



## CALIDAD DE LAS GASOLINAS Y DIÉSEL COMERCIALIZADOS EN LA ZMVM PARTE I

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han generado importantes avances en las tecnologías de motorización y control de la contaminación en los países industrializados, a medida que los vehículos nuevos y más limpios reemplazan a los más viejos, las emisiones totales del sector transporte tienden a declinar. Sin embargo, a pesar de la disminución en las emisiones, el sector transporte continua siendo una fuente importante de contaminación del aire, aunque los avances tecnológicos en los sistemas de propulsión y en los sistemas de control de contaminantes son importantes, el eficiente funcionamiento de éstos radica en la calidad de los combustibles.

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) los principales consumidores de combustibles líquidos son los vehículos automotores (autos, camiones de carga, autobuses de pasajeros y motocicletas), al contar con combustibles de buena calidad, es posible la instalación de dispositivos anticontaminantes y el uso de motores con tecnologías eficiente, así como sistemas de diagnóstico a bordo. La calidad de los combustibles por lo tanto es un factor que está directamente relacionado con la emisión de contaminantes.



**El sector transporte es una de las principales fuentes de contaminación del aire**

Actualmente su eficiente funcionamiento radica en:

- ✓ Avances tecnológicos en los sistemas de propulsión
- ✓ Sistemas de retención y/o disminución de contaminantes
- ✓ **Y en la Calidad de los combustibles.**

En la ZMVM, el sector transporte es el principal consumidor de petrolíferos, según datos del Inventario de Emisiones 2014, el transporte contribuye con el 58% del consumo total.

Durante 2016 se comercializaron poco más de 7.5 millones m<sup>3</sup> de gasolinas en la ZMVM, el **78% correspondió a gasolina Magna**, mientras que el **22% fue gasolina Premium**; en tanto que del diésel automotriz se comercializaron más de 1.7 millones de m<sup>3</sup> (SIE-SENER, 2017).

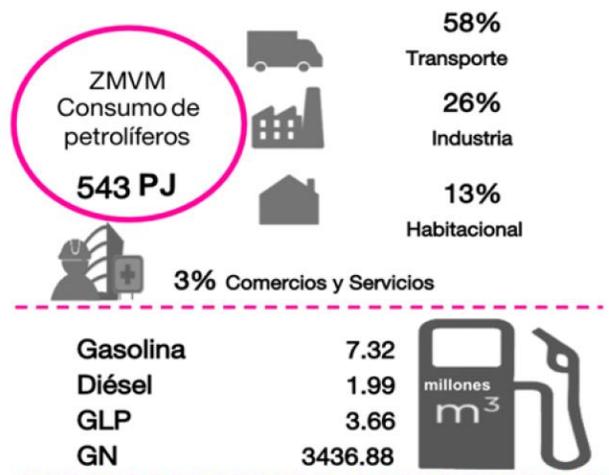


Figura 1. Consumo de combustible por sector ZMVM, 2014 (SEDEMA, 2016)



En este contexto, es indispensable que los combustibles cumplan con los estándares establecidos en la normativa para minimizar el impacto ambiental, así se garantizaría que las nuevas tecnologías para el control de contaminantes tengan un funcionamiento más eficiente y al mismo tiempo abrir la posibilidad para que sean introducidas al mercado más y mejores de estas tecnologías. Lo anterior, permitiría disminuir sustancialmente la emisión y concentración de agentes contaminantes, contribuyendo a mejorar la salud pública, la calidad de vida de los habitantes y coadyuvar con la mitigación del cambio climático.

Asimismo, los gobiernos locales deben diseñar proyectos y/o programas, que tomen como base el abasto de combustibles de buena calidad, además de monitorearlos, con la finalidad garantizar la consecución de dichos planes y programas.

La Ley de Hidrocarburos, así como la NOM-016-CRE-2016 no establecen prohibición alguna para realizar investigación ambiental; en ese contexto, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, con la finalidad de promover y fomentar el desarrollo y uso de energías, tecnologías y combustibles alternativos, presenta en este documento, los resultados de calidad de las gasolinas y diésel comercializados en la ZMVM, Parte I.

La normatividad actual (NOM-016-CRE-2016) establece las especificaciones de calidad que deben cumplir los petrolíferos y como mínimo un periodo de un año para establecer el comportamiento real de parámetros como la concentración de azufre, concentración de aromáticos, entre otros. Con base en dicha norma, las SEDEMA llevó a cabo un estudio de muestreo y análisis de las propiedades físicas y químicas de la Gasolina Magna, Gasolina Premium y Diésel distribuidos en la ZMVM durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2016, con recursos del Fondo Ambiental de Cambio Climático de la Ciudad de México.

El objetivo de dicho estudio fue evaluar las propiedades físicas y químicas de la gasolina Magna, gasolina Premium y del diésel comercializados en la ZMVM, con la finalidad de monitorear el cumplimiento de la normatividad, y poder garantizar la buena calidad de los combustibles. A continuación se presenta una pequeña descripción y resultados de dicho estudio.

## **DESCRIPCIÓN**

Los combustibles analizados fueron aquellos que se vendieron de manera normal en estaciones de servicio ubicadas en la ZMVM, es decir, en las 16 delegaciones de la CDMX y en 59 municipios conurbados del Estado de México. Se tomaron muestras mensuales de 41 estaciones de servicio a lo largo de la ZMVM, en cada estación se tomó una muestra de cada combustible (gasolina Premium, gasolina Magna y Diésel) por lo que se analizaron 123 muestras cada mes, se dividió el muestreo en 4 rutas, para realizar el análisis de 9 a 13 muestras por semana y completar el análisis de las 41 muestras cada mes por cada combustible.

Para seleccionar las estaciones de servicio a muestrear, se realizó un análisis de índice demográfico de estaciones por delegación y municipio y se seleccionaron estaciones en donde se vendieran los 3 combustibles. La selección de las estaciones incluidas en el muestreo se realizó siguiendo un muestreo simple, donde se consideró el 5% de la población. De acuerdo con la base de datos de estaciones de servicio registradas en Petróleos Mexicanos, la ZMVM cuenta con 806 estaciones de servicio para la venta de gasolina y diésel.

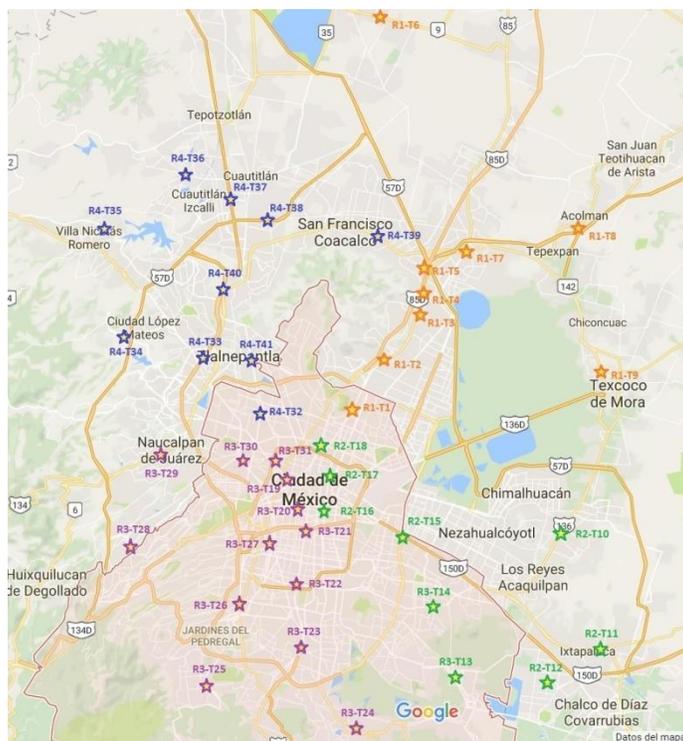


En la Ciudad de México (CDMX) se localizan 385 estaciones, mientras que en los municipios del Estado de México que conforman la ZMVM se registra un total de 421 estaciones. Por lo tanto, el número de estaciones muestreadas para este proyecto fue de 19 estaciones en la CDMX y 22 en el Estado de México (Ver Figura 2).



**123 muestras de cada combustible**  
41 en cada mes (en el último trimestre del año 2016)  
**Gasolina y Diésel** fueron los combustibles analizados

19 en la CDMX  
22 en el Estado de México



**Figura 2. Ubicación de estaciones de servicio muestreadas**

Una vez tomadas las muestras éstas fueron analizadas en laboratorio según los procesos que marca la *American Society for Testing and Materials* (ASTM) (ver Tabla 1) y todos los parámetros medidos fueron comparados contra los estándares de calidad de combustibles especificados en la NOM-016-CRE-2016.

**Tabla 1. Parámetros analizados y método de prueba**

Parámetro analizado	Prueba utilizada	Límites en NOM-016-CRE-2016
<b>Gasolina</b>		
Índice de octano (Propiedad Química)	ASTM D2699 ASTM D2700	87 mínimo gasolina regular 91 mínimo gasolina Premium
Aromáticos (P. Química)	ASTM D1319	25% en volumen máximo
Olefinas (P. Química)	ASTM D1319	10% en volumen máximo
Oxigenados (P. Química)	ASTM D4815	2.7 % en peso máximo
Azúfre elemental (P. Química)	ASTM D7039	80 ppm máximo
Curva de destilación para 0, 10, 50, 90 y 100% volumen de destilado. (P. Física)	ASTM D86	Informar
Presión de vapor a 100°F (P. Física)	ASTM D323	7.8 lb/pulg <sup>2</sup> promedio
<b>Diésel</b>		



Índice de cetano (P. Química)	ASTM D4737	45 mínimo
Aromáticos (P. Química)	ASTM D5186	30% en volumen máximo
Hidrocarburos aromáticos poli-cíclicos (P. Química)	ASTM D5186	Informar
Azufre elemental (P. Química)	ASTM D7039	15 ppm máximo
Residuos de carbón (P. Química)	ASTM D524	0.25% en peso máximo
Cenizas (P. Química)	ASTM D482	0.01% en peso máximo
Curva de destilación para 0, 10, 50, 90 y 100% volumen de destilado. (P. Física)	ASTM D86	Informar
Punto de inflamación (P. Física)	ASTM D93	45°C mínimo
Viscosidad cinemática a 40°C (P. Física)	ASTM D7042	1.9 a 4.1 mm <sup>2</sup> /s

## RESULTADOS

Las siguientes tablas presentan los promedios mensuales de los parámetros analizados, así como el promedio trimestral y la comparativa de estos resultados con la NOM-016-CRE-2016.

**Tabla 2. Calidad de Gasolina Magna**

Gasolina Magna	índice de octano	Aromáticos (%)	Olefinas (%)	Oxigenados (%)	Contenido de azufre (ppm)	Presión de vapor (lb/pulg <sup>2</sup> )
Octubre	90.5	24.2%	6.8%	2.1%	14.9	7.4
Noviembre	88.5	23.1%	6.1%	1.9%	13.1	7.6
Diciembre	88.6	22.3%	5.4%	1.7%	9.6	7.5
<b>Promedio</b>	<b>89.2</b>	<b>23.2%</b>	<b>6.1%</b>	<b>1.9%</b>	<b>12.53</b>	<b>7.50</b>
Normativa	> 87	< 25%	< 10%	(1, 2.7%)	< 30 ppm	< 7.8 lb/pulg <sup>2</sup>
Cumple	SI	SI	SI	SI	SI	APENAS
Muestras fuera del límite	N/A	13	1	N/A	2	10

Durante el periodo de muestreo, en promedio la gasolina Magna cumplió satisfactoriamente con los estándares establecidos por la normativa ambiental, los parámetros que presentaron más variación fueron los **aromáticos** y la **presión de vapor**, sólo dos muestras durante el trimestre sobrepasaron los niveles de azufre establecidos en la normativa y sólo una muestra presentó porcentaje de olefinas por encima de lo especificado en la NOM-016-CRE-2016. Ninguna muestra mostró octanaje o porcentaje de oxigenados por encima de los límites de la normativa.

**Tabla 3. Calidad de Gasolina Premium**

Gasolina Premium	índice de octano	Aromáticos (%)	Olefinas (%)	Oxigenados (%)	Contenido de azufre (ppm)	Presión de vapor (lb/pulg <sup>2</sup> )
Octubre	92.2	25.3%	7.1%	2.3%	26.2	7.4
Noviembre	90.7	22.8%	5.9%	2.1%	24.7	7.4
Diciembre	90.8	23.4%	7.0%	1.9%	23.1	7.6
<b>Promedio</b>	<b>91.2</b>	<b>23.8%</b>	<b>6.7%</b>	<b>2.1%</b>	<b>24.67</b>	<b>7.47</b>
Normativa	> 91	< 25%	< 10%	(1, 2.7%)	< 30 ppm	< 7.8 lb/pulg <sup>2</sup>
Cumple	APENAS	SI	SI	SI	SI	SI
Muestras fuera del límite	51	32	N/A	N/A	12	6



Durante el periodo de muestreo, en promedio la gasolina Premium cumplió con los estándares establecidos por la normativa ambiental, los parámetros que presentaron más variación fueron el **índice de octano y los aromáticos**, 12 muestras durante el trimestre sobrepasaron los niveles de azufre establecidos en la normativa y 6 muestras presentaron presión de vapor por encima de lo especificado en la NOM-016-CRE-2016. Ninguna muestra mostró porcentajes de olefinas u oxigenados por encima de los límites de la normativa.

**Tabla 4. Calidad de Combustible Diésel**

Diésel	índice de cetano	Aromáticos (%)	Contenido de azufre (ppm)	Carbono residual (%)	Punto de inflamación (°C)	Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s)
Octubre	53.5	26.60%	11.9	0.05%	58.3	2.33
Noviembre	51.5	27.90%	9.6	0.05%	58.4	2.25
Diciembre	50.5	29.90%	9.6	0.05%	59.1	2.41
<b>Promedio</b>	<b>51.83</b>	<b>28.10%</b>	<b>10.37</b>	<b>0.05%</b>	<b>58.6</b>	<b>2.33</b>
Normativa	> 45	< 35%	< 15 ppm	< 0.35%	> 45 °C	(1.9, 4.1 mm <sup>2</sup> /s)
Cumple	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Muestras fuera del límite	N/A	13	5	N/A	N/A	N/A

Durante el periodo de muestreo, en promedio, el diésel cumplió satisfactoriamente con los estándares establecidos por la normativa ambiental, los parámetros que presentaron más variación fueron los **aromáticos** y el **contenido de azufre** con 5 muestras fuera de especificación. Ninguna muestra mostró índice de cetano, carbono residual, viscosidad o temperaturas de inflamación por encima de los límites de la normativa.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS POR COMBUSTIBLE

### Gasolina Magna

- El índice de **octano** se relaciona con la capacidad del combustible para permitir una combustión más completa y por tanto, la generación de mayor energía durante su quemado. El índice de octano reportado en este proyecto presentó valores de 89 a 90, lo cual cumple con el valor establecido por la normatividad ambiental (87 mínimo).
- Se detectaron 12 muestras con contenido de **aromáticos** por arriba de lo especificado en la norma (25% vol. máximo) en el mes de octubre, sin embargo, durante el mes de noviembre sólo hubo 1 muestra fuera de rango y en diciembre ninguna. El valor promedio para el periodo de muestreo fue de 23.2%, por lo que se da cumplimiento a la normatividad.
- Asimismo, al incrementarse las **olefinas** aumenta el índice de octano debido a que las olefinas tienen un alto grado antidetonante. Sin embargo, las olefinas son precursoras de las gomas de combustible, las cuales obturan los mecanismos de almacenamiento, inyección y quemado del combustible. Sólo hubo 1 muestra en diciembre por encima del valor establecido en la norma (10% vol. máximo) y el valor promedio de este parámetro fue de 6.1%.
- La concentración de **oxigenados** se asocia directamente con el índice de octano debido a que estos compuestos favorecen la combustión completa de la gasolina y por tanto, elevan su octanaje. La concentración de oxigenados reportados en este periodo cumple con el valor exigido por la normatividad ambiental (1.0 a 2.7% en peso), con un valor promedio de 1.9%.



- La concentración de **azufre** se asocia a la formación de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), compuestos precursores de la lluvia ácida; sin embargo como promedio de los tres meses se tuvo un valor de 12.5 ppm. Durante el periodo, sólo dos muestras presentaron valores de **azufre elemental** por arriba de las 30 ppm, que exige la normatividad ambiental para valores anuales.
- La **presión de vapor** se asocia con el grado de volatilidad de la gasolina, la cual es requerida para lograr un quemado eficiente de la misma. Se puede establecer que la gasolina comercializada en este periodo presenta valores de presión de vapor que en ocasiones sobrepasa lo establecido por la normatividad, por lo que es necesaria la revisión periódica de este parámetro. Se presentaron 10 muestras con presión de vapor por arriba del límite establecido en la norma (7.8 lb/pulg<sup>2</sup>).

### Gasolina Premium

- El valor promedio de **octano** fue de 92.2 y se observó una disminución de este parámetro y en algunos casos por debajo de lo establecido en la norma (91 octanos mínimo). Durante los meses de noviembre y diciembre 51 muestras presentaron concentraciones por debajo de los 91 octanos. Como se mencionó, el índice de octano se relaciona con la habilidad antidetonante que tiene el combustible, lo cual permite una combustión completa del mismo y por tanto, la generación de mayor energía durante su quemado.
- El volumen promedio de **aromáticos** fue de 25.3%, es decir, ligeramente sobre el valor de la norma (25% en volumen). En octubre 29 de 41 muestras presentaron un valor de concentración de aromáticos por arriba de máximo establecido y en diciembre 3 de 41 muestras.
- No se reportan muestras con valor de **olefinas** superior al establecido en la normatividad ambiental (10% en volumen) y se presentó un promedio de 6.7%.
- Se observa una tendencia decreciente en el valor de **oxigenados** durante el periodo de análisis, sin embargo, este parámetro cumple con el valor exigido por la normatividad ambiental (1.0 a 2.7% en peso).
- Algunas muestras (12) caracterizadas durante este periodo alcanzaron un valor por arriba de lo establecido en la normatividad ambiental como límite máximo de **azufre elemental** para un análisis con periodicidad anual (30 ppm máximo). Sin embargo, ninguna de las muestras presentó un valor por arriba del límite establecido para un análisis mensual (80 ppm máximo). En promedio el azufre de la gasolina Premium es de 24.6 ppm, casi el doble del que presenta la gasolina magna.
- El valor promedio de la **presión de vapor** fue de 7.4 lb/pulg<sup>2</sup>, sin embargo, durante el mes de diciembre 6 de 41 muestras presentaron un valor de presión de vapor por arriba de lo establecido en la normatividad ambiental (7.8 lb/pulg<sup>2</sup>).

### Diésel

- El valor promedio de **cetano** fue de 51.8. Aun cuando el valor se observó a la baja, el índice de cetano en este periodo cumple con el valor exigido por la normatividad ambiental (45 cetanos mínimo).
- El valor promedio de **aromáticos** fue de 26.6% en volumen durante octubre, 27.9% en volumen durante noviembre y 29.9% en volumen durante diciembre. Así, se puede establecer una tendencia creciente, sin embargo, ninguna muestra alcanzo un valor superior al establecido por la normatividad ambiental (35% en volumen máximo).
- El valor promedio del **azufre elemental** fue de 10.3 ppm, valor por debajo de la normatividad (15 ppm máximo).
- El valor promedio de carbono residual fue de 0.05% en peso, siendo siete veces menor al límite establecido por la normatividad ambiental (0.35% en peso máximo). La concentración de carbón



residual está relacionada con hidrocarburos que presentan un punto de ebullición superior a los 540°C. Por lo tanto, se trata de compuestos de peso molecular elevado, los cuales presentan una mayor dificultad al quemado, dando como resultado la emisión de hidrocarburos no quemados.

- El punto de inflamación se identifica como la temperatura mínima necesaria para que el combustible desprenda vapores y forme una mezcla inflamable. En resumen, el punto de inflamación reportado cumple con el valor establecido por la normatividad ambiental (45°C mínimo).

## IMPACTO DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS EMISIONES VEHICULARES

Con la finalidad de determinar el cambio en emisiones del transporte por la variación de los parámetros de calidad de los combustibles, se realizaron corridas del modelo MOVES-México, considerando los valores **máximos** y **mínimos** de los parámetros encontrados en el muestreo y se compararon con las emisiones del Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles 2014, el cual considera los valores promedio de cada parámetro. Se modelaron emisiones contaminantes provenientes de un día promedio de actividad vehicular.

- La máxima variabilidad se observa en el índice de octano en la gasolina Premium, sin embargo, el cambio en esta propiedad no implica cambios en las emisiones.
- El cambio más significativo de emisiones se observa al modificar el contenido de azufre, dónde las emisiones de SO<sub>2</sub> son directamente proporcionales al cambio del contenido de azufre. Como ejemplo, en la Figura 2 se presenta la variación de emisiones, en toneladas al día, de PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> utilizando los valores máximos y mínimos de azufre encontrados en las muestras de gasolina Premium, que fue la que tuvo mayor variación de este parámetro.

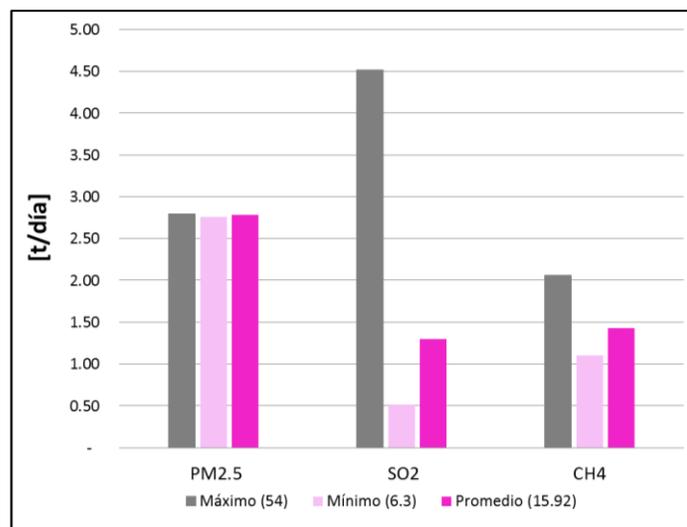


Figura 3. Variación de emisiones por cambio en azufre, gasolina Premium

Las emisiones de NO<sub>x</sub> y de CH<sub>4</sub> se ven afectadas en una relación de 2:1 (contenido de azufre: emisión) y las emisiones de partículas, CO, COV y tóxicos también se ven afectadas aunque en una menor proporción. El resto de los contaminantes permanece sin cambio. Este comportamiento es el mismo para gasolina y para diésel.



- La máxima diferencia de 6% vol. de olefinas no representa un cambio significativo en las emisiones de ningún contaminante, tan solo las emisiones de los tóxicos variaron en un 0.1%, respecto al valor promedio.
- El contenido de aromáticos afecta las emisiones de PM2.5, NO<sub>x</sub>, CO y CN. La máxima variación de aromáticos también se dio en la gasolina Premium. Utilizando el valor máximo de aromáticos (27% vol.), las emisiones aumentan entre 3% y 11% dependiendo del contaminante. Como ejemplo, en la Figura 3 se presenta la variación de emisiones, en toneladas al día, de PM2.5 y CN utilizando los valores máximos y mínimos de aromáticos encontrados en las muestras de gasolina Premium, que fue la que tuvo mayor variación de este parámetro.

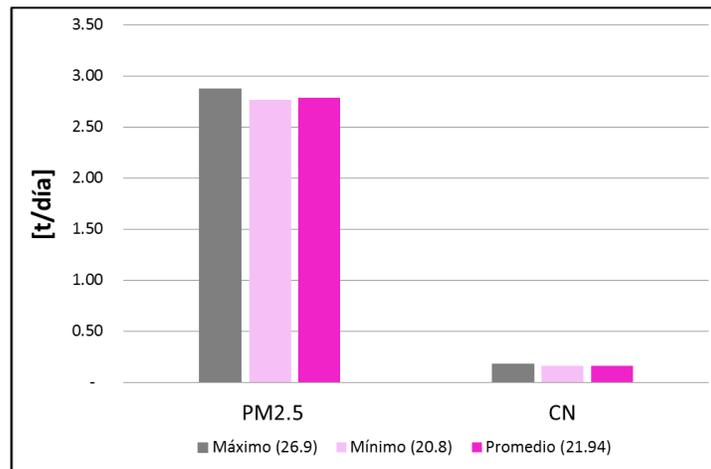


Figura 4. Variación de emisiones por cambio en aromáticos, gasolina Premium

- Modificar el nivel de presión de vapor representa un cambio en las emisiones de CO, COV, CH<sub>4</sub> y tóxicos. Aunque la gasolina Magna presentó la máxima variación en este parámetro, las emisiones calculadas con el valor máximo (10.8 lb/plg<sup>2</sup>) fueron en promedio, 3.5% mayores que las calculadas con el valor medio reportado en 2014 (7.5 lb/plg<sup>2</sup>).
- El contenido de oxígeno (% de MTBE) en los combustibles se refleja en las emisiones evaporativas (COV, tóxicos), la máxima diferencia fue del 46% por arriba del promedio, lo cual significó un 14% de incremento de compuestos tóxicos, sin embargo, todas las muestras cumplieron con la norma.

Por favor utilice el siguiente identificador para citar este documento:

- Calidad de las gasolinas y diésel comercializados en la ZMVM, parte 1 (2017).- Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA).- Ciudad de México, México.