

Emisiones provocadas por combustión de GLP a partir de calefones en la ciudad de Loja y su posible relación con enfermedades respiratorias agudas (ERA's)

Emissions from LPG combustion heaters from the city of Loja and possible relationship with acute respiratory diseases

Carlos Samaniego-Ojeda¹

Orlando H. Álvarez Hernández²

Jorge Maldonado Correa³

1. Docente Investigador Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

2. Investigador Proyecto Prometeo, SENESCYT, Universidad, Nacional de Loja, Ecuador.

3. Docente Investigador Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: car_samaniego@hotmail.com/
orlando21alvarez@gmail.com/

RECIBIDO: 14/04/2016

APROBADO: 16/11/2016

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo está relacionado con el proyecto de investigación “Evaluación de la contaminación atmosférica por fuentes de combustión en la ciudad de Loja y su mitigación con energías renovables”, que se desarrolla en la UNL y específicamente con la caracterización de las emisiones gaseosas y material particulado de las fuentes de contaminación atmosférica por combustión de fuentes móviles y fijas en la ciudad de Loja. En el presente trabajo se calcularon las emisiones a partir de calefones que utilizan como combustible Gas Licuado de Petróleo (GLP), así como el nivel de contaminación del aire por Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Material Particulado (MP10) producido por estas fuentes de combustión y su posible relación con las Enfermedades Respiratorias Agudas (ERAs). Se proponen Conclusiones y Recomendaciones.

Palabras clave: Calefones, ERAs, GLP

ABSTRACT

The objective of the present work is related with the characterization of the gas emissions and Particulate Matter of the sources of atmospheric contamination for combustion of fix and mobile sources in the city of Loja. Presently work the emissions were calculated starting from boilers that use as combustible Liquefied Gas of Petroleum (LGP), as well as the level of contamination of the air for Dioxide of Sulfur (SO₂), Oxides of Nitrogen (NO_x) and Particulate Matter (MP10) taken place by these combustion sources and their possible relationship with the Sharp Breathing Illnesses (SBI). Conclusions and Recommendations are proposed.

Keywords: Boilers, SBI, LGP

INTRODUCCIÓN

Los gases licuados de petróleo (GLP), como el butano y el propano, suponen una importantísima fuente de energía, y tienen enormes posibilidades de desarrollo futuro. Entre sus ventajas están que son limpios, eficientes, económicos, versátiles, accesibles y muy fáciles de transportar.

Gracias a sus bajas emisiones de gases con efecto invernadero y a las características de su llama en combustión, los GLP constituyen una energía muy limpia. Gran parte de la energía del butano y propano se transforma en calor cuando se consume, lo que hace que puedan ser hasta cinco veces más eficientes que otras fuentes de energía, como la electricidad. Al mismo tiempo, son mucho más baratos, y gracias a su alto rendimiento, proporcionan una excelente relación calidad-precio (Repsol, 2014a).

Por lo general, los gases de combustión se deben liberar al exterior y evitar que ingresen a lugares ocupados. No se deberán ubicar la toma de aire del exterior cerca de los sistemas de ventilación u otras fuentes de gases de combustión, como carreteras. Los dispositivos de combustión de un edificio son fuente de gases de combustión y se deberán usar y ventilar de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Se deberá proveer una ventilación general adecuada de estos dispositivos a fin de minimizar la exposición de los ocupantes (OMS, 2005).

Los Gases Licuados de Petróleo tienen múltiples aplicaciones en el hogar, la industria, agricultura, automoción, etc. Como combustible doméstico se emplean fundamentalmente en la cocina y para conseguir calor y agua caliente.

De acuerdo a informes técnicos realizados en Chile, especialmente en invierno, las emisiones intra domiciliarias causadas por las calefacciones generan exposiciones a SO₂ y NO₂ que alcanzan o superan fácilmente las normas vigentes en Chile y los niveles recomendados por

la OMS para el ambiente exterior. La exposición de CO puede constituir un grave problema de contaminación si las instalaciones no evacuan eficientemente los gases de combustión de los calefones (Geotécnica Consultores, 1999).

Por otra parte, el uso de calefones en el Ecuador para la producción de agua caliente sanitaria (ACS), tiene aceptación en la población debido a su bajo costo de operación, pues el precio oficial del cilindro de GLP es de 1,60 USD. Según el Instituto Nacional de Estadísticas del Ecuador (INEC, 2010; 2012) el 6,8% de los hogares del país disponen de calefón a Gas Licuado de Petróleo (GLP). Por el contrario, las duchas eléctricas y los calefones eléctricos consumen un promedio de 25 USD en energía eléctrica mensualmente.

La preferencia de los ecuatorianos por el calefón se puede evidenciar por el crecimiento en las importaciones de estos aparatos. En 2007 se importó un total de 4 millones de dólares mientras que en 2006 esa cifra fue de 2,5 millones, según datos del Banco Central. La importación de duchas eléctricas o calefones eléctricos, en cambio, llegó a 1,5 millones de dólares en 2007. Los principales países de origen de los calefones son Taiwán, Chile, China, España y los Estados Unidos (Diario Hoy, 21 de marzo del 2008). Taiwán es el mayor exportador hacia el Ecuador, pues en 2007 registró 1,4 millones de dólares, que representan más del 25% del total.

La capacidad de un calefón se mide por la cantidad de litros por minuto que el aparato puede calentar y, de acuerdo a ello, se lo califica como doméstico y semindustrial. En el Ecuador se comercializan con mayor frecuencia calefones con tres capacidades diferentes: de 12, 16 y 26 litros por minuto. Los primeros son los más utilizados en los hogares.

La combustión del GLP provoca emisiones a la atmósfera nocivas para la salud, que aunque son relativamente bajas en comparación con

otros combustibles fósiles, deben ser consideradas. Actualmente no se cuenta con datos acerca de la cuantificación de estas emisiones en las ciudades del Ecuador. En el presente trabajo se presenta una metodología de cálculo teórico mediante la cual se determinan las emisiones a la atmósfera provocadas por la combustión de GLP a partir de calefones aplicada en la ciudad de Loja.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestra la composición y el poder calorífico del GLP y sus componentes:

Tabla 1: Poder Calorífico del GLP (Aguilar, 2012)

| | | Gaseoso | | Líquido | | | |
|-----------------|---------------|----------------------|----------------------|----------|---------|---------|---------|
| | | Kcal/Nm ³ | Kcal/Nm ³ | Kcal/kg | KJ/kg | Kcal/kg | KJ/kg |
| Promedio Mezcla | Hidrocarburos | PCS | PCI | PCS | | PCI | |
| 67% | PROPANO | 34350 | 22380 | 16060 | 67240 | 11080 | 46389,7 |
| 33% | BUTANO | 31820 | 29335 | 11845 | 49592,6 | 10920 | 45719,9 |
| 100% | GLP | 33515,1 | 24675,15 | 14669,05 | 61416,4 | 11027,2 | 46168,7 |

El GLP por el tamaño de sus moléculas y fácil y efectiva gasificación, aporta una combustión muy limpia con muy bajos o nulos valores de emisiones contaminantes locales como el NO_x, CO o partículas.

La tabla 2 muestra las tecnologías para el aprovechamiento del agua caliente sanitaria

(ACS) y el tipo de combustible que utiliza cada una de ellas, así como el rendimiento que posee cada tipo de tecnología, donde la última fila corresponde a los calefones.

Por otra parte, los factores de emisión para la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) (Repsol, 2014b), se muestran en las figuras 1 y 2.

Tabla 2: Factores de emisión para producción de ACS (Repsol, 2014b)

| Energía | Tecnología | Rendimiento % |
|--------------|----------------------------|---------------|
| Carbón | Caldera | 75 |
| Gasóleo | Caldera estándar | 92 |
| | Caldera condensación | 102 |
| Electricidad | Resistencia (Efecto Joule) | 99,5 |
| Gas Natural | Caldera estándar | 92 |
| | Caldera condensación | 108 |
| | Calentador | 86 |
| GLP | Caldera estándar | 92 |
| | Caldera condensación | 108 |
| | Calentador | 86 |

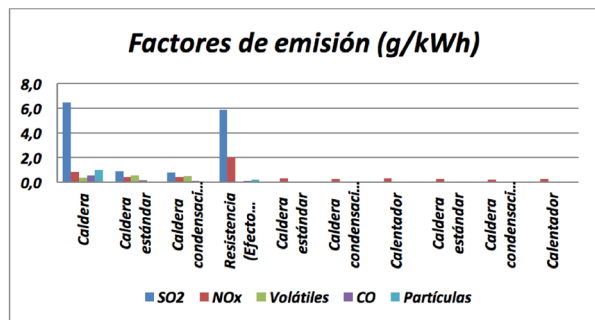


Fig. 2. Factores de emisión para gases diferentes del CO2 para la producción de ACS (Repsol, 2014b)

En el Ecuador se comercializan cilindros de GLP de 15 kg para uso doméstico, de los cuales son utilizables 13,64 kg, quedando el resto como remanente que no es aprovechable (Aguilar, 2012). De la Tabla 1, se obtiene el poder calorífico inferior (PCI=46168,7 kJ/kg). Con el rendimiento promedio de un calefón del 87% ($\eta=0.87$) (Bosch Ecuador, 2014) tenemos la energía final consumida por cilindro de GLP:

GLP:

$$m_c = 15 \text{ kg}$$

$$m_{ut} = 13,64 \text{ kg}$$

$$E_{utcil} = m_{ut} \cdot PCI = 13,64 \text{ kg} \cdot 46168,7 \text{ kJ/kg} = 629741,1 \text{ kJ} = 174,9 \text{ kWh}$$

$$E_{fin} = E_{utcil} \cdot \eta = 152,2 \text{ kWh}$$

Donde,

m_c = masa del cilindro

m_{ut} = masa útil del cilindro

E_{utcil} = energía útil cilindro GLP, base PCI

E_{fin} = energía final entregada por un cilindro de GLP en el calefón, base PCI

Tomando en cuenta que cada cilindro de GLP aporta 152,5 kWh de energía final en el

calefón, se obtienen las emisiones por cilindro que corresponden al producto de ésta energía por el factor de emisión (Tabla 2).

Se analizó la información respecto a los hogares que utilizan calefón a GLP en la ciudad de Loja. Según datos del INEC (2014b), se tiene que de 1752 familias encuestadas en la ciudad de Loja 186 utilizan calefón para sus necesidades de agua caliente sanitaria, lo que representa el 10,6% de las familias.

| Factores de emisión calefón GLP | g/kWh útil final | Emisiones por cilindro GLP | g/cilindro |
|---------------------------------|------------------|----------------------------|------------|
| CO2 | 284 | CO2 | 43224,8 |
| SO2 | 0,02 | SO2 | 3,0 |
| NOx | 0,28 | NOx | 42,6 |
| Volátiles | 0,05 | Volátiles | 7,6 |
| CO | 0,05 | CO | 7,6 |
| Partículas | 0,01 | Partículas | 1,5 |

$$H_m = 186 \text{ hogares}$$

$$F_e = 1762 \text{ hogares}$$

$$H_{cal} = \frac{H_m}{F_e} = \frac{186 \text{ hogares}}{1762 \text{ hogares}} = 0,106 \rightarrow 10,6 \%$$

Donde,

H_m = hogares de la muestra que poseen calefón

F_e = familias encuestadas en la ciudad de Loja

H_{cal} = porcentaje de hogares que poseen calefón en la ciudad de Loja

La población en la ciudad de Loja según el INEC (2014a) es 180617 y el número de personas por hogar en el cantón Loja corresponde a 3,77 con lo cual se obtuvo el número de hogares en la ciudad:

$$H_{Loja} = \frac{\text{Poblac. Loja}}{\text{Pers. por hogar Loja}} = \frac{180617}{3,77} = 47909 \text{ hogares}$$

De esta manera se obtuvo el número de calefones en la ciudad de Loja que corresponde al 10,6% de 47909:

$$H_{\text{(Cal-Loja)}} = H_{\text{Loja}} \times H_{\text{cal}} = 47909 \text{ hogares} \times 0,106 = 5078,35 \text{ hogares}$$

Según el Código técnico de la edificación de España (CTE, 2013), se toma una demanda diaria de 28 litros/persona día (0,028 m³/persona día) de agua a 60°C, con lo cual se obtiene la masa de agua utilizada por persona al año:

$$m_{\text{ACSaño}} = D_{\text{día}} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}} \times 365 = \frac{0,028 \text{ m}^3}{\text{pers. día}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 365 = \frac{10220 \text{ kg}}{\text{pers. año}}$$

Donde,

D_{día}= Demanda diaria de ACS a 60 °C (0,028 m³/(pers.día))

m_{ACSaño}= masa de ACS a 60°C requerida por persona al año

η_{H₂O}= densidad del agua (1000 kg/m³)

Los datos de temperatura de agua de red en la ciudad de Loja fueron proporcionados de la planta de tratamiento “Pucará” de la Empresa Pública Municipal de alcantarillado y agua potable de Loja (EMAALEP), y corresponden al periodo octubre 2013 - junio 2014. Al analizar la información se obtuvo un promedio de 13,3 °C.

De esta manera se obtiene el consumo energético anual por familia para ACS:

$$Q_{\text{pers}} = m_{\text{ACSaño}} \times C_p \times (T_{\text{ACS}} - T_{\text{red}}) = \frac{10220 \text{ kg}}{\text{pers. año}} \times \frac{4,19 \text{ kJ}}{\text{kg.}^\circ\text{C}} \times (60^\circ\text{C} - 13,3^\circ\text{C}) = \frac{1999778,1 \text{ kJ}}{\text{pers. año}}$$

$$\rightarrow \frac{555,5 \text{ kWh}}{\text{pers. año}}$$

$$Q_{\text{fam}} = Q_{\text{pers}} \times \text{Pers. por hogar Loja} = \frac{555,5 \text{ kWh}}{\text{pers. año}} \times 3,77 = \frac{2094,2 \text{ kWh}}{\text{hogar. año}}$$

Q_{pers}= energía anual requerida por persona para ACS

Q_{fam}= energía anual requerida familia en Loja para ACS

C_p= calor específico del agua a presión constante

T_{ACS}= temperatura ACS (60 °C)

T_{red}= temperatura agua de red en Loja (13,3 °C)

Cilindros de GLP utilizados anualmente en Loja para calefones:

| Niveles urbanos de SO ₂ | | | | |
|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------|
| Enfermedad | Bajo | Intermedio | Alto | Rural |
| | (<50 µg/m ³) | (51–100 µg/m ³) | (>100 µg/m ³) | (Control) |
| Disnea | 3,2 | 6,0 | 7,3 | 5,5 |
| Tos crónica | 1,7 | 2,7 | 5,1 | 3,3 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por combustión de GLP en calefones en la ciudad de Loja, las emisiones más importantes corresponden al CO₂ con un total de 3025,1 ton anuales. Muy por debajo le siguen las emisiones de NO_x con 3,0 ton y con menos de 1 ton están el SO₂, volátiles, CO y partículas.

A falta de datos acerca del número de cilindros usados al año en la ciudad de Loja se consideró un cálculo teórico tomando en cuenta la demanda energética para 28 l/persona día a 60°C según el CTE (Código técnico de la edificación) de España. Según los datos proporcionados por la EMMALEP (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja), se obtuvo un promedio de temperatura de red de 13,3 °C.

La ciudad de Loja tiene un perímetro igual a 36570,456 m, y un área de 55337058,074 m² (INEC, 2010), de aquí que los valores de las emisiones por m² son aparentemente bajas, sin embargo, la emisión de cada calefón individual va a tener incidencia, fundamentalmente, si el mismo se encuentra ubicado en el interior de la vivienda y por supuesto de las condiciones de ventilación de la misma.

Con el factor de emisiones por cilindro de GLP y el número de cilindros de GLP para calefones al año en la ciudad de Loja (Cilciud) se obtienen las emisiones anuales provocadas por combustión de GLP para calefones en la ciudad (Tabla 3). En América Latina se han realizado pocos estudios epidemiológicos para investigar el efecto del SO₂ sobre la salud. En un estudio realizado en Chile cerca de un área industrial donde la media anual de SO₂ oscilaba entre 101 y 145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y los promedios máximos diarios estaban entre 405 y 1.230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se asoció un aumento de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el valor medio diario de SO₂ con un incremento de 4% en la frecuencia de tos, 3% en la producción de flema, con un día de retraso entre los niños con síntomas respiratorios crónicos (Sánchez, et al, 1999).

Tabla 3. Emisiones anuales por calefones que utilizan GLP en la ciudad de Loja

| Emisiones anuales por calefones en Loja | Kg | Ton | Kg/h | Kg /m ² /h | mg/m ³ /h Para h=10m |
|---|---------|--------|--------|-----------------------|---------------------------------------|
| CO ₂ | 3020467 | 3020,5 | 344.80 | 0.0000062 | 62,4044 |
| SO ₂ | 209.6 | 0.21 | 0.02 | 0.0000004 | 0,0044 |
| NO _x | 2976.8 | 2.98 | 0.34 | 0.0000061 | 0,0615 |
| Volátiles | 531.1 | 0.53 | 0.06 | 0.0000011 | 0,01100 |
| CO | 531.1 | 0.53 | 0.06 | 0.0000011 | 0,01100 |
| Partículas | 104.8 | 0.10 | 0.01 | 0.0000002 | 0,00220 |

De acuerdo con los resultados obtenidos de las emisiones por calefones que utilizan GLP en la ciudad de Loja, y considerando que por hora, se emiten 4,40 mg/m³ de SO₂, inferior al valor que se encuentra en el rango obtenido en Chile para el incremento de enfermedades respiratorias.

Por otra parte, los resultados de los estudios epidemiológicos realizados en la India (Kamat y Doshi, 1987) indican que los efectos adversos sobre la salud pueden estar relacionados con una concentración anual promedio de SO₂ de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La interpretación de estos hallazgos es complicada debido a los altos niveles de partículas coexistentes y a otros factores loca-

les. Estos incluyen las elevadas exposiciones en interiores y en ambientes laborales a los contaminantes del aire, las deficientes condiciones de salud y el bajo estado de nutrición, el suministro de agua no apta para el consumo, el saneamiento inadecuado, etcétera.

Tabla 4. Prevalencia estandarizada (%) de enfermedades seleccionadas en Bombay (Kamat y Doshi, 1987)

| Enfermedad | Niveles urbanos de SO ₂ | | | |
|-----------------------|---|--|--|--------------------|
| | Bajo (<50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Intermedio (51-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Alto (>100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Rural (Control) |
| Disnea | 3,2 | 6,0 | 7,3 | 5,5 |
| Tos crónica | 1,7 | 2,7 | 5,1 | 3,3 |
| Tos intermitente | 0,4 | 5,8 | 15,6 | 3,7 |
| Resfriados frecuentes | 12,1 | 20,8 | 18,0 | 11,0 |
| Bronquitis crónica | 2,3 | 4,5 | 4,5 | 5,0 |

De acuerdo con este estudio se puede considerar que en Loja, la prevalencia de enfermedades respiratorias agudas (ERA) producidas por SO₂ se puede ubicar en el nivel Bajo (Tabla 4).

De acuerdo a los resultados (Tabla 3), los niveles de NO_x en Loja, no superan los 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, muy inferior a los valores necesarios para que se experimenten disminuciones en la función pulmonar (4700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO₂), pues de acuerdo a la OMS (2005), cuando se expone a seres humanos normales y sanos, durante periodos de descanso o poco ejercicio, por menos de dos horas, a concentraciones mayores de 4700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2,5 ppm) de NO₂, ellos experimentan disminuciones en la función pulmonar. Por lo general, las concentraciones menores de 1880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,0 ppm) no afectan a los pacientes normales. Un estudio demostró que la exposición a 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,3 ppm) durante 3:75 horas afecta la función pulmonar de los pacientes que padecen de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (OMS, 2005).

Los valores guía para el CO son 100 mg/m³ (90 ppm) por 15 minutos, 60 mg/m³ (50 ppm) por 30 minutos, 30 mg/m³ (25 ppm) por una hora y 10 mg/m³ (10 ppm) por 8 horas (OMS, 2005). En el caso del uso de los calefones en la ciudad de Loja, los niveles de CO son inferiores a todos estos valores guía (0.11 µg/m³).

Los efectos del Material Particulado en Suspensión (MPS) en los seres humanos dependen del tamaño y concentración de las partículas y pueden variar según las fluctuaciones diarias de los niveles de MP10 o MP2.5. Estos incluyen efectos agudos como el aumento de la mortalidad diaria, el incremento en las tasas de admisiones hospitalarias debido a la exacerbación de enfermedades respiratorias y las fluctuaciones en la frecuencia del uso de broncodilatadores y en la prevalencia de tos. Si bien los efectos de largo plazo del MPS también se refieren a la mortalidad y morbilidad respiratoria, existen solo unos cuantos estudios sobre los efectos de largo plazo del MPS. Se considera que la contaminación del aire por el material particulado es un fenómeno principalmente urbano.

Los estudios epidemiológicos de series temporales disponibles no permiten definir un umbral debajo del cual no se produce ningún efecto. Estudios recientes sugieren que la exposición de corto plazo está relacionada con efectos a la salud incluso en niveles bajos de MP (menos de 100 µg/m³). En niveles bajos de MP10 (de 0 a 100 µg/m³), la curva de exposición de corto plazo-respuesta se aproxima razonablemente a una línea recta. Sin embargo, varios estudios indican que a niveles más altos de exposición (cientos de µg/m³ de MP10), al menos para efectos sobre la mortalidad, la curva es más plana que en niveles bajos de exposición (OMS, 2005).

En el caso de la ciudad de Loja, la emisión de PM10 alcanza valores de 2,2 µg/m³, por lo cual no deben esperarse efectos sobre la salud humana.

■ CONCLUSIONES

Por combustión de GLP en calefones en la ciudad de Loja, las emisiones más importantes corresponden al CO₂ con un total de 3025,1 Ton anuales. Muy por debajo le siguen las emisiones de NO_x con 3,0 Ton, y con menos de 1 Ton están el SO₂, volátiles, CO y partículas.

A falta de datos acerca del número de cilindros usados al año en la ciudad de Loja se consideró un cálculo teórico tomando en cuenta la demanda energética para 28 l/persona día a 60°C según el Código técnico de la edificación de España (CTE) de España. Según los datos proporcionados por la EMMALEP, se obtuvo un promedio de temperatura de red de 13,3 °C.

De acuerdo con los niveles de emisión calculados a partir de los calefones de GLP en la ciudad de Loja, es de esperarse que ocurran efectos sobre la salud debido al SO₂.

Los niveles de emisión de CO, MP10 y NO₂ no deben provocar efectos sobre la salud.

■ AGRADECIMIENTOS

Este trabajo científico ha sido financiado por la Universidad Nacional de Loja y el Proyecto Prometeo de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Ecuador).

LITERATURA CITADA

AGUILAR ROMERO, Cristhian Wilfrido. (2012). "Auditoría Energética en el Hospital Julius Doepfner de la ciudad de Zamora". Tesis de grado previo al título de Ingeniero Electromecánico. Loja. Universidad Nacional de Loja. pp. 79.

Bosch Ecuador, (<http://www.boschecuador.com/portal/html/gallery/Tecnova/Manual-Calefones-Bosch-Compact-2-27-9kw-automodulante-de-tiro-natural.pdf>) (24/04/2014).

CTE, Código técnico de la edificación de España, documento HE: Ahorro de Energía, pp. 54 (http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/documentosCTE/DB_HE/DBHE-2013-11-08.pdf) (24/07/2014).

Diario Hoy, 21 de marzo del 2008, <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/ecuatorianos-prefieren-el-calefon-a-gas-291556.html> (2014).

Geotécnica Consultores, (1999): Diagnóstico de Condiciones de Combustión y Emisiones Domiciliarias. 1807\final.doc. Junio, 1999. Chile. (24/07/2014).

INEC, (2010): Censo de Población y Vivienda 2010.

INEC, (2012): Encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares urbanos y rurales (ENIGHUR 2011-2012).

Juan Sánchez, Isabelle Romieu, Silvia Ruiz, Paulina Pino y Mónica Gutiérrez, (1999): Efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncaví, Chile. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 6(6), 1999.

Kamat SR1, Doshi VB., (1987): Sequential health effect study in relation to air pollution in Bombay, India. *Eur J Epidemiol.* 1987 Sep; 3(3):265-77.

OMS, (2005): Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02.

Repsol, (2014) a: http://www.repsol.com/es_es/corporacion/complejos/puertollano/conoce_lo_que_hacemos/el_complejo/instalaciones/glp/aplicaciones_glp/. (24/07/2014).

Repsol, (2014) b: http://www.repsol.com/imagenes/es_es/rendimientos_emisiones_produccion_de_ACS_tcm7-610510.pdf. (24/07/2014).