

ERF-SDR
B0019006716



Ciudad de México a 12 de junio de 2014

LIC. VIRGILIO ANDRADE MARTÍNEZ
TITULAR DE LA COMISIÓN FEDERAL DE MEJORA REGULATORIA
PRESENTE.

REF: MIR-ANTEPROYECTO NOM-012-SCT-2-2014

Con fundamento en lo dispuesto en los Artículos 8 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), 69-H y 69-I la Ley Federal de Procedimiento Administrativo y en relación al proceso de modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, por este medio me permito comunicarle lo siguiente:

Tal como es de su conocimiento, el pasado 11 de junio del año en curso, se publicó en el Diario Oficial de la Federación para consulta pública el proyecto de modificación de la NOM antes citada.

Sin embargo, hacemos de su conocimiento y de la Comisión bajo su digno cargo que, consideramos que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) fue omisa en presentar el análisis en términos monetarios del valor presente de los costos y beneficios potenciales y de las alternativas consideradas del hoy proyecto de NOM que nos ocupa, el cual es un documento que la propia LFMN contempla como requisito obligatorio para los procesos de modificación que la propia Secretaría consideró como de alto impacto.

Asimismo, consideramos que la SCT no presentó el costo-beneficio en materia de salud humana, impacto ambiental y seguridad pública, que se generaría con la eventual entrada en vigor de la modificación propuesta. (Se anexa estudio del impacto ambiental por la prohibición de vehículos de doble remolque/Modificación NOM-012)

Finalmente, en lo concerniente a seguridad vial, la SCT no consideró los índices de accidentalidad de todas las configuraciones vehiculares que contempla el hoy proyecto y tampoco analizó, la exposición al riesgo por el incremento del número de viajes adicionales que se requerirán con la eventual entrada en vigor de la NOM en cuestión.

Sin más sobre el particular, reciba un muy cordial saludo.

Atentamente


ING. LEONARDO ARMANDO GOMEZ VARGAS
DIRECTOR GENERAL
Y TITULAR ACREDITADO ANTE EL CCNN-TT

José Ma. Rico No. 230
Col. Del Valle
03100 México D.F.
Tels. 5534 3598 5534 4056
5524 3314 Fax ext. 212
E-mail: antp01@prodigy.net.mx
www.antp.org.mx

ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL POR LA PROHIBICIÓN DE VEHÍCULOS DE DOBLE REMOLQUE. MODIFICACIÓN A LA NOM-012-SCT

CTS EMBARQ México.

Calidad del Aire y Cambio Climático. Julio, 2013

»» Dirección General

Adriana de Almeida Lobo
Directora General

Salvador Herrera Montes
Director General Adjunto

»» Equipo de Trabajo

Hilda Martínez
Gerente de Calidad del Aire y Cambio Climático

Cynthia Menéndez
Coordinación de Calidad del Aire y Cambio
Climático

Lía Ferreira
Analista de Calidad del Aire y Cambio Climático

RESUMEN EJECUTIVO

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) está en proceso de revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular vehículos pesados o de carga en carreteras federales. Para ello la SCT conformó un panel de expertos para que emita una opinión sobre qué sería lo más favorable para el país. Dentro de las posibilidades que se pueden derivar de esta revisión está el prohibir la circulación de vehículos de doble remolque o reducir el peso con el que pueden circular, por ejemplo, la eliminación del peso bruto vehicular de 4.5 toneladas más a vehículos diferenciados tipo T3-S2-R4 y T3-S2-R3. Ambas medidas no sólo tienen implicaciones económicas relevantes, sino que además pueden tener un impacto ambiental significativo al requerir más vehículos automotores para mover la misma cantidad de mercancía.

El presente estudio incluye el análisis de dicho impacto ambiental, en función del aumento en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contaminantes criterio, así como el incremento de otro tipo de insumos como aceites, baterías, filtros y neumáticos. Los resultados indican un indudable aumento en el consumo de combustible por tonelada de producto desplazado. Lo cual tiene un efecto directo en el aumento de emisiones y otros contaminantes del aire. Se encontró que las emisiones de GEI podrían aumentar hasta en un 38% con la prohibición de fulles y un 6% con la restricción de 4.5 ton de peso. El consumo de aceite, filtros, baterías y llantas aumentaría en un 9% aproximadamente, si se elimina el permiso de circular con 4.5 toneladas extra a vehículos diferenciados de doble remolque. Mientras que para el caso de la prohibición total de vehículos de doble remolque, el impacto sería mayor, aumentando el consumo de aceite en un 37%, utilizando un 14% más de llantas, 49% más baterías y hasta casi un 70% más de filtros. Lo cual traería consigo importantes implicaciones ambientales, causando daños a ecosistemas y salud humana.

Por otro lado, se incluye el análisis del aumento de contaminantes locales debido al aumento en el consumo de combustible y los posibles impactos a la salud como consecuencia. El aumento en dichos contaminantes podría ocasionar, en el caso de la prohibición total de los fulles, hasta 19 muertes prematuras, 22 casos de bronquitis crónica, más de 67 mil días de actividad restringida y más de 7 mil días de trabajo perdidos. Para el caso de que únicamente se eliminara el permiso de carga extra en vehículos diferenciados, pese a que el impacto pudiera ser menor, podrían presentarse al menos 2 casos de muerte prematura y 2 de bronquitis crónica, mientras que los días de actividad restringida podrían llegar hasta 7 mil y más de 700 días de trabajo perdidos.

Finalmente se incluye un análisis sobre estudios realizados a nivel internacional sobre el efecto que tienen los vehículos de mayor capacidad de carga en las emisiones de GEI y otros contaminantes. De forma consistente reportes de diferentes países como Australia, Canadá, Estados Unidos y el Reino Unido, entre otros, demuestran que el uso de vehículos con mayor capacidad de carga disminuye el consumo de combustible por tonelada desplazada y por ende disminuye las emisiones de GEI y contaminantes, aportando un beneficio en términos de Cambio Climático y Calidad del Aire. Por esta razón, países como Australia y Estados Unidos no sólo

permiten el uso de vehículos de doble remolque, sino que además promueven su uso en programas como “*Smartway*” de la Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés).

Como conclusión, desde el punto de vista ambiental y de salud, con base en el análisis presentado en este informe, no es recomendable modificar la NOM-012-SCT a fin de prohibir o restringir el uso de vehículos de doble remolque para carga. Sin embargo, cabe resaltar la importancia de capacitar operadores, monitorear y verificar que todos los vehículos de doble remolque en circulación, y particularmente los vehículos diferenciados, cumplan con los requisitos estipulados en dicha norma, a fin de salvaguardar la seguridad del operador, de la carga, del vehículo, de las carreteras y de terceros.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	2
CONTENIDO.....	4
Acrónimos	5
1 Introducción	6
2 Planteamiento de Casos.....	6
2.1 Caso 1: Análisis del impacto ambiental al trasladar 100,000 toneladas de carga de Monterrey a la Ciudad de México.....	7
2.2 Caso 2: Análisis del posible impacto ambiental a nivel nacional.	10
3 Emisiones de CO ₂ e.....	12
3.1 Caso 1	13
3.2 Caso 2	13
4 Contaminantes Criterio	14
4.1 Caso 1: impacto ambiental al trasladar 100,000 toneladas de carga de Monterrey a la Ciudad de México.....	15
4.2 Caso 2: posible impacto ambiental a nivel nacional	17
5 Impactos a la salud.....	18
6 Otros impactos ambientales	21
7 Buenas prácticas a nivel internacional.....	24
8 Conclusiones y recomendaciones	27
9 Bibliografía	29
ANEXO 1	31

Acrónimos

ANTP	Asociación Nacional de Transporte Privado
CONAPO	Comisión Nacional de Población
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
EPA	<i>Environmental Protection Agency (EUA)</i>
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Antes INE)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
NTC	<i>National Transport Commission (Australia)</i>
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
PBV	Peso Bruto Vehicular
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
TRL	<i>Transport Research Laboratory</i>
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

1 Introducción

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) está en proceso de revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular vehículos pesados o de carga en carreteras federales. Para ello la SCT conformó un panel de expertos para que emita una opinión sobre qué sería lo más favorable para el país. Dentro de las posibilidades que se pueden derivar de esta revisión está el prohibir la circulación de vehículos de doble remolque. Dicha prohibición no sólo tendría implicaciones económicas relevantes, sino que además puede tener un impacto ambiental significativo al poner en circulación más vehículos automotores.

Por otro lado, dentro de la revisión de la Norma también se está contemplando eliminar el permiso a vehículos diferenciados¹ tipo T3-S2-R4 y T3-S2-R3 a circular con un peso adicional de 4.5 toneladas. Lo cual también puede tener repercusiones en cuestiones ambientales al requerir más vehículos automotores para mover la misma cantidad de mercancía.

El transporte motorizado es una de las principales fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contaminantes locales. Siendo, además, los vehículos a diésel responsables de emitir contaminantes climáticos de vida corta², principalmente Carbono Negro. Por lo que se espera que el aumentar la flota vehicular de transporte de carga, traiga consigo un impacto negativo en Cambio Climático y Calidad del Aire, y como consecuencia efectos negativos a la salud.

En el presente documento se analiza el posible impacto ambiental que puede tener la mencionada modificación a la NOM-012-SCT, en función del aumento de emisiones de GEI y de contaminantes criterio, debido al aumento en el consumo de combustible, así como del incremento de uso de llantas y otros insumos como aceites, filtros y baterías. Además se incluye el análisis de los posibles impactos a la salud que puede traer consigo el aumento de contaminantes locales.

2 Planteamiento de Casos

Para poder evaluar el posible impacto ambiental que traería consigo la modificación a la Norma, se plantearon 2 diferentes casos. En el primero se hace un análisis del supuesto de mover 100 mil toneladas de un punto A a un punto B, haciendo el comparativo de cómo se afectan los kilómetros recorridos, el combustible consumido y como consecuencia las emisiones a la atmósfera, al

¹ Vehículos que de acuerdo a la Norma cumplen con ciertas características como motor con capacidad de torque y potencia, verificación físico-mecánica y de emisiones de gases, suspensión neumática, capacidad de arrastre, frenos ABS, freno auxiliar de motor, convertidor con doble cadena de seguridad, velocidad máxima controlada, licencia, capacitación y bitácora de servicio.

² Son aquellos que permanecen en la atmósfera un periodo corto de tiempo. Por ejemplo: el carbono negro (hollín), metano, y algunos hidrofluorocarburos (HFCs). Pueden llegar a ser significativamente dañinos para la salud, y tener impactos negativos sobre el medio ambiente, siendo responsables de una fracción substancial del calentamiento global actual (UNEP 2011).

transportar dicho volumen en vehículos dobles diferenciados, en vehículos dobles no diferenciados y en vehículos sencillos diferenciados.

En el segundo caso, se hace una estimación del posible impacto que tendría a nivel nacional el limitar o prohibir el uso de vehículos diferenciados de doble remolque. Ambos casos, incluyendo los supuestos y los cálculos correspondientes realizados, son descritos a continuación.

2.1 Caso 1: Análisis del impacto ambiental al trasladar 100,000 toneladas de carga de Monterrey a la Ciudad de México.

Debido a la falta de datos y estadísticas nacionales sobre el número actual de vehículos de doble remolque que operan en el país y la relación de la carga que estos mueven, para hacer el análisis del posible impacto ambiental, se tomó como base un ejercicio realizado por Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP). Dicho ejercicio consta del análisis de consumo de combustible requerido para trasladar 100,000 toneladas anuales, de Monterrey a la Ciudad de México (898 km, viaje sencillo).

Así pues, tomando como base el ejercicio mencionado, se realizó el análisis del impacto en el **consumo de diésel, las emisiones de GEI y contaminantes criterio** para mover 100 mil toneladas en 3 diferentes escenarios:

Escenario	Modificación a la NOM-012-SCT	Tipo de Vehículos utilizados para mover la carga	Carga Útil Máxima (ton)	PBV (ton)	Configuración
1	Ninguna	Doble Remolque Diferenciado ("full diferenciado")	55.0	80.0	T3-S2-R4 
2	Eliminar el transitorio de 4.5 ton de carga adicional	Doble Remolque ("full NO diferenciado")	50.5	75.5	T3-S2-R4 
3	Prohibición de vehículos de doble remolque	Sencillo Diferenciado ("sencillo")	29.5	46.5	T3-S2 

Para fines prácticos del ejercicio se toman en cuenta las siguientes consideraciones para los 3 escenarios:

- Todos los vehículos realizan el primer trayecto del viaje (Monterrey- México) a máxima capacidad de carga (en peso).
- Todos los vehículos realizan el trayecto de regreso (México- Monterrey) en vacío (sin carga).
- En total cada vehículo recorre 1,796 km por viaje.

- El rendimiento de combustible es el mismo de vehículos vacíos que cargados.

Con esta información se calculó el número de viajes requeridos y los kilómetros recorridos totales para cada escenario.

La Ecuación 1 muestra el cálculo realizado para obtener el número de viajes requeridos para mover las 100 mil toneladas de producto:

$$Vt = \frac{Vol}{C \text{ útil}} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

Vt [# de viajes/año]= Viajes totales requeridos para mover 100,000 ton anuales.

Vol [ton/año]= Volumen total (100, 000 ton/año).

C útil [ton]= carga útil por tipo de vehículo (55 ton para vehículos diferenciados de doble remolque, 50.5 ton para vehículos no diferenciados de doble remolque y 29.5 ton para vehículos sencillos).

La Ecuación 2 muestra el cálculo realizado para obtener la distancia total recorrida al trasladar las 100 mil toneladas de Monterrey a la Ciudad de México (1,796 km por viaje redondo):

$$Dt = Vt * (1,796 \frac{km}{viaje}) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

Dt [km/año] = Distancia total recorrida para mover 100,000 ton anuales.

Vt [# de viajes/año]= Viajes totales requeridos para mover 100,000 ton anuales.

Los resultados para los diferentes escenarios se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Número de viajes requeridos y distancia total recorrida para trasladar 100,000 ton de carga anual de Monterrey a la Ciudad de México.

Escenario	Carga útil (ton)	Viajes Requeridos (#)	Distancia total recorrida (km)	Diferencial (km)	Diferencial (%)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	55.0	1,819	3,266,924	base	base
2. Vehículo Doble Remolque NO Diferenciado	50.5	1,981	3,557,876	290,952	9%
3. Vehículo Sencillo Diferenciado	29.5	3,390	6,088,440	2,821,516	86%

Nota: cifra de vehículos requeridos redondeada hacia arriba.

Fuente: Estimaciones propia con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

Como se muestra en los resultados de la Tabla 1, el **kilometraje total recorrido** para mover las 100mil toneladas de carga **umentaría** en un **9%** si se utilizaran **vehículos de doble remolque con**

la **restricción** de un máximo de Peso Bruto Vehicular (PBV) de 75.5 ton (lo cual para efectos del presente ejercicio equivale a un peso máximo de carga útil de 50.5 ton) Mientras que la distancia total recorrida **aumentaría** hasta en un **86%** utilizando únicamente **vehículos sencillos**.

Una vez obtenida la distancia total recorrida en cada uno de los escenarios, con el rendimiento de combustible (km/L) de cada tipo de vehículo, se puede estimar el volumen de combustible que será requerido para mover las 100 mil toneladas utilizando los diferentes tipos de vehículos. El cálculo se muestra en la Ecuación 3:

$$Cc = \frac{Dt}{R} \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

Cc [L/año] = Combustible consumido para mover 100,000 ton anuales.

Dt [km/año] = Distancia total recorrida para mover 100,000 ton anuales.

R [km/L]= Rendimiento de combustible por tipo de vehículo (1.83 km/L para vehículos diferenciados de doble remolque, 1.88 km/L para vehículos no diferenciados de doble remolque y 2.48 km/L para vehículos sencillos).

Pese a que los vehículos sencillos y los fulles no diferenciados, tienen un mayor rendimiento de combustible, el aumento de kilometraje es tal que el consumo de combustible aumenta respecto al uso de fulles diferenciados, tal como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Rendimiento promedio y combustible consumido para trasladar 100,000 ton de carga de Monterrey a la Ciudad de México.

Escenario	Rendimiento* (km/L)	Combustible Consumido (L)	Diferencial (%)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	1.83	1,785,204.37	base
2. Vehículo Doble Remolque NO Diferenciado	1.88	1,892,487.23	6%
3. Vehículo Sencillo Diferenciado	2.48	2,455,016.13	38%

*Rendimiento promedio (Simulaciones de Cummins para ANTP, 2011).

Fuente: Estimaciones propias con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

El aumento en el consumo de combustible, para los escenarios 2 y 3, en un **6%** y **38%** respectivamente, además del evidente impacto económico, tiene un **impacto en las emisiones** de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio, lo cual será descrito en el apartado siguiente.

2.2 Caso 2: Análisis del posible impacto ambiental a nivel nacional.

A fin de evaluar el posible impacto a nivel nacional que tendría el prohibir vehículos de doble remolque, así como el impacto de reducir la carga de vehículos diferenciados 4.5 ton, a falta de datos desagregados de vehículos de doble remolque, se hizo una estimación del número total que opera hoy en día en el país (estimaciones de ANTP):

Tabla 3. Número estimado de fulles diferenciados que operan a nivel nacional.

Organismo / Institución	# Fulles Diferenciados
ANTP	8,000
PEMEX Contratados	2,700
PEMEX Transporte Privado	2,000
SPF	9,000
Total	21,700

Fuente: estimaciones de ANTP.

Para fines de este ejercicio se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla 4. Rendimiento y distancias promedio por tipo de vehículo.

Escenario	Rendimiento* (km/L)	Distancia promedio mensual ** (km/vehículo)	Distancia promedio anual ** (km/vehículo/año)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	1.83	15,000	180,000
2. Vehículo Doble Remolque NO Diferenciado	1.88	15,000	180,000
3. Vehículo Sencillo Diferenciado	2.48	15,000	180,000

*Rendimiento promedio (Simulaciones de Cummins para ANTP, 2011).

**Estimación de ANTP.

Así pues, con una relación simple, se calculó el número de vehículos que se requerirían para sustituir los 21,700 fulles diferenciados y se estimó el impacto que esto tendría en términos de kilómetros totales recorridos y consumo de combustible.

La Ecuación 4 detalla el cálculo realizado para estimar el número de vehículos requeridos para sustituir los 21,700 fulles diferenciados por fulles no diferenciados y por sencillos diferenciados.

$$Vh_R = \frac{(FDt) * (C \text{ útil})_{FD}}{(C \text{ útil})_n} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

Vh_R [# de vehículos] = vehículos requeridos para sustituir el uso de fulles diferenciados.

FDt [# de vehículos] = número de fulles diferenciados totales (21,700).

(C útil)_{FD} [ton] = carga útil de fulles diferenciados (55 ton).

(C útil)_n [ton] = carga útil por tipo de vehículo (50.5 ton para fulles no diferenciados y 29.5 ton para sencillos diferenciados).

Así, con el número de vehículos requeridos para sustituir los fulles diferenciados, se obtienen los kilómetros totales que serían recorridos en cada caso (con base en los supuestos detallados en la Tabla 4), al multiplicar el número de vehículos por la distancia promedio anual, como se muestra en la Ecuación 5:

$$D_T = (Vh_T) * (D_P) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

D_T [km/año] = Distancia promedio total recorrida por todos los vehículos al año.

Vh_T [# de vehículos] = Vehículos totales.

D_p [km/ vehículo/ año] = Distancia promedio anual por vehículo.

Con esta información y utilizando los rendimientos de combustible indicados en la Tabla 4, se obtiene el combustible total consumido (Ecuación 6):

$$C_C = \frac{D_T}{R} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

C_c [L/año] = Combustible consumido al año por todos los vehículos.

D_T [km/año] = Distancia promedio total recorrida por todos los vehículos al año.

R [km/L]= Rendimiento de combustible por tipo de vehículo (1.83 km/L para vehículos diferenciados de doble remolque, 1.88 km/L para vehículos no diferenciados de doble remolque y 2.48 km/L para vehículos sencillos).

Al igual que para el Caso 1, se obtiene que el consumo de combustible aumentaría en un 6% si se limita el PBV a 75.5 ton. Mientras que el incremento de combustible sería de aproximadamente un 38% aproximadamente si los vehículos de doble remolque se sustituyen por vehículos sencillos. El impacto ambiental debido al aumento de combustible es analizado más adelante en este informe.

Los resultados de la distancia total que sería recorrida utilizando los diferentes tipos de vehículos, así como el combustible total consumido se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Estimación de distancia total y consumo de combustible por sustitución de vehículos de doble remolque.

Escenario	Total de vehículos (#)	Distancia total anual (km)	Combustible Consumido (L)	Diferencial (%)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	21,700	3,906,000,000	2,134,426,230	base
2. Vehículo Doble Remolque NO Diferenciado	23,634	4,254,120,000	2,262,829,787	6%
3. Vehículo Sencillo Diferenciado	40,458	7,282,440,000	2,936,467,742	38%

Fuente: Estimaciones propias con base en estimaciones de ANTP.

3 Emisiones de CO₂e

Las emisiones de CO₂ equivalente³ pueden ser calculadas directamente a partir del consumo de combustible, mediante el factor de emisión que está dado en kilogramos de CO₂e por litro de combustible consumido. Dicho factor depende del tipo de combustible y la fuente de emisión. Para vehículos de diésel el factor de emisión publicado por WRI es: 2.6763 kgCO₂e/L de combustible consumido (World Research Institute 2008).

De esta forma, con base en la información descrita en el apartado anterior sobre el aumento en el consumo de combustible, se estimó el impacto en las emisiones de CO₂ equivalente para los 2 casos planteados.

Las emisiones totales fueron obtenidas al multiplicar el combustible total consumido por el factor de emisión correspondiente, tal como se muestra en la Ecuación 7:

$$E_T = (C_C) * (F_E) \text{ (Ecuación 7)}$$

Donde:

E_T [kgCO₂e/año] = Emisiones totales de CO₂e al año.

C_C [L/año] = Combustible consumido al año por todos los vehículos.

F_E [kgCO₂e/L]= Factor de emisión de CO₂e.

Los resultados para los dos Casos planteados en el apartado 2 se muestran a continuación.

³ Considera las emisiones de metano y óxido de Nitrógeno con base en su potencial de calentamiento global. (OECD 2001)

3.1 Caso 1

Para el ejemplo planteado de trasladar 100 mil toneladas de Monterrey a la Ciudad de México, se obtiene que las **emisiones** de CO₂e podrían **aumentar** casi **2 toneladas** por usar vehículos sencillos, en lugar de fulles diferenciados, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Comparativo de emisiones de CO₂e para el Caso 1.

Escenario	Emisiones Totales al mover 100 mil ton anuales (tonCO ₂ e/año)	Diferencial (tonCO ₂ e)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	4.78	base
2. Vehículo Doble Remolque NO Diferenciado	5.06	0.29
3. Vehículo Sencillo Diferenciado	6.57	1.79

Fuente: Estimaciones propia con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

Con esto vemos que las emisiones de GEI aumentan de forma proporcional al aumento en el consumo de combustible, en un 6% con la restricción de 75.5 ton PBV para vehículos de doble remolque y hasta un 38% utilizando vehículos sencillos.

3.2 Caso 2

Para el caso del posible impacto a nivel nacional, considerando la existencia de aproximadamente 21,700 fulles en operación en todo el país, el **aumento de emisiones** de GEI para el caso de la restricción del peso bruto vehicular, el aumento en las emisiones de GEI podrían alcanzar las **344 toneladas de CO₂e** en un año, al sustituir los fulles diferenciados por fulles no diferenciados. Esto es equivalente a **talar** aproximadamente **1,030 árboles** (Calculadora Mexicana de CO₂, 2012).

Mientras que para el caso de la prohibición total de vehículos diferenciados de doble remolque el impacto sería mayor, ya que el aumento en las emisiones de GEI superaría las **2,000 toneladas anuales**. Lo cual sería equivalente a **talar** alrededor de **6,000 árboles** (Calculadora Mexicana de CO₂, 2012).

Los resultados del impacto en emisiones de GEI se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Comparativo de emisiones de CO₂e para el Caso 2.

Escenario	Emisiones totales* (tonCO ₂ e/año)	Diferencial (tonCO ₂ e)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	5,712	base
2. Vehículo Doble Remolque NO Diferenciado	6,056	344
3. Vehículo Sencillo Diferenciado	7,859	2,147

*Emisiones totales anuales para:

1. Total de fulles diferenciados (21,700 vehículos),
2. Total de fulles no diferenciados (23,634 vehículos) requeridos para sustituir los 21,700 fulles diferenciados,
3. Total de sencillos diferenciados (40,458 vehículos) requeridos para sustituir los 21,700 fulles diferenciados.

Fuente: Estimaciones propia con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

4 Contaminantes Criterio

Los contaminantes criterio son aquellos identificados como perjudiciales a la salud. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de calidad del aire en los Estados Unidos con el objetivo de establecer niveles permisibles que protegieran la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población (INECC 2013). Dentro de ellos, los más importantes por su nocividad son los siguientes:

- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5})
- Dióxido de azufre (SO₂)
- Compuestos Orgánicos Totales (COT)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
- Amoníaco (NH₃)

Para cada contaminante criterio se han desarrollado normas que establecen las concentraciones máximas de estos, que se permiten durante un periodo definido a fin de reducir los riesgos o proteger a los seres humanos de los efectos nocivos a la salud.

Con este precedente, se realizó una evaluación del incremento de contaminantes criterio si se prohíbe la circulación de vehículos de doble remolque o si se elimina el permiso a vehículos diferenciados tipo T3-S2-R4 y T3-S2-R3 a circular con un peso adicional de 4.5 toneladas. Ambas evaluaciones se realizaron para el Caso 1 y Caso 2 (planteados en la Sección 2), con el objetivo de

conocer el impacto a la calidad del aire de estas medidas, que invariablemente también impactaría a la salud de las personas.

Para realizar esta estimación, se utilizaron los factores de emisión de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) de acuerdo al inventario de emisiones 2010⁴ (SMA 2010), ya que este inventario considera una desagregación vehicular para obtener cada uno de los factores por contaminante criterio, expresados en gramos de contaminante por kilómetro recorrido. Estos factores de emisión se detallan en el Anexo 1 de este documento.

Los resultados se presentan en las Figuras 1 a 4 para cada caso. Los contaminantes se agruparon, según su orden de magnitud.

4.1 Caso 1: impacto ambiental al trasladar 100,000 toneladas de carga de Monterrey a la Ciudad de México

En la Figura 1 y 2 se aprecian las emisiones de los Contaminantes Criterio descritos anteriormente, con el ejemplo de una carga anual igual a 100, 000 toneladas. Con los kilómetros recorridos y los vehículos necesarios para cubrir esa demanda, se calcularon las toneladas de contaminantes criterio que emitiría cada categoría de vehículo, pudiendo ver que existe una notable diferencia entre las emisiones de CO y NOx según los escenarios analizados.

En la Tabla 8, se presenta la cantidad de emisiones que se incrementarían según el contaminante criterio correspondiente y evaluando los dos escenarios posibles.

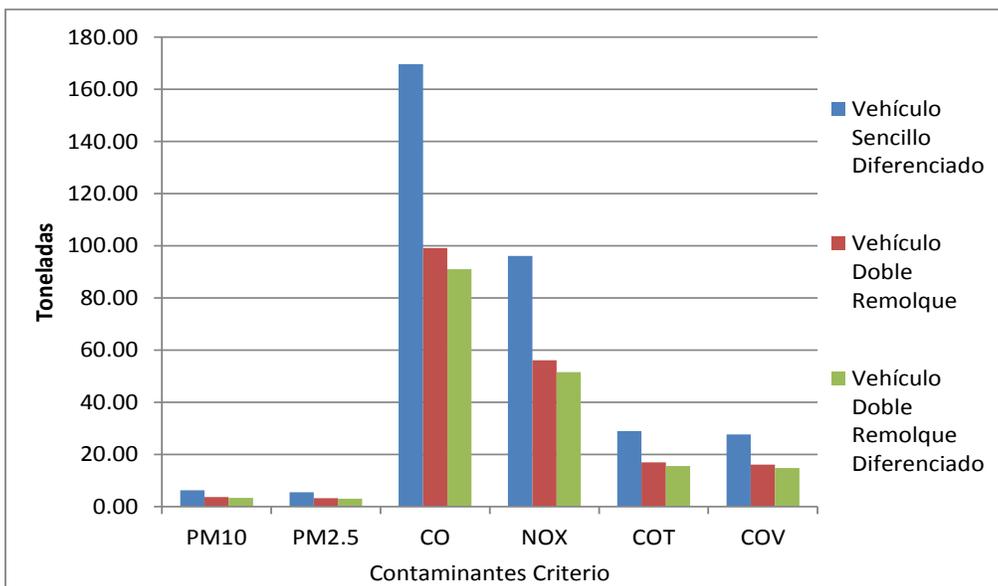
Tabla 8. Incremento de emisiones de contaminantes criterio por las medidas propuestas (Toneladas), Caso 1.

Escenario	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Vehículo doble remolque diferenciado a vehículo sencillo diferenciado	2.881	2.576	0.014	78.636	44.552	13.430	12.810	0.048
Vehículo doble remolque diferenciado a vehículo doble remolque	3.631	3.247	0.018	99.108	56.151	16.927	16.145	0.060

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del ejemplo propuesto por ANTP.

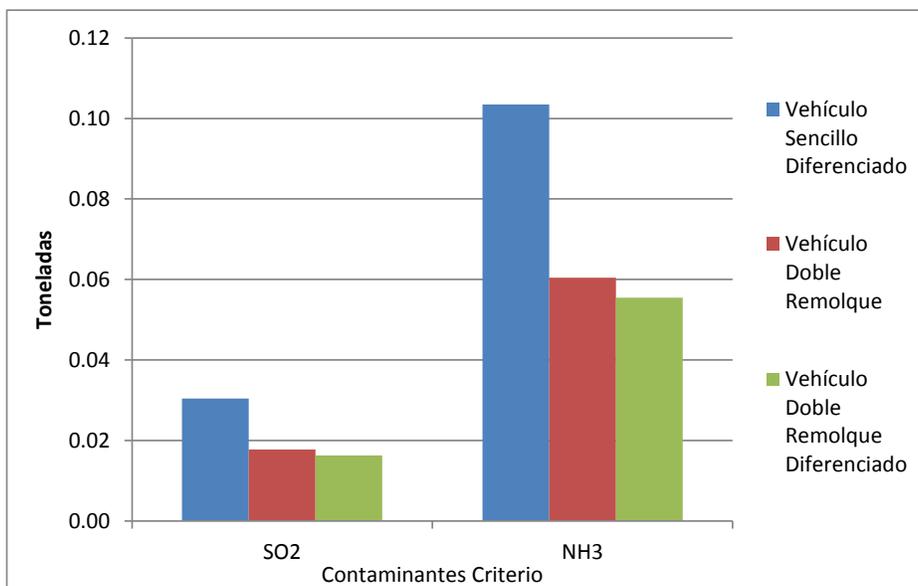
⁴ Se utilizó el inventario de emisiones de la ZMVM por tener un factor de emisión para cada contaminante criterio por categoría de flota, sin embargo cabe aclarar que este inventario realizado en 2010, considera al Diésel de Ultra Bajo Azufre (UBA) como el combustible suministrado en esta zona por lo que en realidad, este escenario es conservador, es decir el impacto podría ser mayor ya que a nivel nacional el Diésel UBA no está disponible en todas las ciudades. (Ver Anexo 1)

Figura 1. Emisión de los Contaminantes Criterio (1) según la categoría de vehículo



Fuente: Estimaciones propia con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

Figura 2. Emisión de los Contaminantes Criterio (2) según la categoría de vehículo



Fuente: Estimaciones propia con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

4.2 Caso 2: posible impacto ambiental a nivel nacional

Para el Caso 2, se utilizaron los supuestos de la Tabla 3 para obtener la flota total de los equipos tanto sencillos como de doble remolque. De esta forma, con la flota total y los kilómetros recorridos mensualmente, se obtuvo la distancia anual recorrida por cada categoría de vehículo y posteriormente, se evaluaron las emisiones de los contaminantes criterio como se muestra en las figuras 3 y 4.

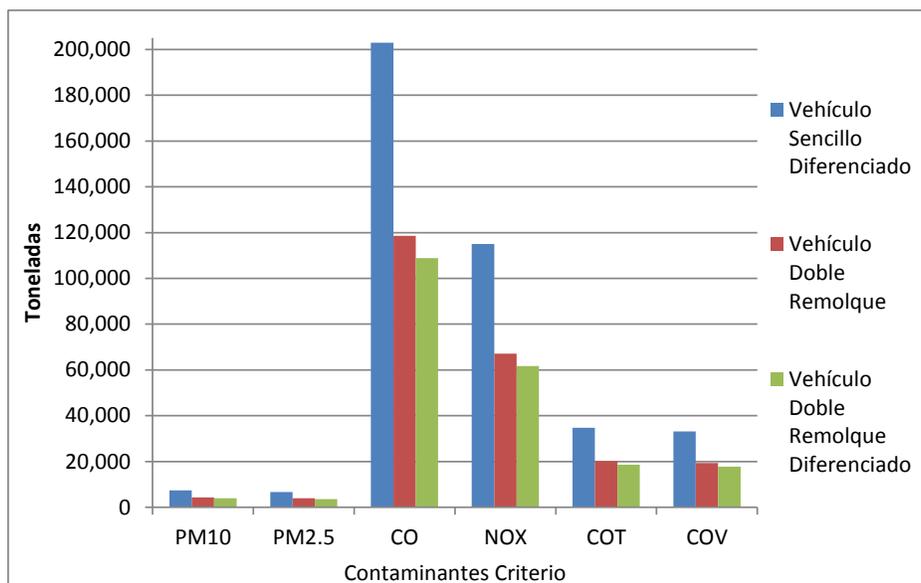
Se puede apreciar que el impacto a nivel nacional es mucho mayor comparado con el caso 1. En la Tabla 9, se presenta la cantidad de emisiones que se incrementarían según el contaminante criterio correspondiente y evaluando los dos escenarios posibles.

Tabla 9. Incremento de emisiones de contaminantes criterio por las medidas propuestas (Toneladas), Caso 2.

Escenario	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Vehículo Doble Remolque Diferenciado a Vehículo Sencillo Diferenciado	3,447.3	3,082.7	16.9	94,101	53,314	16,071.9	15,329.0	57.4
Vehículo Doble Remolque Diferenciado a Vehículo Doble Remolque	4,343.3	3,883.8	21.3	118,557	67,169	20,248.8	19,312.9	72.3

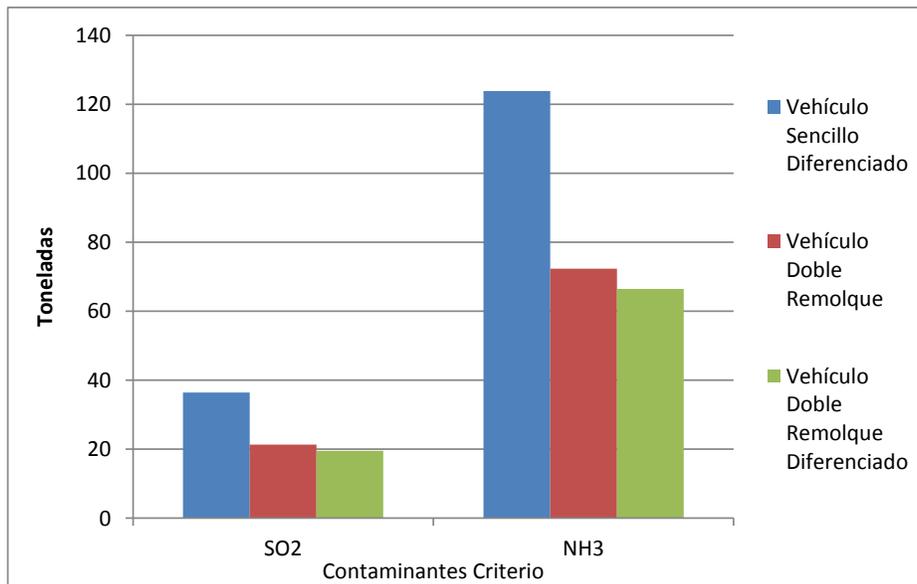
Fuente: Elaboración propia con base en los datos del ejemplo propuesto por ANTP.

Figura 3. Emisión de los contaminantes criterio (1) según la categoría de vehículo



Fuente: Estimaciones propias con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

Figura 4. Emisión de los Contaminantes Criterio (2) según la categoría de vehículo



Fuente: Estimaciones propias con base en el ejemplo propuesto por ANTP.

5 Impactos a la salud

Con base en la información de la sección anterior, se realizó una evaluación de los impactos a la salud que podrían ocasionarse debido al incremento de algunos de los contaminantes criterio, por las posibles medidas de implementación descritas anteriormente.

Cabe resaltar que el incremento de emisiones de contaminantes criterio, invariablemente afecta la calidad del aire y por ende la salud de los habitantes. La mayoría de los daños a la salud, está asociado a un incremento en las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$) por lo que, las estimaciones cuantitativas de los perjuicios a la salud obtenidos de este análisis, se centran en una mayor concentración de las $PM_{2.5}$.

Las partículas finas $PM_{2.5}$ pueden ser primarias, es decir que resultan de la emisión directa de fuentes móviles y secundarias, que son el resultado de reacción de NO_x y SO_x en la atmósfera. Pueden considerarse otros contaminantes que formen $PM_{2.5}$ secundarias, pero debido a la información existente, para fines de este ejercicio únicamente se consideraron NO_x y SO_x .

Los principales impactos a la salud que a lo largo de los años han sido relacionados a la mala calidad del aire son los siguientes:

- >>> Bronquitis Crónica
- >>> Días de Actividad Restringida
- >>> Días de Trabajo Perdidos
- >>> Mortalidad por enfermedades cardiovasculares

- >> Mortalidad por cáncer de pulmón
- >> Mortalidad infantil por enfermedades respiratorias

Tanto los impactos como la metodología para evaluarlos, se obtuvieron de la *Guía para evaluar los impactos en la salud por la instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica*, realizada por el Instituto Nacional de Ecología en 2011 (INE 2011).

Para la realización de los cálculos, se debe conocer el cambio en la concentración del contaminante evaluado (PM_{2.5}, NOx y SOx) debida a la implementación de las medidas propuestas. La Ecuación 8, muestra las variables necesarias para calcular el cambio en la concentración.

$$\Delta C = \frac{FI \cdot \Delta E}{Tr \cdot P} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

ΔC [µg/m³] = Cambio en la concentración a la que está expuesta la población.

FI = Fracción de inhalación.

ΔE [µg] = Cambio en las emisiones.

Tr [m³/año] = Tasa de respiración.

P [número de personas] = Población expuesta.

La fracción de inhalación es de 3, 0.05 y 0.50 por millón para PM_{2.5}, NOx y SOx respectivamente, mientras que la tasa de respiración es de 7300 m³/año (INE 2011).

La población expuesta es igual a 118,395,054 según las proyecciones de Población de CONAPO para 2013 (*CONAPO 2013*), mientras que el cambio en las emisiones se obtuvo de la Tabla 9 de acuerdo al contaminante correspondiente.

Finalmente, para realizar la evaluación de los impactos, se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{ij} = \left(1 - \frac{1}{e^{\beta_{ij} \cdot \Delta C_j}} \right) \cdot Pa \cdot T_i \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

I_{ij} = Número de casos del impacto en la salud i asociado con el cambio en la concentración del contaminante j .

β_{ij} = Función exposición-respuesta expresada como el logaritmo natural del riesgo relativo para el efecto i entre el cambio en la concentración del contaminante j en el estudio de donde se deriva la FER.

ΔC_j [µg/m³] = Cambio en la concentración del contaminante j asociado con la reducción de emisiones derivada de la instrumentación de la medida de control evaluada, ponderado por la población que está expuesta en la zona bajo estudio.

Pa [número de personas] = Población expuesta al contaminante j en la zona bajo estudio y que puede ser afectada por el impacto i .

Ti [número de casos/personas/año] = Tasa basal de mortalidad o morbilidad, asociada con el impacto i para la población Pa.

En la siguiente tabla, se muestran los insumos para la ecuación 2 incluyendo las referencias de donde se obtuvieron.

Tabla 10. Insumos para la Ecuación 2.

Impacto	Grupo de edad afectado	Porcentaje de población perteneciente a este grupo de edad en 2013 (%)	Coefficiente β de función exposición-respuesta	Tasa de incidencia (por 1000)
Bronquitis Crónica	≥ 30	45.2	0.017 ⁵	1.75 ⁶
Días de Actividad Restringida	≥ 15	71.6	0.0074 ⁷	7800 ⁸
Días de Trabajo Perdidos	PEA ⁹	43.5	0.0046 ⁷	2170 ¹⁰
Mortalidad por enfermedades cardiovasculares	≥ 30	45.2	0.0121 ¹¹	1.93 ¹²
Mortalidad por cáncer de pulmón	≥ 30	45.2	0.013 ¹¹	0.12 ¹²
Mortalidad infantil por enfermedades respiratorias	De 1 a 4 semanas	1.9	0.03 ¹³	0.834 ¹²

Con estos insumos, se evaluaron los impactos a la salud para cada escenario analizado; sin embargo sólo se realizó para el impacto nacional por ser este, el caso más representativo de los impactos a la salud. A continuación se presentan los resultados tomando como base el año 2013:

Tabla 11. Impactos a la Salud.

Escenario	Muertes prematuras totales	Casos de Bronquitis Crónica	Días de Actividad Restringida	Días de Trabajo Perdidos
Vehículo Doble Remolque Diferenciado a Vehículo Sencillo Diferenciado	19	22	67,493	7,091
Vehículo Doble Remolque Diferenciado a Vehículo Doble Remolque	2	2	6,955	731

Fuente: elaboración propia.

⁵ (Abbey 1995)

⁶ (INE, Estudio de la evaluación socioeconómica de la reducción del contenido de azufre en gasolina Magna y Pemex Diésel. 2008)

⁷ (Abt 2003)

⁸ (Ostro 1989) La tasa de incidencia es mayor a 1000 porque se considera que ocurre más de 1 vez por año.

⁹ Población Económicamente Activa

¹⁰ (Adams 1999). La tasa de incidencia es mayor a 1000 porque se considera que ocurre más de 1 vez por año.

¹¹ (Stevens 2008)

¹² Estimaciones propias con base en la información reportada por INEGI

¹³ (Woodruff 1997)

Los resultados muestran, como es de esperarse, un mayor impacto a la salud en el escenario donde se cambiarían los vehículos de doble remolque diferenciado a vehículos sencillos diferenciados para satisfacer una determinada demanda. Esto es debido a que los kilómetros recorridos se incrementarían de manera considerable, lo que ocasionaría mayores emisiones de contaminantes criterio que afectaría la calidad del aire que respiramos.

Las muertes prematuras totales resultan de la suma de la mortalidad cardiovascular, por cáncer de pulmón y mortalidad infantil por enfermedades respiratorias. Los días de actividad restringida se refieren a los días en los que una persona se ve obligada a reducir sus actividades normales por presentar alguna condición crónica o aguda mientras que los días de trabajo perdidos se presentan, en este caso por alguna afección debida a la mala calidad del aire.

6 Otros impactos ambientales

El impacto ambiental que puede traer consigo la introducción de más vehículos automotores, como consecuencia de modificar la NOM-012-SCT, no se limita a calidad del aire y cambio climático, sino que además, puede aumentar la generación de desechos sólidos debido al incremento de otros insumos como llantas, aceites, filtros y baterías, entre otros.

A fin de estimar la magnitud del impacto ambiental que podría traer consigo la prohibición o restricción de carga de vehículos de doble remolque, se calculó el porcentaje de incremento que habría en los insumos mencionados al restringir el uso de vehículos de doble remolque. Esto se hizo para el Caso 1 presentado en la Sección 3, en los mismos 3 escenarios. Las consideraciones utilizadas y los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 12. Mantenimientos requeridos.

Escenario	Distancia total recorrida (km)	Frecuencia de Mantenimiento Preventivo (km)	Número de mantenimientos requeridos (#)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	3,266,924	25,000	131
2. Vehículo Sencillo Diferenciado	6,088,440	27,500	221
3. Vehículo Doble Remolque	3,557,876	25,000	142

Fuente: estimaciones de ANTP.

Con esta información se calcularon las cantidades de aceite, filtros, baterías y llantas que se requerirían en cada uno de los escenarios, tal como se muestra en las Tablas subsecuentes.

Tabla 13. Aceite consumido.

Escenario	Aceite requerido* (L/mantenimiento)	Total de Aceite (L)	Diferencial (%)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	42	5,488	base
2. Vehículo Sencillo Diferenciado	34	7,528	37%
3. Vehículo Doble Remolque	42	5,977	9%

*Manual de mantenimiento de Cummins.

Tabla 14. Filtros utilizados.

Escenario	Filtros requeridos (#/mantenimiento)	Total de Filtros (#)	Diferencial (%)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	1	131	base
2. Vehículo Sencillo Diferenciado	1	221	69%
3. Vehículo Doble Remolque	1	142	9%

Tabla 15. Baterías utilizadas.

Escenario	Vehículos requeridos* (#)	Baterías requeridas (#/vehículo)	Total de Baterías (#)	Diferencial (%)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	33	1	33	base
2. Vehículo Sencillo Diferenciado	50	1	50	49%
3. Vehículo Doble Remolque	36	1	36	9%

*Considerando un factor de mantenimiento del 10% (ANTP).

Tabla 16. Llantas utilizadas.

Escenario	Llantas requeridas (#/vehículo)	Rendimiento (km/llanta)	Total de llantas requeridas (#)	Diferencial (%)
1. Vehículo Doble Remolque Diferenciado	34	150,000	741	base
2. Vehículo Sencillo Diferenciado	18	130,000	843	14%
3. Vehículo Doble Remolque	34	150,000	806	9%

Como se observa en las Tablas 13 a 16, el consumo de aceite, filtros, baterías y llantas aumentaría en un 9% aproximadamente, si se elimina el permiso de circular con 4.5 toneladas extra a vehículos diferenciados de doble remolque. Mientras que para el caso de la prohibición total de vehículos de doble remolque, el impacto sería mayor, aumentando el consumo de aceite en un 37%, utilizando un 14% más de llantas, 49% más baterías y hasta casi un 70% más de filtros. Lo cual traería consigo importantes implicaciones ambientales, causando daños a ecosistemas y salud humana conforme a lo descrito a continuación.

»» Llantas

A pesar de que no son considerados residuos peligrosos, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) clasifica las llantas y neumáticos de desecho como “residuos de manejo especial”, y están sujetos a control ecológico por representar una amenaza para la salud de la población y de los ecosistemas (SEMARNAT 2010).

El manejo inadecuado de llantas de desecho puede constituir un ambiente propicio para la proliferación de fauna nociva, como insectos transmisores de enfermedades como el paludismo y el dengue, hasta ratas y cucarachas. Además, la incineración o quema descontrolada de este tipo de desechos provoca contaminación de suelos por los aceites que se generan y contaminación atmosférica por gases como hidrocarburos policíclicos, aromáticos, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas suspendidas, los cuales tienen un impacto negativo en la calidad del aire y por ende en la salud de los habitantes. (SEMARNAT 2010)

»» Aceites

Los aceites utilizados en vehículos automotores son clasificados por SEMARNAT como residuos peligrosos por sus características tóxicas o venenosas. El alto contenido de plomo, cadmio y compuestos de cloro que contienen algunos aceites lubricantes resulta tóxico para el ser humano y otras especies. Cuando los aceites lubricantes son vertidos en el drenaje o en cuerpos de agua producen contaminación severa de mantos acuíferos. Un litro de aceite usado contamina hasta 1,000 litros de agua dulce. Mientras que los aceites que son desechados directamente en el suelo,

por su alto contenido de hidrocarburos, destruyen el humus y terminan con la fertilidad del suelo. (SEMARNAT 2010)

>> Baterías

Consideradas desechos peligrosos por SEMARNAT debido a su alto contenido de plomo y otros metales tóxicos para el ser humano. El filtrado de los ácidos y metales contenidos en las baterías automotrices puede ocasionar severos daños a ecosistemas por la contaminación a suelos y mantos acuíferos. Además la mala disposición de este tipo de desechos puede inclusive llegar a causar explosiones. (SEMARNAT 2010)

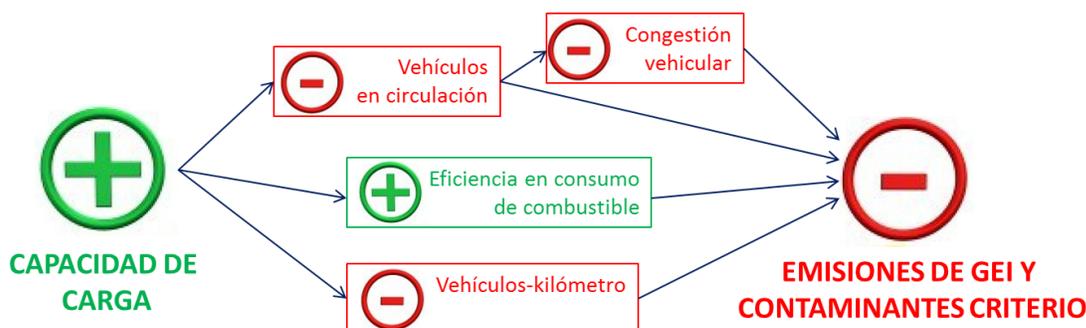
7 Buenas prácticas a nivel internacional

A nivel internacional existen una gran variedad de estudios específicos de la relación de emisiones de diversos gases y vehículos de combinaciones más largas (LCV, por sus siglas en inglés). En el **Reino Unido**, por ejemplo, se han realizado estudios en los que se concluye que el uso de este tipo de vehículos puede reducir el consumo de combustible por unidad de bienes transportados desde un 8% hasta 28% (Knight 2008). El Laboratorio de Investigación en Transporte (TRL, por sus siglas en inglés) reportó en 2008 que el aumento en el tamaño y capacidad de vehículos de carga en la región ayudó a **reducir las emisiones** de bióxido de carbono, los **vehículos-kilómetro** y el **costo total** de transportación por tonelada (Knight 2008).

Aspectos básicos en el diseño de los vehículos como la longitud, la distancia entre ejes, el ancho, la altura, la carga por eje, la distancia entre ejes y el peso bruto del vehículo tienen un impacto directo en el consumo de combustible. Análisis computacionales realizados por el **Foro Internacional de Transporte** (ITF, por sus siglas en inglés) de la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, por sus siglas en inglés) muestran que en la mayoría de los casos, **vehículos con mayor capacidad** tienen igual o **mejor desempeño** en términos de consumo de combustible y emisiones, que los vehículos más pequeños usados habitualmente para carga (International Transport Forum 2010).

En América del Norte también se han realizado estudios donde se llega a la misma conclusión: a **mayor capacidad de carga** por vehículo, **menor consumo de combustible** y por lo tanto **menores emisiones de GEI**. La secuencia de estos beneficios ambientales se ilustra en la Figura 5.

Figura 5. Beneficios ambientales que tienen los vehículos con una mayor capacidad de carga.



Fuente: elaboración propia.

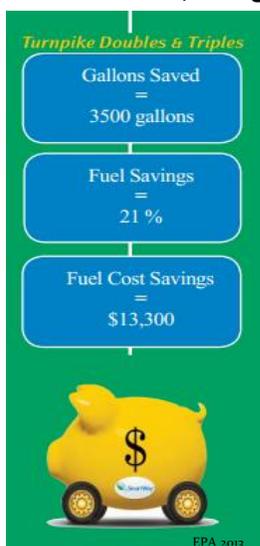
En **Canadá** desde 1999 se comenzó a estudiar el impacto ambiental por el uso de vehículos de doble remolque. Estos estudios indican que los vehículos de doble remolque **ahorran** desde un 30% hasta un 55% de **combustible**, comparado con el movimiento del mismo volumen de carga en vehículos sencillos, **reduciendo** así las **emisiones de GEI** en la misma proporción. De esta forma se concluyó que el uso de “fulles” T3-S2-R4 en Canadá podría ahorrar más de 290 millones de litros de diésel del año 2000 al 2020, pudiendo reducir así casi una mega tonelada de GEI en ese mismo periodo (Canadian Trucking Alliance 2006).

Estudios realizados con compañías transportistas en Canadá, Suecia y Australia, indicaron que los vehículos dobles y de mayor capacidad **umentan** la **productividad** y pueden llegar a **reducir el tráfico vehicular** entre un 6 y un 8%. Lo cual también tiene un impacto directo en la reducción de emisiones, ya que incrementa la velocidad promedio no sólo de los vehículos de carga, sino de todos aquellos que compartan vía, lo cual **mejora la eficiencia** y el **rendimiento de combustible** (Canadian Trucking Alliance 2006).

Por su parte, la Comisión Nacional de Transporte (NTC, por sus siglas en inglés) en **Australia**, en 2012 publicó un documento en el que indica que, en línea con el objetivo nacional de proteger el medio ambiente, se busca **minimizar** los **vehículos de carga** en las carreteras y fomentar el uso de vehículos más amigables con el medio ambiente. Dentro de este documento, se señala que con **vehículos de mayor capacidad** se logra este objetivo ya que se **disminuye el número de vehículos** de carga en las vías, se **umenta la seguridad** en las autopistas, se **umenta la productividad**, se **reducen los kilómetros recorridos** y por lo tanto se **reduce el consumo de combustible** y las **emisiones de escape** (NTC 2012).

Para el caso particular de Australia, debido a las largas distancias de recorrido, está probado que el uso de vehículos de doble y triple remolque podría prevenir 25 fatalidades, reducir 1.1 ton de CO₂ y ahorrar más de un billón de dólares australianos para el 2030 (NTC 2012). Más del 90% del ahorro total de costos proviene del **aumento de la productividad**, lo que permite reducir los costos de operación, como resultado de la reducción de número de vehículos y la reducción de vehículos-kilómetros recorridos (NTC 2012).

Por otro lado, la **Agencia de Protección al Medio Ambiente** (EPA, por sus siglas en inglés) en



Estado Unidos de igual forma, concluye que el uso de vehículos de doble remolque pueden representar un ahorro de combustible de hasta 21% (EPA 2013). Es por esto que no sólo permite el uso de *fulles*, sino que además promueve y fomenta su uso dentro de su programa *SmartWay*. Dicho programa es una colaboración pública / privada entre la EPA y la industria del transporte de carga que ayuda a transportistas y empresas de logística a mejorar la eficiencia de su consumo de combustible, reducir sus emisiones de escape y al mismo tiempo ahorrar dinero (EPA 2013), como se muestra en la imagen de la izquierda.

Asimismo, en **México**, a nivel nacional la SEMARNAT fomenta el uso de vehículos de doble remolque mediante el programa de Transporte Limpio¹⁴ (SEMARNAT 2013), el cual está basado en el programa *SmartWay* de la EPA.

En otros países de América Latina, como Brasil por ejemplo, el Departamento Nacional de tránsito (DENATRAN) incentiva el uso de vehículos de doble remolque (DENATRAN 2012).

Es importante resaltar que el desempeño y el ahorro de combustible de LCVs dependen en gran medida de la geografía y la infraestructura de cada lugar, por lo que no necesariamente este tipo de vehículos tendrán el mismo desempeño en México. Sin embargo, los vehículos de doble remolque de configuración T3-S2-R4 ya han sido utilizados en México por varios años con resultados positivos en cuanto a economía, productividad, consumo de combustible por peso y volumen de carga y por ende en cuanto a emisiones de GEI y contaminantes locales.

Así pues, es importante considerar que en medida que la población y la demanda de productos aumenta, las regulaciones de vehículos de carga deben adaptarse en ese mismo sentido, facilitando y optimizando la carga por vehículo, tal como se ha hecho en varios países alrededor del mundo (Knight 2008). Es por esto que en un gran número de países, además de México, se permite el uso de vehículos de doble y hasta triple remolque. La OECD reporta el uso de este tipo de vehículos en Australia, Holanda, Dinamarca, Brasil, Sudáfrica, Canadá y Estados Unidos, entre otros (International Transport Forum 2010).

El correcto y óptimo uso de vehículos con mayor capacidad de carga dependerá de varios factores, no sólo de las condiciones propias del vehículo, sino de factores externos como la infraestructura y el desempeño de los operadores. Es por ello que es imperante que existan y **se hagan cumplir** normas y reglamentos que controlen que el peso por eje sea adecuado, que las condiciones físico-mecánicas del vehículo sean óptimas (mediante un mantenimiento preventivo adecuado), que los vehículos cuenten con sistemas de velocidad controlada, que las carreteras, autopistas y caminos cuenten con el mantenimiento apropiado y que los operadores estén propiamente capacitados.

¹⁴ Suscrito en las Bases de Colaboración en materia de calidad del aire, que firman conjuntamente SEMARNAT y SCT.

Dentro de dicha capacitación pueden incluirse las técnicas en conducción técnica-económica (conocida como “Eco-driving”), ya que el tipo de conducción y comportamiento apropiados del operador permiten minimizar el consumo de combustible, obtener el mejor desempeño del motor, aumentar la seguridad del operador, reducir el número de accidentes, minimizar el gasto de llantas y refacciones y como consecuencia disminuir las emisiones contaminantes (CONUEE 2013).

8 Conclusiones y recomendaciones

La modificación a la NOM-012-SCT puede traer consigo un impacto ambiental considerable, en cualquiera de los posibles escenarios planteados (prohibición total de los vehículos de doble remolque o restricción de PBV a 75.5 ton). Evidentemente el impacto sería mayor en caso de la prohibición, ya que el consumo de combustible podría aumentar hasta en un 38%. Lo cual implicaría un aumento proporcional en las emisiones de GEI y contaminantes criterio, que a nivel nacional se estima que puede llegar a ser de más de 2 mil toneladas de CO₂ equivalente. Con esto, lejos de contribuir a las metas de mitigación que México se ha establecido, se incrementaría la contribución del sector transporte al cambio climático.

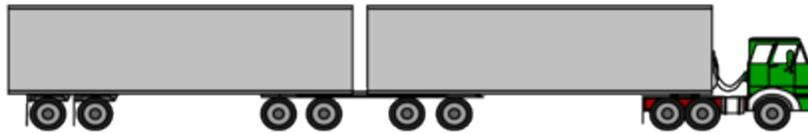
Por otro lado, el aumento en el consumo de diésel tendría fuertes implicaciones en la calidad del aire y por ende traería efectos negativos en la salud de la población. Pudiendo ocasionar, en el caso de la prohibición total de los fulles, hasta 19 muertes prematuras, 22 casos de bronquitis crónica, más de 67 mil días de actividad restringida y más de 7 mil días de trabajo perdidos.

Para el caso de que únicamente se eliminara el permiso de carga extra en vehículos diferenciados, pese a que el impacto pudiera ser menor, podrían presentarse al menos 2 casos de muerte prematura y 2 de bronquitis crónica, mientras que los días de actividad restringida podrían llegar hasta 7 mil y más de 700 días de trabajo perdidos.

Sin embargo, el impacto ambiental no se limita a Cambio Climático y Calidad del Aire, sino que además la introducción de más vehículos automotores que se puede dar por la modificación a la Norma, puede tener un impacto importante en la contaminación de suelos y mantos acuíferos. Lo anterior debido al incremento en el consumo de llantas, aceites, filtros y baterías.

De forma consistente, los resultados de las prácticas a nivel internacional muestran que a mayor capacidad de carga por vehículo, menor consumo de combustible, menor número de vehículos de carga en circulación, menor congestión vehicular, mayor productividad, menor número de vehículos-kilómetro y por lo tanto menores emisiones de GEI. Es por esto que en América del Norte, algunos países de la Unión Europea, América Latina y Oceanía permiten el uso de vehículos con mayor capacidad de carga. En países como Estados Unidos, Australia, Brasil y México, incluso se fomenta el uso de este tipo de vehículos, por medio de programas especializados en medio ambiente.

Así pues, desde el punto de vista ambiental y de salud, con base en el análisis presentado en este informe, **no es recomendable modificar la NOM-012-SCT a fin de prohibir o restringir el uso de vehículos de doble remolque para carga.** Este argumento es además, soportado por SEMARNAT, quien a través del Programa de Transporte Limpio promueve el uso de vehículos de doble remolque, con el fin de optimizar el número de vehículos automotores utilizados para carga. Sin embargo, cabe resaltar la importancia de monitorear y verificar que todos los vehículos de doble remolque en circulación, y particularmente los vehículos diferenciados, cumplan con los requisitos estipulados en dicha norma, que la infraestructura de caminos, autopistas y carreteras por las que circulan se encuentren en óptimas condiciones y que los operadores cuenten con la capacitación adecuada a fin de salvaguardar la seguridad del operador, de la carga, del vehículo, de las carreteras y de terceros.



9 Bibliografía

- Abbey, D.E., B.E. Ostro, F. Petersen y R.J. Burchette. *Chronic respiratory symptoms associated with estimated long-term ambient concentrations of fine particles less than 2.5 microns in aerodynamic diameter (PM2.5) and other air pollutants*. J. Expo. Anal. Environ. Environ. Epidemiol., 1995.
- Abt, Ed. *BenMAP: Environmental Benefits Mapping and Analysis Program: User's Manual: Appendices*. Research Triangle Park, NC, Prepared by Abt Associates Inc for the Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, 2003.
- Adams, P. F., G. E. Hendershot and M. A. Marano. *Current Estimates from the National Health Interview Survey, 1996*. Vol. 10. Vital Health Stat., 1999.
- Calculadora Mexicana de CO₂*. 2012. <http://www.calculatusemisiones.com/resultado.php> (último acceso: 12 de Mayo de 2012).
- Canadian Trucking Alliance. «Evaluating reductions in GHG through the use of turnpike double truck combinations.» Canada, 2006.
- CONAPO. «Proyecciones de la Población 2010-2050.» 16 de Abril de 2013. <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones> (último acceso: 29 de Junio de 2013).
- CONUEE. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía - Transporte*. 2013. http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/transporte_ (último acceso: Julio de 2013).
- DENATRAN. *DENATRAN*. 2012. <http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm> (último acceso: Julio de 2013).
- EPA. *United States Environmental Protection Agency*. 2013. <http://www.epa.gov/smartway/> (último acceso: Julio de 2013).
- INE. *Estudio de la evaluación socioeconómica de la reducción del contenido de azufre en gasolina Magna y Pemex Diésel*. . Instituto Nacional de Ecología - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, DF. : Instituto Nacional de Ecología - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008, 91.
- . *Guía para evaluar los impactos en la salud por la instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología, 2011.
- INECC. 23 de Junio de 2013. <http://www.inecc.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio> (último acceso: 30 de Junio de 2013).

- International Transport Forum. *Moving Freight with Better Trucks*. OECD/ITF, 2010.
- Knight. *Longer and/or Longer and Heavier Goods Vehicles (LHVs) – a Study of the Likely Effects if Permitted in the UK: Final Report*. UK: TRL Limited, 2008.
- NTC. *A national framework for modular B-triple operations*. National Transport Commission, Australia, 2012.
- OECD. «Environmental Indicators for Agriculture – Vol. 3: Methods and Results, glossary, pages 389-391.» 2001.
- Ostro, B. D. and S. Rothschild. *Air Pollution and Acute Respiratory Morbidity - and Observational Study of Multiple Pollutants*. Vol. 50. Environ Res., 1989.
- SEMARNAT. «SEMARNAT.» *Directorio de Centros de Acopio de Materiales Provenientes de Residuos en México*. 2010.
http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/residuos/Documentos/directorio_residuos.pdf (último acceso: Junio de 2013).
- . *Transporte*. 2013.
<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Paginas/Transporte.aspx> (último acceso: Julio de 2013).
- SMA. «Inventario Nacional de Emisiones 2010.» 2010.
http://www.sma.df.gob.mx/inventario_emisiones/index.php?op=pub (último acceso: 28 de 06 de 2013).
- Stevens, Gretchen A., Miriam Zuk, Leonora Rojas Bracho y James K. Hammitt. *The benefits and costs of reducing sulfur in Mexican diesel fuels. En: Dissertation. Environment and health in transition in Mexico: risk assessment and economic evaluation*. Boston: Harvard School of Public Health, 2008.
- UNEP. «Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone.» 2011.
- Woodruff, T.J., J. grillo y K. C. Shoendorf. *The relationship between selected causes of postneonatal infant mortality and particulate air pollution in the United State. Environ Health Perspect.* 1997.
- World Research Institute. «GHG Protocol tool for mobile combustion. Version 2.2.» 2008.

ANEXO 1

Factores de Emisión del Inventario de Emisiones de ZMVM (SMA 2010)

Tipo de Vehículo	Factor de emisión a diesel [g/km]							
	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Autos	0.078	0.065	0.001	1.28	0.81	0.42	0.40	0.004
SUV	0.230	0.204	0.001	2.06	0.73	0.63	0.59	0.004
Taxis	0.081	0.067	0.001	1.45	0.93	0.56	0.53	0.004
Combis	0.095	0.080	0.002	2.22	0.97	0.75	0.70	0.004
Microbuses	0.162	0.141	0.002	6.38	4.90	1.25	1.19	0.017
Pick Up 1 (0-1.7 t)	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Pick Up 2 (1.8-2.3 t)	0.230	0.204	0.001	2.08	0.74	0.67	0.63	0.004
Pick Up 3 (2.4-2.6 t)	0.092	0.077	0.002	2.18	0.91	0.67	0.63	0.004
Pick Up 4 (2.7-3.6 t)	0.088	0.074	0.001	3.08	1.31	1.36	1.27	0.004
Vehículos de carga de hasta 3.8 t	0.094	0.080	0.002	2.10	0.92	0.68	0.63	0.004
Tractocamiones	1.683	1.484	0.005	23.08	15.20	4.12	3.95	0.017
Autobuses	0.226	0.199	0.006	21.68	15.73	4.06	3.88	0.017
Vehículos pesados 1 (4.6-6.3 t)	0.261	0.228	0.003	12.64	6.99	2.13	2.03	0.017
Vehículos pesados 2 (6.4-11.7 t)	0.590	0.465	0.003	6.96	5.70	1.44	1.37	0.017
Vehículos pesados 3 (11.8-14.9 t)	0.781	0.689	0.004	15.16	10.40	2.94	2.80	0.017
Vehículos pesados 4 (15-27.2 t)	1.021	0.913	0.005	27.87	15.79	4.76	4.54	0.017
Motocicletas	0.480	0.374	0.009	5.51	17.36	3.03	2.89	0.017
Metrobús	0.261	0.228	0.003	12.64	6.99	2.13	2.03	0.017