

## DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS A GAS L.P. Y ACTUALIZACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN DE FUGAS Y COMBUSTIÓN DE GAS L.P. EN VIVIENDAS DE LA ZMVM.

### INTRODUCCIÓN

El impacto de la contaminación atmosférica en el medio ambiente y en la salud humana es un tema de vital importancia en las grandes ciudades de nuestro país. En la Ciudad de México (CDMX) y su área metropolitana (Figura 1), la evaluación de concentraciones de contaminantes atmosféricos señala importantes problemas, especialmente de compuestos orgánicos volátiles (COV), principales formadores de ozono, y de partículas menores a 10 y a 2.5 micras (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). Aunque se han desarrollado diversas acciones para disminuir su generación, las concentraciones de estos contaminantes continúan superando los límites recomendados por las normas ambientales de salud<sup>1</sup>.

Desde la realización de las campañas MCMA-2003<sup>2</sup>, MILAGRO-2005-2006 (NCAR, 2016)<sup>3</sup> y la realizada por el INECC<sup>4</sup> (2016), han determinado en la atmósfera cantidades importantes de propano y butano, los cuales se asocian con el uso de Gas Licuado del Petróleo (gas L.P.). Esto sugiere que dichos compuestos deben ser monitoreados, con la finalidad de determinar su contribución en los inventarios de emisiones y para desarrollar medidas de reducción de emisiones, lo que a su vez coadyuvará a la reducción de ozono.

Si bien, se ha manifestado una reducción de propano, n-butano e isobutano en la atmósfera (de 33% a 45% menos, comparando el año 2003 y 2012), que ha sido atribuido a la disminución de fugas en el almacenamiento y distribución de gas L.P.; la presencia de picos matutinos de propano y butano y su comportamiento durante el día, aun se asocia a fugas de gas L.P. domésticas, siendo un problema que debe atenderse (Jaimes, *et al.*, 2016)<sup>5</sup>.

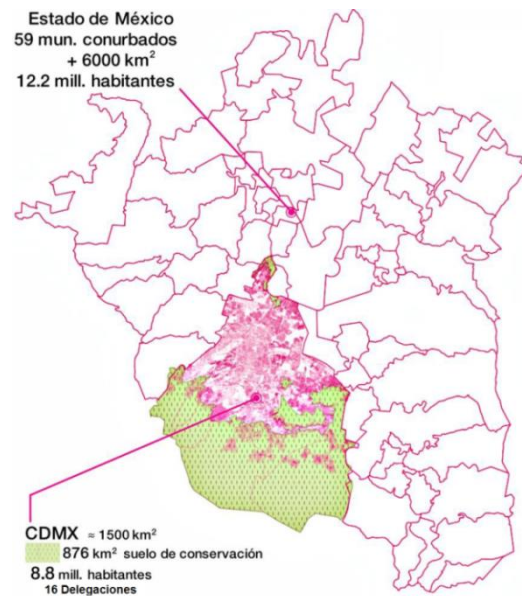


Figura 1. Zona Metropolitana del Valle de México

<sup>1</sup>DOF (agosto 2014). Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Diario Oficial de la Federación.

<sup>2</sup>Velasco, *et al.* (2007). Distribution, Magnitudes, Reactivities, Ratios and Diurnal Patterns of Volatile Organic Compounds in the Valley of Mexico during the MCMA 2002 and 2003 Field. *Atmos. Chem. and Phys.*, 7 p. 329-353.

<sup>3</sup>NCAR (2016). Megacities Initiative: Local and Global Research Observation 2005-2006. National Center for Atmospheric Research. USA

<sup>4</sup>INECC (2016). Evolución de la calidad del aire de la ZMVM y episodios de ozono durante la temporada Seca-Caliente 2016. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México.

<sup>5</sup>Jaimes, *et al.* (2016). Non-methane hydrocarbons in the atmosphere of Mexico City: Results of the 2012 ozone-season campaign. *Atmospheric Environment*, Volume 132, p. 258-275.

Durante los años 1997 y 2000 se realizaron estudios en viviendas de la Zona Metropolitana del Valle de México (PEMEX-IMP, 1997<sup>6</sup> y TÜV Rheiland, 2000<sup>7</sup>), y con dicha información se ha realizado el cálculo de emisiones provenientes del uso de gas L.P. en el sector habitacional. **Debido a la necesidad de contar con información actualizada que refleje las condiciones actuales del uso de gas L.P.**, el segundo semestre del año 2016 la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) realizó un estudio para la actualización de esta información, abarcando la CDMX y su zona metropolitana, el cual se llevó a cabo en colaboración con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), y financiado por el Fondo Ambiental Público del Distrito Federal.

Este estudio contó con cuatro principales alcances: elaborar un muestreo de equipos que usan gas L.P., determinar fugas de gas L.P. en equipos y accesorios, así como factores de emisiones por combustión e hidrocarburos no quemados (HCNQ<sup>8</sup>), además de la composición de los gases de combustión, fugas e HCNQ por el uso de gas L.P. en viviendas. Estos alcances se resumen en la Figura 2.



**Figura 2. Alcances del estudio**

## DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

<sup>6</sup>PEMEX-IMP (1997). Efectos de los componentes asociados al gas L.P. en la contaminación por ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Instituto Mexicano del Petróleo; México, Distrito Federal.

<sup>7</sup>TÜV Rheiland (2000). Programa para la reducción y eliminación de fugas de gas L.P. en las instalaciones domésticas de la ZMVM. México.

<sup>8</sup> Los hidrocarburos no quemados: representan el combustible que se libera sin haber sido quemado en el proceso de combustión.

Para actualizar la información de emisiones provenientes de las fugas y combustión del gas L.P., se realizaron 3 etapas, las cuales se describen a continuación.

En una **primera etapa** se diseñó la encuesta y se seleccionó la muestra de 206 viviendas que utilizan gas L.P. para la aplicación de la misma, con la finalidad de obtener el número y tipo de equipos por vivienda (tanque estacionario, recipiente portátil, tipo de estufa, tipo de calentador y detalles de instalación), los hábitos de consumo y la antigüedad de los equipos.

Durante la realización de las encuestas se detectaron fugas en las instalaciones mediante la aplicación de un líquido que permite la formación de burbujas y detectores de fugas portátiles<sup>9</sup> como se muestra en la Figura 3.

Como **segunda etapa** del estudio se realizó la medición de los gases de combustión e HCNQ, en 30 estufas y 30 calentadores de agua. Se instalaron campanas y ductos en las estufas y calentadores para medir, durante la operación de estos equipos, la velocidad de salida y temperatura de los gases de combustión (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, hidrocarburos totales, partículas suspendidas totales, dióxido de carbono y oxígeno<sup>10</sup>). Adicionalmente, se tomaron muestras de los gases resultantes de la combustión y del gas L.P.



**Figura 3. Equipos utilizados para detección de fugas.**

A partir del muestreo realizado se llevó a cabo la tercera etapa, la cual consistió en determinar y cuantificar los componentes de los hidrocarburos presentes en los gases de combustión y de las fugas, por cromatografía de gases en los laboratorios del Instituto Mexicano del Petróleo.

Derivado de estas tres etapas se determinó lo siguiente:

- Factores de emisión<sup>11</sup> por fugas en equipos y accesorios.
- Factores de emisión de gases de combustión e hidrocarburos no quemados<sup>12</sup> por equipo.
- Se cuantificaron los componentes de hidrocarburos de los gases de combustión.
- Perfiles horarios del consumo de gas L.P. en viviendas<sup>13</sup>.
- Se identificaron buenas prácticas para el uso eficiente de gas L.P. en el sector habitacional.

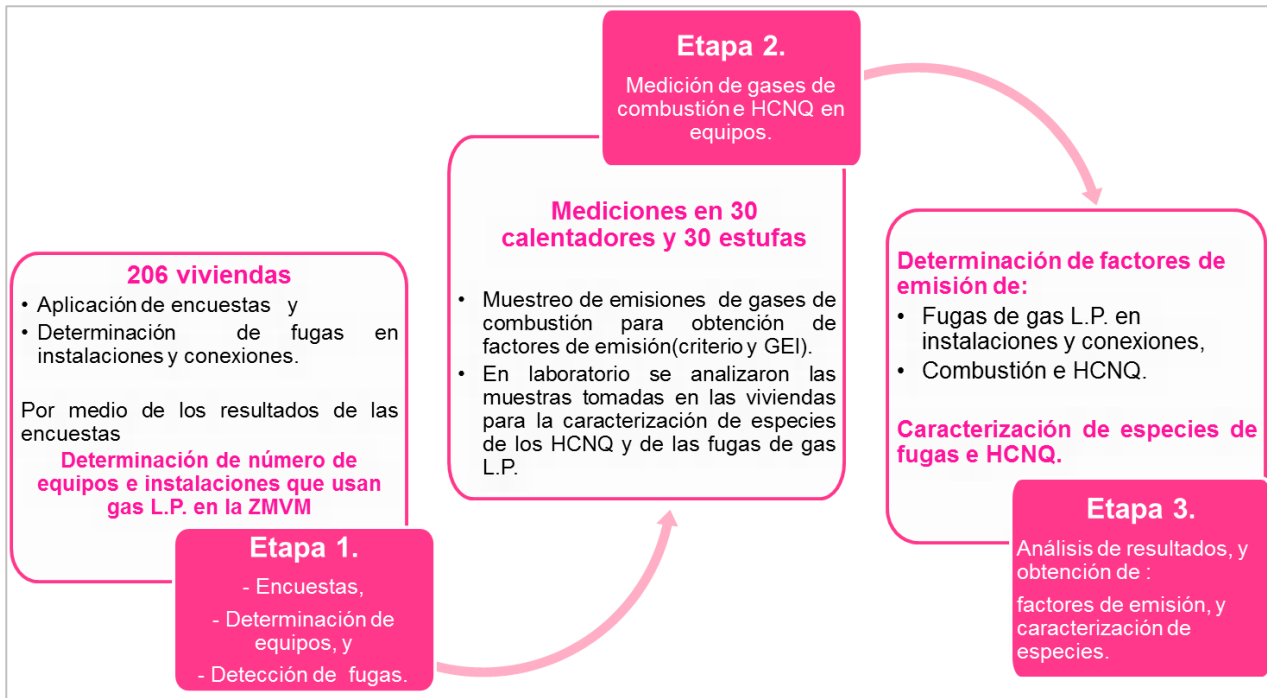
<sup>9</sup>Detectores de fugas portátiles, bajo el principio de combustión catalítica de acuerdo con el método 21 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América "Determinación de fugas de compuestos orgánicos Volátiles" (EPA, 2010).

<sup>10</sup>Parámetro necesario para correlacionar la formación de dióxidos.

<sup>11</sup>Cantidad de contaminante por unidad de actividad. Ejemplo: gramos de partículas por litro de gasolina

<sup>12</sup>Hidrocarburos no quemados, es combustible que no se quema y libera a la atmósfera compuestos orgánicos provenientes del gas L.P.

<sup>13</sup>Los perfiles horarios se utilizan para la distribución horaria de las emisiones por el consumo de gas L.P.



**Figura 4: Etapas realizadas en el estudio**

## RESULTADOS

A partir del análisis de la información obtenida de las encuestas, medición de fugas y análisis en laboratorio de los gases de combustión y gas fugado, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ En la Ciudad de México existen 2.1 millones de viviendas que utilizan gas L.P., 708 mil (34%) utilizan tanques estacionarios y 1.4 millones (66%) utilizan tanques portátiles.
- ✓ En los municipios conurbados del Estado de México existen 2.8 millones de viviendas que utilizan gas L.P., de estas, 611 mil (22%) utilizan tanque estacionario y 2.2 millones (78%) utilizan tanques portátiles.
- ✓ De las 206 viviendas encuestadas 4 de cada 10 presentaron fugas, además se evidenció que el 42% de las estufas tiene una antigüedad de más de 10 años.
- ✓ Se actualizaron factores de emisión por manejo y consumo de gas L.P. en el sector doméstico:
  - Factores de emisión de compuestos orgánicos totales (COT) y compuestos orgánicos volátiles (COV) por fugas en accesorios, conexiones y equipos (Tabla 1).
  - Factores de emisión de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero por combustión desglosados por tipo de equipo, con respecto a la cantidad de combustible utilizado. (Tabla 2)
  - Factores de emisión para HCNQ por tipo de equipo. (Tabla 3)

**Tabla 1. Factores de emisión por fugas en accesorios, conexiones y equipos**

Fuente de emisión	Factor de emisión de COT g COT / Viviendas-día
<b>Tanque portátil</b>	<b>31.636</b>
<i>Conexiones</i>	14.547
<i>Pictetes</i>	17.032
<i>Válvulas de paso</i>	0.057

Fuente de emisión	Factor de emisión de COT g COT / Viviendas-día
<b>Tanque Estacionario</b>	<b>21.525</b>
<i>Válvulas de paso</i>	0.050
<i>Reguladores</i>	19.602
<i>Recipientes estacionarios</i>	1.873
<b>Estufas - cilindros</b>	<b>7.768</b>
<b>Estufas - estacionario</b>	<b>4.395</b>
Estufa de pilotos	7.652
Calentadores-cilindros	11.884
Calentadores-estacionarios	10.914
Calentador de pilotos	0.018

**Tabla 2. Factores de emisión por combustión de gas L.P. en estufas y calentadores**

Equipo	Factores de Emisión[g/m <sup>3</sup> de GLP]					
	PM	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
<b>Estufas</b>	0.39	450.2	826.6	495.3	1472831	59.2
<b>Calentadores</b>	0.31	150.8	1136.2	1114.1	1552517	31.4

**Tabla 3. Factores de emisión para HCNQ en la combustión de gas L.P.**

Equipo	FE COT [g/m <sup>3</sup> gas L.P.]
Estufas	857.9
Calentadores	105.7

- ✓ Se generó el perfil de especies de COV presentes en las fugas y en los gases de combustión, el cual es importante para la modelación de la química atmosférica y el pronóstico de la calidad del aire. (Tabla 4), considerando que estos compuestos participan en la formación de ozono.
  - El perfil de fugas en conexiones y accesorios arrojó una concentración promedio de propano del 79% y de n-butano en un 13%. El resto corresponde a trazas de hidrocarburos como pentano y hexano.
  - Respecto al perfil de hidrocarburos no quemados en la combustión, las especies predominantes también son propano (58%), n-butano (11.7%) y metano con cerca del 7%.

**Tabla 4. Caracterización de especies presentes en fugas y gases de combustión.**

Compuesto	Espección de gas fugado	Compuesto	Espección de gases de combustión
	% peso		% peso
Propano	79.22	Propano	57.90
n-Butano	12.81	n-Butano	11.72
Metano	0.01	Metano	6.59
Iso-butano	6.41	Iso-butano	2.27
Etano	0.91	Etano	0.72
Olefinas	0.01	Olefinas	5.07
Otros	0.64	Otros	4.30
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	No identificados	11.43
		<b>Total</b>	<b>100.00</b>

La SEDEMA hizo una comparación de emisiones de las categorías de manejo y consumo de gas L.P. del sector doméstico, utilizando factores de emisión del inventario de emisiones 2014 y los factores del presente estudio.

### 1. Emisiones por fugas en instalaciones domésticas de gas L.P.

Considerando el número de equipos obtenidos en este estudio, se realizó una nueva estimación de emisiones de fugas de gas L.P, con lo que se compararon las emisiones obtenidas con la información del presente estudio (SEDEMA, 2016), respecto de las determinadas en el Inventario de Emisiones 2014 (IE2014), se observó un incremento de emisiones para los equipos y conexiones domésticos, (Figura 5); que se atribuye a la antigüedad de las instalaciones y conexiones, así como a la falta de mantenimiento.

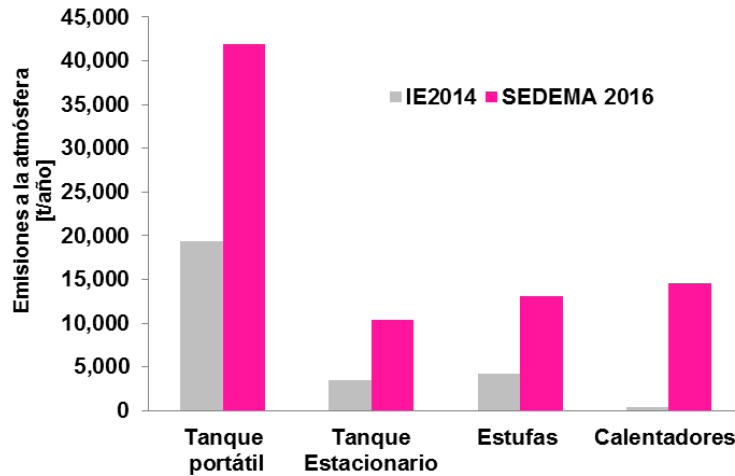


Figura 5. Comparación de emisiones por fugas (Inventario de Emisiones 2014 y SEDEMA, 2016)

### 2. Emisiones por combustión en equipos a gas L.P.

Considerando el consumo de gas L.P. en el sector doméstico y los factores de emisión del presente estudio (SEDEMA, 2016), se estimaron las emisiones respectivas y se compararon con las del Inventario de Emisiones 2014, que se presentan en la siguiente figura, se observa una reducción en partículas (PM), óxido nitroso (NOx), metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así como un aumento de emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que se asocia a la presencia de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y mercaptanos,<sup>14</sup> agregados para dar olor al gas.

<sup>14</sup>Gas incoloro compuesto de carbono, hidrógeno y azufre, con un olor fuerte y desagradable, adicionado para dar olor al gas L.P.

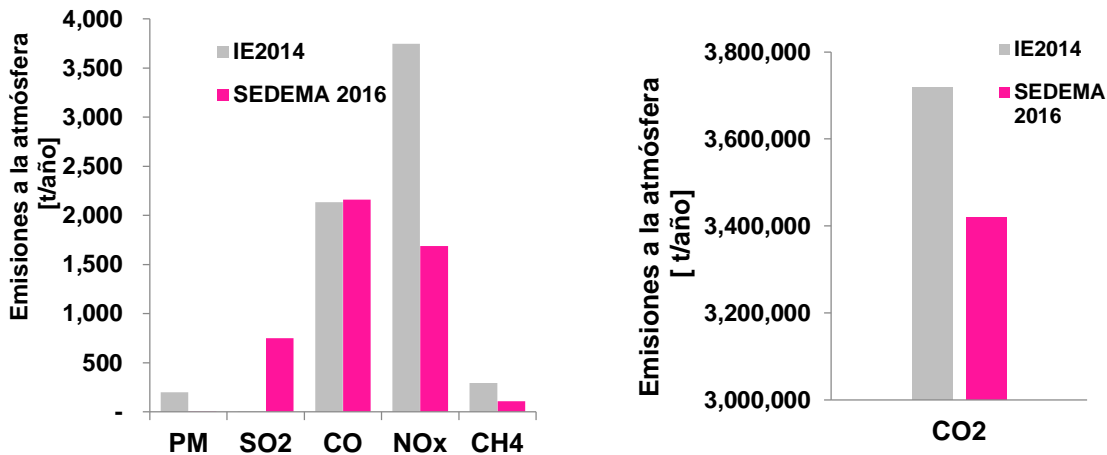


Figura 6. Comparación de emisiones por combustión Inventario de Emisiones 2014 y SEDEMA 2016

### 3. Emisiones por HCNQ durante el consumo de gas L.P.

El estudio incluyó la medición de HCNQ durante el aprovechamiento o consumo de gas L.P. en estufas y calentadores, y por el encendido y apagado de calentadores, es decir, las emisiones de combustible que no se quema. La siguiente figura muestra la comparación de emisiones del Inventario de Emisiones 2014 y las estimadas con datos de este estudio (SEDEMA, 2016). Se observa una notable disminución de emisiones con la actualización de la información a 2016.

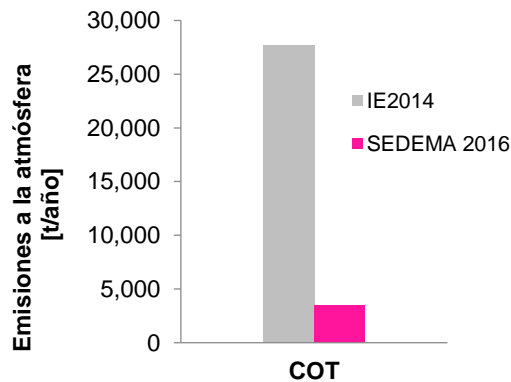


Figura 7. Comparación de emisiones por HCNQ del Inventario de Emisiones 2014 y SEDEMA 2016




## ACCIONES, BUENAS PRÁCTICAS Y PROPUESTAS A IMPLEMENTAR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

En el presente estudio se identificaron buenas prácticas que pueden llevarse a cabo en las viviendas, con la finalidad de disminuir las emisiones de gas L.P. y ayudar en la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero:

- ✓ Uso de calentadores solares para disminuir la dependencia al gas L.P.
- ✓ Sustitución de tanques estacionarios y portátiles.
- ✓ Inspección y mantenimiento de instalaciones domésticas.

- ✓ Sustitución de estufas.
- ✓ Uso de tecnologías eficientes en equipos de gas L.P.

La participación de la población es de gran importancia para la reducción de emisiones por el uso de gas L.P., y para atender esto, se proponen las siguientes acciones:

 <p><b>En estufas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cierra las <b>válvulas de paso</b> de tu estufa cuando no la utilices.</li> <li>• Estufa <b>alejada de corrientes de aire</b> (evita el apagado de pilotos y la fuga de gas).</li> <li>• <b>Forrar de papel aluminio la base del área de quemadores</b> favorece la transmisión de calor.</li> <li>• Usa una tetera para calentar agua evita el desperdicio de gas.</li> </ul>	 <p><b>En calentadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Minimiza el tiempo de las duchas</b> y cuando esté caliente el agua, baja el nivel a tibio o piloto y toma la ducha.</li> <li>• <b>Colecta el agua</b> de la regadera, mientras esperas que salga agua caliente.</li> <li>• Se recomienda usar <b>calentadores de paso</b>, ya que sólo encienden cuando se le demanda agua.</li> </ul>
 <p><b>En instalaciones y tanques:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza una <b>Inspección periódica de instalaciones y equipos</b> para detectar posibles fugas.</li> <li>• Instala <b>válvulas de paso</b>, permitirá reducir fugas y prevenir accidentes cuando estás fuera de casa.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Independientemente del tipo de tanque que se utilice, es indispensable el mantenimiento.</i></p>	

**Figura 8. Recomendaciones para el ahorro de gas L.P. en instalaciones domésticas.**

Finalmente, es importante tener en cuenta que 4 de cada 10 viviendas de la ZMVM tienen fugas, y que diariamente se pierde lo equivalente a 10 mil tanques portátiles de 20 kg de gas L.P., lo que representa una pérdida de más de 3 millones de pesos. Las buenas prácticas aplicadas en las viviendas conllevarán a un ahorro económico en el gasto de las viviendas y a su vez coadyuvará al mejoramiento ambiental de la CDMX.

Por favor utilice el siguiente identificador para citar este documento:

**SEDEMA, 2016. “Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas de la ZMVM”. Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA).- Ciudad de México, México.**