN  
 (Norma ASM - TABLA 6-3)**



Los gráficos presentan la tasa de aprobación de las tres subtablas en donde, para la primer subíndice de la Norma ASM - Tabla "6" existe una tasa de aprobación de tan sólo el 62% de aplicar la columna recomendada por la EPA; para la segunda subtabla el índice de aprobación es del 80%, en tanto que para el último subíndice este porcentaje es del 84.4%.

Los subíndices 4 y 5 de la Norma ASM - Tabla 6 no se calcularon dado que como ya se ha visto del análisis de las Norma ASM - Tablas 4 y 5, existen muy pocos vehículos en dichas categorías.

Continuando con el análisis, se observa que para la tabla 6-1 todas las combinaciones de columnas se ubican por debajo del 80% de aprobación, razón por la cual se generaron dos escenarios alternativos que permitan aumentar el índice de aprobación. Se probaron los mismos parámetros que en la tabla "1" y, con ello, la aprobación subió a un 82% en ambos escenarios.

En el caso de la Norma ASM - Tabla 6-2, las combinaciones se muestran muy estables en cuanto a un índice de aprobación cercano al 80%. En este sentido se probaron dos escenarios que permitiesen elevar en 5 puntos porcentuales el índice de aprobación, generándose dos alternativas, una de ellas idéntica a la que aplica en la tabla "2".

La Tabla 6-3 ya presenta un índice de aprobación del 85% al aplicarse los límites finales de la EPA, por lo que ya no se realizó mayor evaluación de escenarios sobre la tabla.

## **2.2.6. PROPUESTA DE LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE GASES**

Como ya se vio en la discusión del capítulo anterior, los límites de emisión finales que propone la Agencia Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica apliquen en el protocolo ASM, permite detectar una gran cantidad de vehículos en mal estado operativo.

Estos vehículos deben ser llevados a reparar para volver a presentarse a revisión, con lo que se lograría obtener un importante beneficio ambiental. Desde el punto de vista ambiental y técnico, la aplicación de estos límites permitirá lograr el objetivo que tiene una prueba ASM y que fue el motivo de comenzar su aplicación en Santiago de Chile, y es tener un control sobre los óxidos de nitrógeno emitidos por los vehículos, situación que se logra sin descuidar la observación y sanción de los hidrocarburos y del monóxido de carbono.

Considerando que la elección de los límites iniciales a las tecnologías vehiculares que históricamente se ha comercializado en Chile fue correcta al iniciar el programa de revisión ASM (los límites en Chile aplican a modelos vehiculares distintos respecto a lo que aplica en los EUA, situación del adelanto normativo que los EUA han tenido sobre América Latina), entonces tecnológicamente hablando, los vehículos no deberían tener problemas para aprobar estos límites siempre y cuando se encuentren en buen estado de mantenimiento.

Aunque la Norma Oficial Mexicana establece valores de emisión un poco más relajados para la Ciudad de México (en comparación con los límites de emisión de NOx y CO), en dicha ciudad aplican valores más restrictivos para que dichos vehículos exenten la restricción a la circulación que allí se impone.

Estos últimos niveles de emisión son más restrictivos que los niveles que aplican a los vehículos de bajo e intermedio valor de inercia equivalente en Santiago y a pesar de ello, los vehículos están cumpliendo con dichos límites, a pesar que la Ciudad de México se ubica a mayor altura que Santiago (2,240 msnm) y aún se mantiene el uso de gasolina con 350 ppm de azufre lo cual afecta gradualmente la operación del convertidor catalítico.<sup>30</sup>

Dadas las anteriores consideraciones técnicas, se recomienda aplicar los valores definidos como finales por la EPA. A continuación se presenta un análisis por modelo vehicular y desagregando a los taxis, para conocer la estimación de aprobación:

	TABLA 1			TABLA 2			TABLA 3			TABLA 8-1			TABLA 8B			TABLA 8C			TABLA GENERAL					
	Número de taxis	% aprobados	Otros	% aprobados	Otros	% aprobados	Otros	% aprobados	Otros	% aprobados	Otros	% aprobados	Número de taxis	% aprobados	Otros	% aprobados	Número de taxis	% aprobados	Otros	% aprobados	Número de taxis	% aprobados	Otros	% aprobados
1966	0	0%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	1	0.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	1	100.00%	0	0%
1977	0	0%	1	100.00%	0	0.00%	1	100.00%	0	0.00%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0%	2	100.00%
1979	0	0%	1	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	1	100.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0%	2	50.00%
1990	0	0%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	5	60.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0%	5	80.00%
1991	0	0%	1	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	3	66.67%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	4	50.00%	0	0%
1992	0	0%	3	33.33%	0	0.00%	1	0.00%	3	100.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	7	57.14%	0	0%
1993	0	0%	4	50.00%	0	0.00%	0	0.00%	13	81.54%	0	0%	0	0.00%	0	0%	0	0.00%	0	0%	17	58.82%	0	0%
1994	0	0%	9	44.44%	0	0.00%	0	0.00%	33	51.52%	0	0%	0	0.00%	0	0%	1	1.00%	0	0%	43	48.84%	0	0%
1995	0	0%	12	50.00%	0	0.00%	1	0.00%	99	60.42%	0	0%	0	0.00%	0	0%	5	100.00%	0	0%	114	60.53%	0	0%
1996	0	0%	43	46.51%	0	0.00%	2	100.00%	363	49.04%	0	0%	0	0.00%	0	0%	12	75.00%	0	0%	420	49.76%	0	0%
1997	0	0%	61	47.54%	0	0.00%	12	83.33%	500	49.40%	0	0%	0	0.00%	0	0%	26	78.92%	0	0%	599	51.09%	0	0%
1998	0	0%	54	37.04%	0	0.00%	18	81.25%	357	52.66%	0	0%	0	0.00%	0	0%	33	84.95%	0	0%	460	54.13%	0	0%
1999	0	0%	103	33.98%	0	0.00%	17	84.71%	397	53.15%	0	0%	0	0.00%	0	0%	33	75.76%	0	0%	550	51.27%	0	0%
1999	0	0%	118	38.14%	0	0.00%	12	83.33%	389	51.67%	0	0%	0	0.00%	0	0%	15	80.00%	0	0%	534	50.19%	0	0%
1991	0	0%	73	39.73%	0	0.00%	16	75.00%	259	56.76%	0	0%	0	0.00%	0	0%	21	85.71%	0	0%	369	55.83%	0	0%
1992	0	0%	124	41.84%	0	0.00%	61	70.49%	447	51.90%	0	0%	0	0.00%	0	0%	22	88.36%	0	0%	654	52.91%	0	0%
1993	0	0%	3.607	43.76%	0	0.00%	3.003	70.96%	8.594	51.65%	0	0%	0	0.00%	0	0%	788	82.84%	0	0%	16.170	54.85%	0	0%
1994	0	0%	5.023	45.01%	0	0.00%	3.504	70.26%	8.143	51.42%	0	0%	0	0.00%	0	0%	1.162	60.72%	0	0%	17.833	55.22%	0	0%
1995	0	0%	9.546	43.46%	0	0.00%	4.705	68.76%	7.841	53.28%	0	0%	0	0.00%	0	0%	1.722	81.65%	0	0%	23.815	54.46%	0	0%
1996	492	47.4%	15.062	42.45%	0	0.00%	5.040	70.32%	9.923	53.22%	0	0%	0	0.00%	43	97.87%	1.942	83.83%	505	51.88%	31.967	52.72%	0	0%
1997	1.413	69.78%	18.106	44.50%	0	0.00%	6.297	88.80%	8.855	50.19%	0	0%	0	0.00%	103	99.03%	2.155	85.95%	1.518	59.70%	35.413	52.72%	0	0%
1998	1.128	55.85%	22.429	47.26%	1	0.00%	6.660	89.89%	7.098	51.55%	0	0%	0	0.00%	52	98.08%	1.945	87.86%	1.100	57.71%	36.133	54.07%	0	0%
1999	314	56.69%	14.624	52.26%	4.495	65.01%	0	0.00%	3.955	55.27%	12	83.33%	939	77.42%	0	0%	0	0.00%	326	57.67%	24.054	56.12%	0	0%
2000	347	60.23%	19.030	57.57%	4.302	69.76%	0	0.00%	3.207	62.92%	7	85.71%	986	78.77%	0	0%	0	0.00%	354	60.73%	27.525	60.79%	0	0%
2001	309	59.96%	17.748	65.71%	3.428	70.51%	0	0.00%	2.803	70.96%	5	80.00%	742	75.20%	0	0%	0	0.00%	314	71.34%	24.721	67.30%	0	0%
2002	268	52.24%	17.309	72.93%	2.691	69.08%	0	0.00%	2.463	78.82%	1	100.00%	510	77.06%	0	0%	0	0.00%	269	52.42%	22.993	73.21%	0	0%
2003	455	60.44%	22.855	77.20%	2.759	71.49%	0	0.00%	2.967	83.35%	2	100.00%	420	75.48%	0	0%	0	0.00%	457	60.81%	29.042	77.25%	0	0%
2004	574	66.55%	28.868	83.28%	2.750	77.27%	0	0.00%	3.706	86.00%	4	100.00%	448	78.57%	0	0%	0	0.00%	576	66.78%	35.852	83.03%	0	0%
2005	1.251	87.47%	35.736	87.20%	2.617	78.53%	0	0.00%	4.953	89.64%	9	88.89%	567	81.13%	0	0%	0	0.00%	1.260	67.82%	43.873	86.90%	0	0%
2006	1.625	72.52%	38.059	83.13%	3.136	87.21%	0	0.00%	5.079	94.66%	15	93.33%	509	90.18%	0	0%	0	0.00%	1.640	73.11%	46.784	82.87%	0	0%
2007	1.634	76.99%	18.547	96.30%	1.120	91.52%	0	0.00%	1.773	97.57%	17	84.12%	172	95.35%	0	0%	0	0.00%	1.651	77.17%	19.612	90.13%	0	0%
2008	1.747	82.94%	1.033	87.42%	24	100.00%	0	0.00%	32	100.00%	15	88.67%	34	100.00%	0	0%	0	0.00%	1.782	82.97%	1.123	88.42%	0	0%
2009	457	88.06%	325	92.31%	22	90.91%	0	0.00%	21	100.00%	53	86.11%	52	100.00%	0	0%	0	0.00%	510	90.00%	420	93.57%	0	0%
	11.984		286.714		27.375		29.346		84.420		140		5.378		188		5.860		12.322		443.101			

**TABLA 47: ANÁLISIS POR MODELO VEHICULAR Y DESAGREGANDO A LOS TAXIS, PARA CONOCER LA ESTIMACIÓN DE APROBACIÓN**

<sup>30</sup> La aplicación de estos límites en vehículos de tabla "1", generaría un rechazo del 41.5%, es decir 12% más que la aplicación de los límites finales de la EPA.

En la tabla se observa que el sector de taxis se agrupan bajo los límites de Norma ASM - tabla 1 y tabla 6-3. Dado que según la definición de tipo de vehículo de la Tabla 6-3, esta corresponde a revisiones Tipo B, la existencia de Taxis en esta categoría puede obedecer a un error de clasificación de tipo de vehículo. En todo caso para los límites de la “Tabla 1” en los taxis más antiguos (modelos 1996 a 2001), existe una mayor o igual tasa de aprobación que en el resto de los vehículos, situación que se antoja extraña dada la frecuencia de uso y el desgaste que este sector debiese presentar.<sup>31</sup>

Conforme el taxi es más reciente, si se aprecia una diferencia en la tasa de aprobación con relación a los otros usos vehiculares (no es posible desagregar más la tabla de uso dado que la mayoría de los registros presentan un uso “0”, el cual es no registrado).

En el análisis por año modelo, resulta claro que conforme más antiguo es el vehículo menor tasa de aprobación presenta, pasando del 94% en los autos más recientes a un 50% en las unidades de más de 9 años.

Esta situación permite suponer que el problema en el parque vehicular de Santiago es la falta de sustitución de convertidores catalíticos. De esta forma, se recomienda establecer un programa de sustitución de este dispositivo, cuando el mismo ha dejado de operar.

Es así que la aplicación de los límites finales de la EPA provocaría una tasa de aprobación del 69.4% de la flota vehicular en circulación. Esto significa que, si la condición de los vehículos se mantuviera tal como en su última verificación de emisiones vehiculares (asumiendo que ningún vehículo empeore o se lleve a mantenimiento para mejorar), el rechazo vehicular alcanzaría poco más del 30%, del total del parque vehicular en circulación.

Por lo anterior, se propone la aplicación de las siguientes columnas por estrato vehicular:

ESTRATO VEHICULAR	HC	CO	NOx
1.- Livianos de pasajeros con sello verde o sello amarillo. EPA = Light Duty Vehicles modelos 1983 y posteriores.	1	21	41
2.- Comerciales livianos año 1999 y posteriores con sello verde. EPA = Light Duty Trucks modelos 1988 a 1995.	3	24	42
3.- Comerciales livianos año 1999 y anteriores con sello verde o sello amarillo. EPA = Light Duty Trucks modelos 1984 a 1987.	3	24	46
4.- Motorizados medianos año 1999 y posteriores con sello verde. Light Duty Trucks “2” modelos 1988 a 1995.	5	26	46

<sup>31</sup> Existe una diferencia de “5” unidades entre el desagregado por tabla y el análisis general, esto se debe a que en el general se incluyen los vehículos de las tablas “4” y “5”.

ESTRATO VEHICULAR	HC	CO	NOx
5.- Motorizados medianos año 1998 y anteriores con sello verde o sello amarillo. EPA = Light Duty Trucks modelos 1984 a 1987.	7	29	49
6(1).- Automóvil y Station Wagon o similares.	1	21	41
6(2).- Vehículos modelos 1999 y posteriores, pero distintos a 6(1).	3	24	42
6(3).- Vehículos distintos a 6(1) y 6(2).	3	24	46

**TABLA 48: PROPUESTA DE APLICACION POR ESTRATOS VEHICULARES (HC, CO Y NOX)**

Nótese que se recomienda mantener los niveles de emisión que aplican actualmente a los vehículos de la tabla “4” y “5”, dada la falta de datos en ese estrato vehicular, dada la falta de información en dichos estratos.

Es importante notar que la alta tasa de rechazo vehicular va a generar una presión sobre el sistema de forma tal que podría comenzar a presentarse intentos de soborno en plantas de revisión técnica para aprobar unidades que no lo merezcan, o a buscar evadir la prueba ASM, cumpliendo con la revisión en otra Región.

Por lo anterior, se recomienda aplicar estos límites de emisión sólo hasta que la autoridad responsable mejore las condiciones actuales respecto a la inspección y vigilancia de la labor de las plantas de revisión técnica y solucione los problemas detectados en la medición y registro de resultados ya que, resulta latamente probable que comiencen a surgir actos de corrupción en las plantas, motivados por el deseo de la gente de ahorrar el costo de la reparación de su vehículo.

De esta forma, la autoridad debe estar preparada para atender denuncias ciudadanas de hechos de corrupción, así como identificar indicadores de mala operación a través de la correcta interpretación de la base de datos. De ahí la importancia de tener una base de datos homogénea e íntegra.

A continuación se presentan propuestas para mejorar la fiscalización de plantas y en vialidad, así como una propuesta sobre la sanción a convertidores catalíticos en mal estado.

Es importante señalar que, si la autoridad considera que un 30% de rechazo puede generar un problema social, sobre todo si no existe la experiencia en los talleres mecánicos para identificar fallas relacionadas con altas emisiones de óxidos de nitrógeno; así como repararlas (por ejemplo, detectar la mala operación del sensor de oxígeno “sonda lambda”), se podría iniciar con límites de emisión más estrictos a los actuales pero menos que los finales (por ejemplo los escenarios en donde se reprobaba sólo al 85% del parque).

En este caso se debe considerar que habrá un menor beneficio ambiental y que en breve se deberá volver a modificar el Decreto Supremo para que, al término de un tiempo, se publiquen y apliquen los límites de emisión finales que la EPA recomienda.

Las tablas de límites de la EPA con sus columnas señaladas y con los límites correspondientes a cada inercia equivalente, se encuentran en el capítulo de límites de emisión actuales.

## 2.3. PROPUESTA DE FISCALIZACIÓN

La aplicación de límites máximos de emisión más estrictos en la prueba ASM conlleva una mayor detección de vehículos fuera de norma, mismos que deben ser reparados para poder ser presentados nuevamente a evaluación y, en caso de cumplir con los nuevos parámetros normativos, ser aprobados en su verificación de emisiones vehiculares.

Este incremento en límites no sólo provocará un mayor índice de rechazo vehicular, también podría tener un impacto en el sector de mecánica automotriz, toda vez que aquellos talleres mecánicos que no tengan infraestructura para realizar el diagnóstico de fallas, o que no estén debidamente capacitados para la reparación de las nuevas tecnologías vehiculares, estarán en desventaja competitiva.

Los talleres mecánicos que entren en desventaja tienen la opción de capacitarse y mejorar su infraestructura, pero también existe la posibilidad de intentar buscar al técnico en alguna Planta de Revisión que le “facilite” aprobar los vehículos de sus clientes que lo requieran para poder aprobar.

En el caso del ciudadano al que se le informe que su vehículos requiere de reparaciones costosas (por ejemplo la sustitución del convertidor catalítico), podrá optar por hacer la reparación necesaria, por intentar sobornar a un técnico en planta, por realizar la evaluación de sus emisiones en plantas localizadas en otra Región en donde no les aplique prueba ASM, entre otras posibilidades. Dado esto último es que se hace necesario complementar la reducción de límites en Santiago con la implementación de la norma en las regiones V y VI.

Evidentemente la presión social que soportará el sistema de verificación de emisiones vehiculares será notablemente más grande que la que ha vivido en este primer año de operación, razón por la cual, el área gubernamental debe estar preparada para evaluar el desempeño de cada planta, detectar desviaciones en el sistema y aplicar las sanciones necesarias para corregirlas.

El seguimiento institucional al programa y el compromiso de las personas físicas y morales a las que se les concesionó la operación de las plantas es indispensable para asegurar un programa operando con honestidad y generando resultados positivos desde el punto de vista ambiental. La suma de ambos esfuerzos permitirá detectar de inmediato la incorrecta operación que algún mal elemento esté realizando en líneas de evaluación de gases.

### 2.3.1. HOMOGENEIDAD Y CONTENIDO DE BASE DE DATOS

Las bases de datos que se crean durante el proceso de verificación de emisiones vehiculares pueden tener una cantidad de datos tal, que se convierten en una huella digital de cada evaluación de gases, con lo que es posible dar seguimiento a datos extraños que pudieran tener su origen en actos de corrupción en las plantas.

Una correcta evaluación de estas bases de datos permite identificar a las plantas a las que resulta necesario darles un seguimiento especial dado los elementos que se van encontrando en sus registros. De esta forma, resulta altamente eficiente la inspección en campo cuando el personal de fiscalización asiste a una planta sabiendo que en alguna de las líneas de las plantas de revisión se presentan problemas en la medición de algún gas, o que deben evaluar el comportamiento de la estación meteorológica de la planta, etc.

Es importante que la información contenida en la base de datos se presente siguiendo una estructura definida y bajo catálogos homogéneos, lo cual facilita la evaluación de la misma.

Actualmente la información que obligadamente debe ser incluida en base de datos no resulta ser suficiente para un análisis más completo del proceso de verificación; pero además la misma se presenta de forma heterogénea entre las diversas plantas, lo cual dificultó la evaluación de las mismas y, en algunos de los análisis realizados fue imposible aplicarlos a todas las plantas dada la falta de información o la forma de presentación de la misma.

Las acciones que pudiesen desarrollarse para mejorar la fiscalización a través de evaluación de base de datos, son las siguientes:

#### 1. Estructura de la base de datos.

Definir la estructura de base de datos estableciendo el número de campos que la misma debe tener, el nombre de cada uno, su longitud, el tipo de carácter que debe ser utilizado en cada campo (alfabético, numérico o alfanumérico), los valores por defecto y los valores posibles en cada campo. A continuación se presentan una serie de recomendaciones respecto a la estructura de las bases actuales:

CAMPO	DESCRIPCIÓN
RESULTADO_CRT_GASES	Se debe establecer un criterio único de presentación de resultado ya que en algunas plantas se presenta un rechazo de vehículos aprobados en gases cuando la unidad presenta problemas en la revisión de seguridad. Sin embargo, en otras plantas se señala aprobación, en otras condicional y otras más aparecen valores nulos.
DEFINIR NOMBRE DE CAMPOS	Los campos señalados como adicionales requeridos según RES 1191/2007 MTT deben tener un nombre definido, ya que actualmente su nombre puede ser definido por cada planta. Son 16 campos los que se encuentran en este supuesto.

NUM LINEA TABLA_ASM ODM	Estos campos están definidos como campos adicionales deseables y se propone deban ser de carácter obligatorio toda vez que los tres permiten obtener información necesaria y, en el caso de los dos primeros campos, indispensable para realizar evaluaciones sobre la operación de las plantas.
VALORES NULOS	<p>Evidentemente valores nulos no hace referencia a un campo de la base de datos, pero es importante que la base de datos no contenga espacios vacios en sus distintos campos ya que eso impide la valoración de las pruebas.</p> <p>Por ejemplo: existen plantas que sólo reportan resultados reprobatorios y nulos sobre la valoración del tubo de escape. En este sentido, no resulta claro si los campos con valores nulos significa que los vehículos no presentaban problemas con el tubo de escape (por eso no se les colocó indicador de rechazo) ó simplemente no fue evaluado el elemento.</p>
HOMOLOGAR BASE DE PLANTAS "A" Y "B"	Resulta conveniente que todas las plantas tengan el mismo tipo de reporte, independientemente que en las plantas tipo "B" se quedarían muchos campos sin resultados por reportar (aunque se presente el indicador de campo no aplicativo). Esta homologación permitirá conjuntar en una sola, todas las bases de datos para su posterior análisis.
CAMPOS ADICIONALES	No dejar abierta la posibilidad de que las plantas coloquen campos adicionales en el registro de los vehículos, debiéndose en todo momento reportarse los campos definidos y autorizados por la autoridad.

2. Campos de la estructura de la base de datos.

Actualmente las bases de datos están definidas con 105 campos obligatorios, más otros 5 campos de carácter voluntario que se encontraron en algunas Plantas., para las plantas tipo “B”; en tanto que en el caso de las plantas tipo “A”, el número de campos sube a 128, obligatorios, más 5 adicionales de carácter voluntario.

La información que se obtiene de estos campos es de gran utilidad para el seguimiento institucional, pero es insuficiente cuando se trata de evaluar a detalle los resultados que cada base presenta, sobre todo en el caso del impacto de los problemas detectados en las bases.

Para ejemplificar este punto, baste comentar que se encontraron mediciones con presiones atmosféricas muy por encima o muy por debajo de la media en Santiago de Chile; así como temperaturas fuera de rangos lógicos. Sin embargo, y al no existir resultados del factor de corrección de óxidos de nitrógeno, resultó imposible saber si los valores registrados en base de datos fueron utilizados para calcular el factor de corrección y, en su caso, cual fue la afectación en el resultado otorgado al vehículo.

Por lo anterior, resulta conveniente incluir más campos en la base de datos, con el objeto de contar con mayor número de herramientas para establecer la operación de los equipos. Los campos que se propone deben ser incluidos son:

CAMPO	DESCRIPCIÓN Y/O UTILIDAD
PRUEBA GASES	Indica el tipo de prueba de gases que aplica a cada unidad. Sirve para identificar plenamente a los vehículos que les aplicó prueba ASM, Ralenti/2,500 o aceleración libre, toda vez que en estos momentos la discriminación debe realizarse respecto a las unidades que presentan información en algún campo referencial a cada prueba.
FACTOR NOx	Indica el valor de corrección que aplica por humedad a los óxidos de nitrógeno. Se utilizará para evaluar si se está calculando correctamente o no el factor de corrección, ya que factores de corrección por bajo de la unidad disminuye el resultado final de dicho gas.
FACTOR DE CORRECCIÓN	Indica el valor de corrección por dilución que aplica al monóxido de carbono, a los hidrocarburos y a los óxidos de nitrógeno. Al igual que el parámetro anterior es necesario para poder evaluar si el software de cada planta realiza o no correctamente el cálculo del factor.
CO, HC Y NOx BRUTOS	Son el promedio de diez segundos de cada gas que el sistema utilizó para determinar el resultado a otorgar al vehículo, con la salvedad que el promedio se refiere a los gases antes de aplicarles los factores de corrección y dilución. Se utiliza para evaluar la correcta aplicación de los factores y del resultado final presentado.

CAMPO	DESCRIPCIÓN Y/O UTILIDAD
<b>DATOS GASES SEGUNDO A SEGUNDO</b>	<p>Indica el resultado segundo a segundo de los valores de los cinco gases evaluados más la potencia aplicada y velocidad alcanzada en todo el proceso de prueba. Sirve para detectar pruebas realizadas sin aplicación de carga, utilizando gases provenientes de recipientes o utilización de software simulador de emisiones (cuando el software fue realizado por personas que desconocen el comportamiento de gases en este tipo de evaluación).</p>
<b>COMBUSTIBLE UTILIZADO</b>	<p>Indica el combustible que fue utilizado en pruebas realizadas a unidades duales (gasolina – gas natural, gasolina – gas licuado de petróleo), ya que los algoritmos de detección de resultados extraños requieren la identificación plena del combustible usado durante prueba.</p>

CAMPO	DESCRIPCIÓN Y/O UTILIDAD
<b>IDENTIFICADOR DE PRUEBAS DE GASES</b>	<p>Indica las pruebas en las que se realiza prueba de gases. Sirve para discriminar las pruebas de gases validas de aquellas en las que sólo se duplica la información de pruebas realizadas en sesiones de revisión previas en donde no existió aprobación de algún parámetro distinto a gases.</p>
<b>BANCO ANTERIOR CALIBRACIÓN</b>	<p>Muestra el resultado (lectura de gases patrón antes del ajuste), respecto al estado de operación del banco en el equipo previo a la realización de un ajuste al mismo. Permite conocer el estado operativo del banco ya que resulta posible que el mismo opere mal ya sea por un mal estado del mismo o por un ajuste indebido por parte de los operarios de líneas que podrían manipularlo a través del software de ingeniería de cada banco.</p>
<b>BANCO CALIBRACIÓN</b>	<p>Indica el valor (lectura de los gases patrón), con el cual el banco fue ajustado en su proceso de calibración. La comparación entre este dato y el dato anterior permite conocer el estado previo al ajuste en el cual se estaba operando el banco.</p>
<b>BANCO POSTERIOR CALIBRACIÓN</b>	<p>Muestra el valor (lectura de gases de verificación), de operación con el que el banco operará posterior al ajuste del mismo. Permite identificar bancos en mal estado operativo que deben</p>

CAMPO	DESCRIPCIÓN Y/O UTILIDAD
	ser sustituidos de inmediato.
ACCESO	<p>En caso de ingreso al software del equipo, indica el tipo de acceso que se llevó a cabo en cada equipo. Permite identificar el estado que guarda el mantenimiento del equipo y posibles alteraciones realizadas en el mismo. Debe desarrollarse un catalogo de accesos al equipo de acuerdo a las particularidades del equipo definido en Chile, en México operan los siguientes accesos y que se presentan sólo como guía de lo que podría solicitarse en Chile:</p> <p>Captura de datos, inicio de prueba en posición dos, captura de datos en modo capacitación, inicio de prueba en posición dos en modo capacitación, prueba de fugas, calibración con gas, calibración del dinamómetro, calibración del opacímetro, impresión de resultados, cancelación de certificados, carga de certificados, cambio de folio actual de certificado a imprimir, alta de personal, baja de personal, búsqueda de pruebas anteriores, apertura de gabinetes, cierre de gabinetes, acceso al sistema operativo, respaldo de datos, instrumentación de equipo, revisión de residuales, autocero y cero de analizador, span del analizador, limpieza del sistema de muestreo, cambio de sensor de O<sub>2</sub>, cambio de sensor de NOx, monitoreo de la estación meteorológica, control de dinamómetro, control de relevadores, cambio de serie de banca óptica, bloqueos de equipos, lectura de gases vía puerto, calibración con clave de gobierno, auditoria de calibración, auditoria de calibración del opacímetro, configuración del equipo, cambio de fecha y hora (por horario de verano), apagar el equipo, acceso al menú de calibración, acceso al menú de mantenimiento, acceso a otros menús.</p>
EFICIENCIA DEL CONVERTIDOR	Presenta la evaluación del estadio operativo del convertidor catalítico, basándose en un algoritmo de revisión que utiliza los gases dióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno. Sirve para evaluar si el convertidor catalítico funciona o no.

3. Sistema de revisión de homogeneidad de estructura de base de datos.

Una vez definida la estructura de base de datos, se recomienda la realización de un trabajo tendiente a lograr la homogeneidad entre las distintas base de datos de cada planta de revisión técnica, para lo cual se recomienda la realización de un sistema que de forma automática detecte los errores que se presenten en la base (cálculos erróneos, nombres de campos, tipo de campos, largos, valores por defecto y valores posibles).

Las plantas deberán presentar muestras semanales de los resultados obtenidos en su base de datos, la cual debe ser evaluada a través del sistema desarrollado, generando un reporte de fallas sobre los problemas detectados.

Una vez que el reporte de alguna planta no presente falla alguna, la autoridad deberá solicitar se nombre la versión de software autorizada y quedarse con una muestra de la forma en que reporta los datos dicha versión de software. Cualquier alteración posterior a la base de datos sería responsabilidad de la planta y la autoridad podría sancionar de acuerdo a la gravedad de la falla.

Algo que resultaría altamente recomendable es firmar electrónicamente el software (ejecutables y librerías). Esto asegurará que no deberá haber modificaciones en la forma operativa del equipo propiciado por cambios o alteraciones al software.

### **2.3.1.1. SISTEMA DE ALARMAS DE ALERTA**

Se propone instrumentar un Sistema de Información de Revisión Técnica que consiste en un sistema automatizado de control de la información de las Plantas en un punto centralizado, donde se valide la información generada en el proceso de verificación de emisiones.

El concepto del sistema es un equipamiento (software y hardware) que permita enviar de las plantas de revisión técnica la información de todas y cada una de las pruebas de verificación de emisiones vehiculares, misma que llega a un servidor del área de fiscalización. Conforme la información va llegando, se corre de forma automática una serie de consultas que, al detectar errores en la base de datos, o datos de emisión dudosos, emite una señal de alerta en pantalla.

Personal del área de vigilancia observa la llamada de alerta (la cual no indica el problema detectado) e ingresa al sistema para conocer el contenido de la alerta, para lo cual debe ingresar su clave única y personalizada al sistema. Una vez que conoce el problema presentado en la llamada de atención, toma acción para corregir dicho problema.

Las acciones a realizar pueden ir desde levantar un reporte, realizar visita de campo, solicitar calibración de la misma, etc. El funcionario que obtuvo la alerta es el encargado de dar seguimiento y reportar en el sistema las acciones realizadas ante cada evento.

Posteriormente se puede dar seguimiento a la actuación del personal de fiscalización ya que el sistema mantendría un registro de cada llamada de alerta y la atención que se le dio a cada una. En caso que se detecten sanciones o tratos diferenciados en diversas plantas, se debe investigar las causas de dicho trato diferencial y, en su caso, sancionar al funcionario público conforme a derecho.

### **2.3.1.2. INSPECCIÓN DE LÍNEAS EN TERRENO**

Se recomienda que las áreas de fiscalización correspondientes definan un protocolo de revisión de las condiciones operativas de los equipos de medición de gases, el cual consiste en acudir a cada Planta con un tanque que contenga una mezcla de gas de concentraciones conocidas y con la cual se alimenta el equipo de medición, debiendo obtenerse resultados de la concentración de los distintos gases.

Se recomienda el uso de mezclas de gases cuyas concentraciones se ubique por arriba de los límites de emisión establecidos en las distintas tablas contenidas en el Decreto Supremo. Esto tiene su lógica en el hecho que un tanque de este tipo no podrá ser utilizado para aprobar de forma ilegal a vehículos en mal estado.

El gas utilizado en Ciudad de México es elaborado bajo protocolo EPA trazable a patrones nacionales de referencia en  $\pm 1\%$  con la siguiente concentración y con la siguiente tolerancia en la evaluación en planta de revisión:

CONCENTRACIÓN DE GASES EN CILINDRO DE REVISIÓN

GAS	CONCENTRACIÓN	TOLERANCIA %
HC (propano)	360 [ $\mu\text{mol/mol}$ ].	$\pm 10.0$
CO	1 [cmol/mol]	$\pm 8.0$
CO <sub>2</sub>	14 [cmol/mol]	$\pm 12.0$
NO	1800 [ $\mu\text{mol/mol}$ ]	$\pm 7.0$
O <sub>2</sub>	0	$\pm 0.3$

Para el caso de Santiago también se pide un gas de auditoría con trazabilidad (NIST para el caso chileno), también al 1%, y las concentraciones del gas exigido corresponden a las indicadas por la EPA para el ensayo ASM, como sigue:

GAS	CONCENTRACIÓN
HC (propano)	200 [ $\mu\text{mol/mol}$ ].
CO	0,5 [cmol/mol]
CO <sub>2</sub>	6.0 [cmol/mol]
NO	300 [ $\mu\text{mol/mol}$ ]

Adicionalmente, se recomienda que el grupo de inspectores lleve consigo un par de estaciones meteorológicas para revisar el estado de operación de las mismas, para lo cual se recomienda que cada estación cuente con una calibración reciente realizada por algún organismo acreditado.

### 2.3.1.3. EQUIPAMIENTO DE FISCALIZACIÓN EN PLANTAS DE REVISIÓN TÉCNICA

Se debiera estudiar la instalación de sistemas de videograbación que permitan dar seguimiento a todo el proceso de evaluación del vehículo, como se ha hecho en ciudad de México. En el caso de la evaluación de gases, una de las cámaras debiera enfocar a la parte trasera del vehículo de forma tal que pueda distinguirse la colocación de la sonda en el tubo de escape; así como la placa de identidad del vehículo.

Otra cámara debiera cubrir el área en donde se ubican los equipos de verificación, de forma tal que se pueda observar el manejo de los equipos por parte de los operarios en las líneas de verificación. Esto asegura que queda grabada cualquier alteración del equipo o el uso de un vehículo en buen estado para aprobar otro que se encuentre en condiciones inadecuadas operativas.

Finalmente, debiera existir una cámara más en el área de entrega de resultados en donde se grabe cada transacción. Con esto se evitará que se entregue en mano el engomado que acredita la aprobación de la prueba de emisiones.

### 2.3.1.4. FISCALIZACIÓN EN LA VÍA PÚBLICA

Este tipo de programas también puede ser auditado de forma indirecta a través de la revisión en vía pública del cumplimiento de la normativa ambiental, para lo cual se puede operar con un sistema de lectura a distancia aunado a un sistema de revisión de emisiones en banqueta.

Considerando que un número indeterminado de usuarios podría intentar burlar la aplicación del programa de fiscalización con protocolo ASM ya sea a través de actos de corrupción o presentando su unidad a revisión en plantas en donde sólo apliquen el procedimiento Ralentí – 2,500, resulta recomendable establecer un programa de evaluación del cumplimiento normativo a través de evaluación en vía pública.

Un esquema posible de control en este ámbito es el uso de sistemas de medición a distancia (RSD), el cual señalaría los vehículos del parque que presentan emisiones con concentraciones por encima de los valores normados. A esos vehículos se les detiene y se le aplica algún protocolo de normado para demostrar fehacientemente el incumplimiento de la norma.

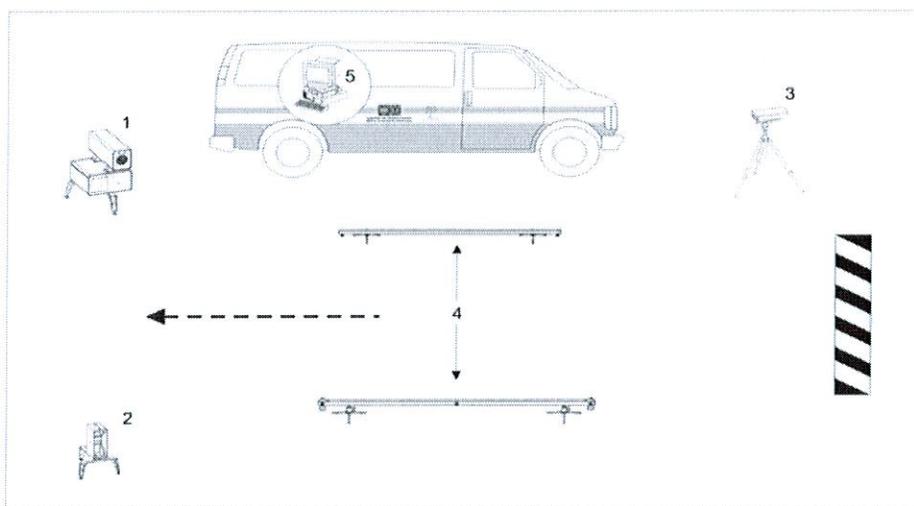


FIG. 31: DIAGRAMA DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE EMISIONES A DISTANCIA (RSD)

El equipo se compone de una fuente detectora de emisiones (1), espejos reflectores de luz ultravioleta e infrarrojo (2), cámara fotográfica digital (3), barras detectoras de velocidad y aceleración (4) y sistema para almacenar datos (5).

Es importante señalar que el sistema es altamente eficiente en la detección de vehículo limpios y aquellos ostensiblemente contaminantes (los rangos medios de emisión de contaminantes no son del todo confiables), por lo que de utilizar este método, se deberá asegurar de utilizarlo en unidades que presenten emisiones muy por encima de los límites de emisión establecidos para dicho vehículo.

Otra opción del uso del sensor de medición a distancia, para apoyar los esquemas de fiscalización, es colocarlo en días consecutivos en alguna vía, con el objeto de detectar vehículos con emisiones muy altas en por lo menos dos ocasiones en que fue evaluado el mismo vehículo. Estas unidades se buscan en las bases de datos de las plantas de revisión técnica y se genera estadística relacionada con las plantas en donde mayor cantidad de vehículos de este tipo se verificaron, las plantas con alta concentración de vehículos verificados que fueron posteriormente detectados como ostensiblemente contaminantes, serán plantas que merecen una atención especial.

El equipo de detección remota de contaminantes tiene otros múltiples usos y se menciona esto dado que en el Ministerio de Transporte se está por recibir un equipamiento de este tipo. A continuación se plantean acciones en las que se puede utilizar el sensor remoto como herramienta indicadora:

- Evaluación de programas ambientales enfocados a la prevención y control de la contaminación en este sector. Esto se logra al dar seguimiento en el tiempo de los cambios en el perfil de emisiones que tenga alguna flota vehicular previo y posterior a la aplicación de una medida en algún sector (por ejemplo: taxis que usan gas natural, toda la flota al cambiar los límites máximos permisibles de la prueba ASM, renovación vehicular, etc.).
- Detección de necesidades de programas ambientales a aplicar: El conocer los sectores que mayor problema ambiental genera, permite determinar y enfocar los esfuerzos gubernamentales en los sectores en donde mejor costo – beneficio exista al aplicarse una política pública (por ejemplo, si se llegasen a detectar vehículos de la RM que evitan el programa de verificación con ASM, fiscalizándose en otras áreas de Chile, se podría establecer un programa restrictivo en cuanto a horarios de circulación en la ciudad).

### 2.3.1.5. PROPUESTA DE SANCIÓN A CONVERTIDORES EN MAL ESTADO

El convertidor catalítico es un dispositivo que se coloca en el tubo de escape de los vehículos y que actúa sobre los gases contaminantes generados en el proceso de combustión. El convertidor está compuesto de una base cerámica recubierta por una capa de óxido de aluminio, la cual se encuentra impregnada de una combinación de rodio con platino ó paladio, este elemento se cubre con un aislante térmico y se coloca en una coraza de acero.

El platino y el paladio son los elementos catalizadores que permiten acelerar la transformación de los hidrocarburos y del monóxido de carbono en vapor de agua y dióxido de carbono. En el caso de los óxidos de nitrógeno, el catalizador es el rodio, el cual propicia un desprendimiento de oxígeno de los óxidos de nitrógeno mediante una reacción de reducción, con lo que se obtiene nitrógeno.

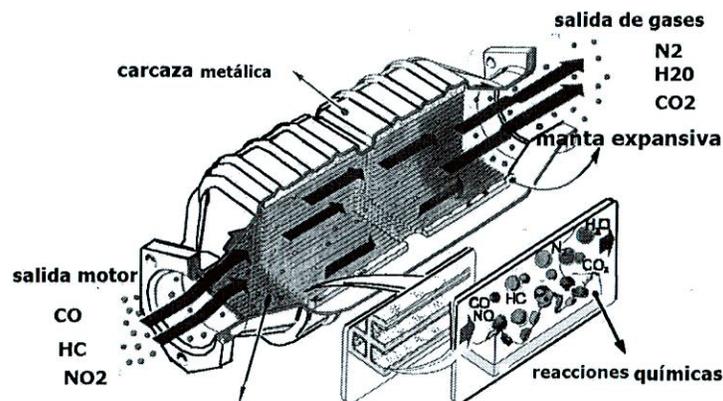


FIG. 32: DIAGRAMA DE OPERACIÓN DEL CONVERTIDOR CATALÍTICO

Este dispositivo es un componente delicado que requiere ciertos cuidados para su correcta operación y su inhabilitación no sólo propicia una mayor tasa de contaminantes emitidos, sino también puede provocar una afectación del motor, tal como la pérdida de potencia. Existen ciertas condiciones o elementos que pueden dañar total o parcialmente a los convertidores catalíticos, tales como uso de gasolina con plomo, exceso de hidrocarburos en el gas de escape y golpes al convertidor, principalmente.

Dado el costo de los convertidores catalíticos de sustitución es alto (generalmente por arriba de los CLP \$ 50.000), razón por la cual una gran parte de propietarios de vehículos deciden eliminarlo en lugar de sustituirlo cuando éste se ha dañado. Sobre todo cuando el propietario del vehículo sabe que no será sancionado por haber retirado el dispositivo.

La prueba ASM está ligada a un algoritmo, basado en los gases de escape, que permite detectar cuando el convertidor ha dejado de operar, de forma tal que se puede exigir la sustitución del dispositivo para la obtención del engomado correspondiente.

El algoritmo que aplica en la evaluación del convertidor catalítico es el siguiente: cuando un vehículo a gasolina presenta emisiones de dióxido de carbono por debajo de 14%, de monóxido de carbono superior al 0.3% y el contenido de oxígeno sea superior o igual a 0.4%, entonces el convertidor ha dejado de operar.

Cabe señalar que es posible que un automóvil apruebe las normas de emisiones establecidas para un programa ASM, aún teniendo en mal estado la operación de su convertidor catalítico. En caso que un vehículo apruebe los límites de emisión de la prueba ASM y el resultado indique una mala operación del convertidor catalítico, se recomienda aplicar el método de temperatura el cual consiste en colocar un pirómetro al inicio y al final del convertidor catalítico, cuando no existe una diferencia de temperatura mayor a 25 °C en el final del convertidor, esto indica que el convertidor no está realizando correctamente las reacciones de óxido – reducción.

Los vehículos a los que les sea detectada una mala operación del convertidor catalítico, deberán sustituir su convertidor catalítico por uno de características OEM o por uno de reposición certificado a través del Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV).

Pruebas de evaluación, utilizando el método Federal Test Procedure 75 (FTP75), en donde se analizan las emisiones de unidades con convertidor catalítico en buen estado y, posteriormente se vuelven a probar pero ahora retirándoles el convertidor, muestran que los vehículos sin convertidor o con el mismo dañado, emiten 14, 12 y 11 veces más hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno respectivamente que sus similares con dicho dispositivo.

#### EVALUACIÓN DE LOS CONVERTIDORES CATALÍTICOS

ESTADO DEL CONVERTIDOR CATALÍTICO	FACTORES DE EMISIÓN (g/km)		
	HC	CO	NO <sub>x</sub>
DAÑADO (Ó AUSENCIA DEL MISMO)	2.64	20.8	3.41
EN BUEN ESTADO	0.19	1.74	0.32

NOTA.- Datos de pruebas bajo el ciclo FTP75 realizadas en el Instituto Mexicano del Petróleo.

La aplicación del algoritmo mencionado directamente en las bases de datos proporcionadas al consultor muestran que, aproximadamente 72,000 unidades requieren de sustitución del convertidor catalítico

Para la aplicación de un programa de esta naturaleza es necesario asegurarse de la correcta operación y fiscalización de las plantas de revisión técnica, para evitar actos de corrupción que impidan la identificación y obligación de la sustitución de los convertidores.

Asimismo, es recomendable que se acrediten talleres mecánicos que tengan la capacidad en infraestructura y humana para poder realizar no sólo la sustitución del convertidor catalítico, sino también un diagnóstico sobre el estado de vehículo, así como su reparación (de lo contrario, si hubiera habido una causa mecánica que provocase el desperfecto del convertidor catalítico dañado, también se dañará el nuevo convertidor).

En el programa de sustitución de la Ciudad de México, la estadística muestra que el 37% de los vehículos presentaban condiciones adecuadas de operación por lo que convertidor catalítico se dañó por el uso de gasolina con plomo (en México hubo este tipo de gasolina hasta el año 1997 y unidades con convertidor hay desde 1990), o por haber recibido algún golpe en reductores de velocidad.

El resto de los vehículos presentaba problemas con el sensor de oxígeno o con los inyectores lo cual probablemente motivó la quema de una mezcla aire – combustible enriquecido, situación que generó altas temperaturas en el convertidor catalítico, propiciando se derritiera la cerámica.

Finalmente se recomienda la aplicación de un programa que garantice la destrucción ambientalmente adecuada de los convertidores catalíticos, para evitar que estos dispositivos se vayan a tiraderos o se genere un mercado negro de venta de convertidores en mal estado, los cuales los hacen pasar como nuevos.

## **2.4. IMPACTO ESTIMADO POR LA APLICACIÓN DE NUEVOS LÍMITES**

Como se ha mencionado en el capítulo de propuesta de límites máximos permisibles propuestos, el consultor recomienda continuar con la aplicación del protocolo ASM bajo el esquema recomendado por la Agencia de Protección al Ambiente de los EUA; por lo tanto los límites que se recomienda aplicar son los definidos como límites finales para ASM.

Considerando los límites de emisión finales en el protocolo ASM se utiliza el sistema “Mobile 6” para modelar y obtener una estimación de los factores de emisión de la flota vehicular chilena a la que eventualmente le aplicará la modificación en el programa de fiscalización de emisiones vehiculares. Esto toda vez que el modelo Mobil 6 se ajusta a las normas EPA exigidas en Chile y a la modelación de los programas de Inspección y mantenimiento (I/M), como los implementados en Chile.

El Mobile “6” fue diseñado por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica y está dirigido a satisfacer una amplia variedad de necesidades de modelación de la contaminación del aire, entre las cuales destaca la evaluación de estrategias de control de fuentes móviles, desarrollo de inventarios de emisiones y apoyo a estudios de investigación.

El modelo calcula tasas de emisión bajo varias condiciones que afectan los niveles de emisión, como puede ser la temperatura ambiente, cambios en el patrón de la velocidad promedio de