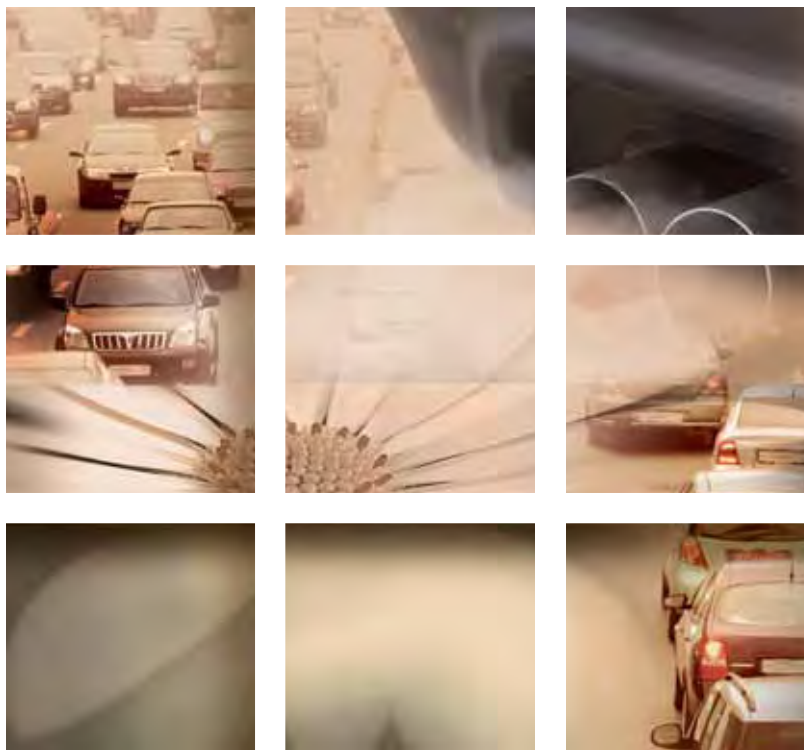


# Mejora de la calidad del aire por cambio de combustible a gas natural en automoción

## Aplicación a Madrid y Barcelona



**José M. Baldasano**  
(Coordinador)

**Joan Plana**  
**María Gonçalves**  
**Pedro Jiménez**  
**Oriol Jorba**  
**Eugeni López**

  
Fundación

## Coordinación

---

**José M. Baldasano**

Área de Ciencias de la Tierra

Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación

## Autores

---

**Joan Plana**

Grupo Gas Natural

---

**José M. Baldasano**

**María Gonçalves**

**Pedro Jiménez**

**Oriol Jorba**

**Eugeni López**

Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación

## Edita

---

Fundación Gas Natural

Plaza del Gas, n.º 1, edificio C, 3ª planta

08003 · Barcelona, España

Teléfono: 93 402 59 00 · Fax: 93 402 59 18

[fundaciongasnatural@gasnatural.com](mailto:fundaciongasnatural@gasnatural.com)

[www.fundaciongasnatural.org](http://www.fundaciongasnatural.org)

1.ª Edición: septiembre 2007

ISBN: 978-84-611-8540-5

Depósito legal: B-47.495-07

Impreso en España.



# Prólogo

En la prensa española del día 8 de julio de 2007, podía encontrarse el siguiente titular: “50 grandes ciudades españolas superan los límites legales de contaminación del aire”, el artículo indicaba que más del 89% de las ciudades de más de 100.000 habitantes superaban los niveles permitidos de contaminación, básicamente por presencia de partículas (partículas de menos de 10 micras, las denominadas PM<sub>10</sub>) y óxidos de nitrógeno, indicando asimismo que “*el tráfico es el principal responsable*”.

Evidentemente el tema de la calidad del aire, durante los últimos años no ha conseguido centrar el foco mediático al nivel de lo conseguido por la temática, quizás más novedosa, del cambio climático, sin embargo, está presente de forma relevante en nuestro territorio, principalmente, en las ciudades, y aglomeraciones urbanas.

La reducción de la actividad industrial y la mejora del control de procesos ha producido una disminución de las aportaciones de la industria a la contaminación, también las importantes mejoras técnicas en los motores de los automóviles modernos han aportado positivamente. Sin embargo, el espectacular aumento del parque de vehículos, que en España, ha pasado de 4 millones de unidades en 1970 a más de 26 millones en el año 2005, ha efectuado una aportación en sentido inverso, que se ha visto agravada por la también importante y creciente proporción de vehículos con motores diesel, generadores básicos de las partículas existentes en el aire urbano, y el irrefrenable crecimiento de la movilidad, tanto local como transnacional.

La Unión Europea estima que por efecto de la contaminación local, básicamente por las partículas en suspensión de pequeño tamaño, cada año, mueren prematuramente del orden de 250.000 ciudadanos europeos. Las cifras de la estimación para España superan las 16.000 defunciones anuales, lo cual como mínimo multiplica por cuatro veces las causadas por los accidentes de circulación. Evidentemente el problema es de una dimensión e importancia fuera de toda duda.

Conocida la evidente dificultad de sustituir los derivados del petróleo en el sector transporte, y teniendo en cuenta la política de la Unión Europea que ha establecido como objetivo para el año 2020, que el gas natural, represente un 10% del total de la energía consumida en el sector transporte, la Fundación Gas Natural ha considerado relevante analizar qué aportación al medio ambiente y a la calidad del aire urbano podía realizar el gas natural en el sector transporte, pero no desde una formulación teórica, sino desde una aproximación más concreta, a través de un proceso de simulación de la sustitución por vehículos propulsados con gas natural de diferentes segmentos de la flota de vehículos que están actualmente circulando por Madrid y/o Barcelona.

El uso del gas natural en automoción, como es conocido, presenta diversas y relevantes ventajas: no emite partículas, reduce drásticamente las emisiones de óxidos de nitrógeno, no emite derivados del azufre, reduce el ruido generado por el motor, así como las emisiones de CO<sub>2</sub>, etc.

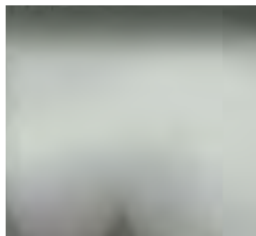
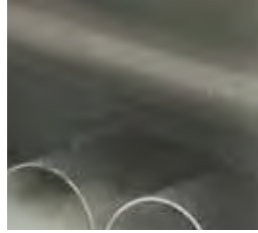
Sin embargo, el proyecto no era fácil, pues al empezar la evaluación del trabajo y el establecimiento de los parámetros para conseguir la precisión adecuada, es decir, para poder evaluar el resultado sobre una retícula de dimensiones máximas de 1km por 1km, pero también en los diferentes niveles de altura, así como, en los períodos de tiempo necesarios, y además, para cada uno de los escenarios elegidos, la tarea implicaba resolver un problema de elevada complejidad, siendo necesario la resolución de más de un *billón* de ecuaciones matemáticas.

Evidentemente esto escapaba, y de mucho, de cualquier equipo de investigación convencional, pero tuvimos la suerte de contar con el prestigioso científico, José M. Baldasano, y su equipo de expertos en modelación de la problemática de la calidad del aire, y del Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación, ubicado en la Universidad Politécnica de Cataluña, y que dispone del MareNostrum, en estos momentos (2007) el supercomputador mas potente de Europa, con capacidad para realizar *94 teraflops*, es decir, 94 billones de operaciones por segundo.

Los resultados de la investigación realizada, que presentamos, exhiben la elevada sensibilidad de la contaminación local a los combustibles utilizados en el sector transporte, evidentemente con mejores resultados según qué contaminantes se analizan, y en según qué zonas de las ciudades estudiadas, dependiendo asimismo de la proporción de sustitución del parque de vehículos, o de diferentes segmentos de vehículos de gas natural, pero, en definitiva, con una reducción significativa de la emisión de contaminantes a la atmósfera (137 toneladas al día para el conjunto de Madrid y Barcelona), con una mejora mas que apreciable de la calidad del aire local, con posterioridad al proceso.

El permanente avance de la sociedad, permite ampliar progresivamente el horizonte, planteándose nuevos retos, nuevos esfuerzos y nuevas oportunidades, de forma coherente con el desarrollo de nuevas expectativas sociales. Esperamos que esta nueva publicación, aporte al conocimiento y difusión de nuevos planteamientos y nuevas realidades, facilitando nuevos elementos de estudio y reflexión.

Pedro-A. Fábregas  
Director General  
Fundación Gas Natural





# Sumario

<b>1. Introducción</b>	1
<b>2. La contaminación a nivel urbano</b>	7
2.1 Contaminantes atmosféricos	7
2.2 Contaminación fotoquímica	8
2.3 El transporte	9
2.4 Motores y combustible	10
<b>3. El gas natural vehicular</b>	15
3.1 Gas Natural Comprimido (GNC)	15
3.2 Gas Natural Licuado (GNL)	16
3.3 ¿Cómo funcionan los motores de gas natural?	16
3.3.1 Motores de encendido por chispa	17
3.3.2 Motores de combustible dual	18
3.4 ¿Cómo se reposta?	18
3.4.1 Sistema de carga lenta	18
3.4.2 Sistema de carga rápida	19
3.5 ¿Qué ventajas medioambientales aporta el uso de gas natural?	20
3.6 ¿Dónde se circula con vehículos de gas natural?	20
3.6.1 Incentivos y perspectivas de futuro	21
<b>4. Evaluación de los cambios en la calidad del aire urbano por la introducción de vehículos de gas natural. Caso particular de las ciudades de Barcelona y Madrid</b>	23
4.1 Metodología	23
4.2 Inventario de emisiones de tráfico rodado	29
4.3 Análisis de la variación de emisiones	33
4.4 Resultados de la simulación para el escenario base. Dinámica de contaminantes	37
4.4.1 Resultados de la simulación del escenario base en relación a la legislación	39
4.5 Análisis de los efectos en la calidad del aire	48
4.5.1 Variación de la concentración de O <sub>3</sub>	48
4.5.2 Variación de la concentración de NO <sub>2</sub>	49
4.5.3 Variación de la concentración de SO <sub>2</sub>	49
4.5.4 Variación de la concentración de PM <sub>10</sub>	50
<b>5. Conclusiones</b>	73
<b>6. Referencias</b>	75