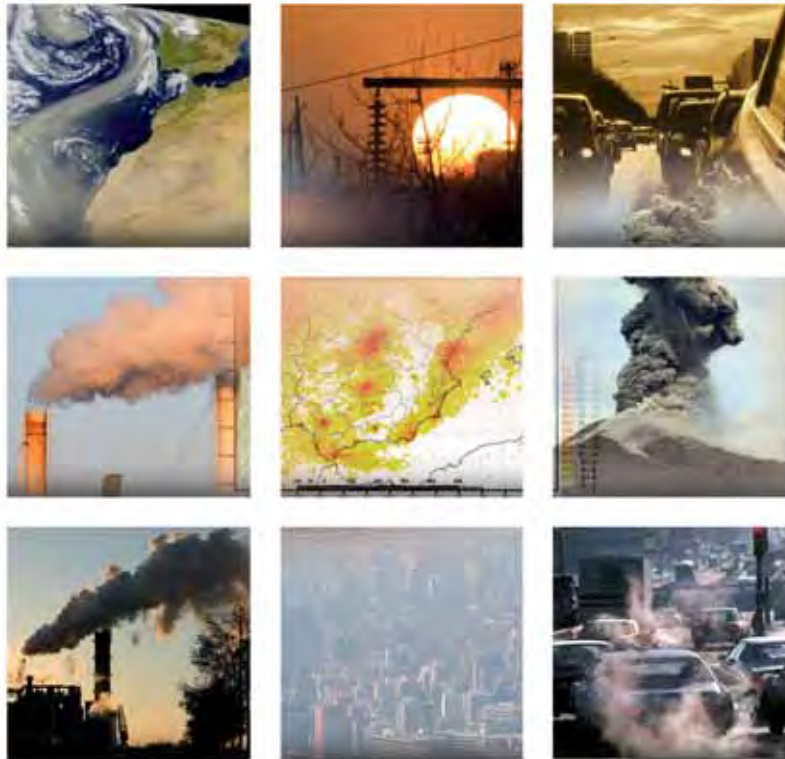


# La contribución del gas natural a la reducción de las emisiones a la atmósfera en España

## Guía técnica



Coordinación:

**Julio Lumbreras**

Elaboración y redacción:

Javier Pérez  
Rafael Borge  
Manuel Valdés  
M<sup>a</sup> Encarnación Rodríguez  
Xavier Querol  
Ángeles Cristóbal

## Guías técnicas de energía y medio ambiente

---

18. La contribución del gas natural a la reducción de emisiones a la atmósfera en España.

### Coordinación:

---

Julio Lumbreras

### Elaboración y redacción:

---

Capítulo 1: Manuel Valdés, Javier Pérez, M<sup>a</sup> Encarnación Rodríguez y Julio Lumbreras

Capítulo 2: Ángeles Cristóbal y Xavier Querol

Capítulo 3: Manuel Valdés, Javier Pérez, M<sup>a</sup> Encarnación Rodríguez y Julio Lumbreras

Capítulo 4: Rafael Borge, Javier Pérez y Julio Lumbreras

Capítulo 5: Javier Pérez y Julio Lumbreras

### Colaboraciones específicas:

---

Revisión general: Javier Pérez, M<sup>a</sup> Encarnación Rodríguez y Manuel Valdés

Capítulo 2: Teresa Moreno, Andrés Alastuey y María del Mar Viana

Capítulo 3: José María López, José Antonio Fernández Benítez, Manuel Macías,  
Carlos Corrochano, Florentino Gómez y Luis Fernández Beites

Capítulo 4: David de la Paz, Sonia Grande, Tomás Larriba y Rosalía Villimar

Capítulo 5: Sonia Grande, Rosalía Villimar, Tomás Larriba y Daniel Ballarín

“Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización por escrito de la Fundación Gas Natural”.

### Edita

---

## Fundación Gas Natural

Plaça del Gas, 1

Edificio C, 3.<sup>a</sup> planta

08003-Barcelona, España

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

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

1.<sup>a</sup> edición, 2009

ISBN: 978-84-613-6258-5

Depósito legal: GI-1168-2009

Impreso en España



# Índice

<b>Prólogo</b> de D. Pedro-A. Fábregas .....	7
<b>Resumen ejecutivo</b> .....	11
<b>1. Introducción</b> .....	23
1.1. Objetivos y alcance del libro .....	23
1.2. Principales emisiones a la atmósfera derivadas de los procesos de combustión .....	24
1.2.1. Gases de efecto invernadero (GEI) .....	25
1.2.2. Monóxido de carbono, CO .....	26
1.2.3. Óxidos de nitrógeno, NO <sub>x</sub> .....	27
1.2.4. Óxidos de azufre .....	28
1.2.5. Amoníaco .....	28
1.2.6. Compuestos orgánicos volátiles, COV .....	28
1.2.7. Ozono y otros oxidantes .....	30
1.2.8. Material particulado .....	31
1.3. Emisiones según el tipo de proceso .....	32
1.4. Análisis de las emisiones atmosféricas en España .....	33
1.4.1. Emisiones totales .....	34
1.4.2. Contribución sectorial .....	36
1.4.3. Evolución temporal .....	37
<b>2. Estado de la calidad del aire en España y compromisos para su mejora</b> .....	45
2.1. Introducción .....	45
2.2. Compromisos internacionales en materia de emisiones de gases a la atmósfera .....	50
2.3. Legislación sobre calidad de aire .....	51
2.3.1. Legislación europea .....	51
2.3.2. Legislación española .....	57
2.4. La calidad del aire en España .....	58

<b>3. Metodología de cálculo de emisiones</b> .....	69
3.1. Generación de emisiones a la atmósfera en los procesos de combustión.....	69
3.1.1. Estequiometría de las reacciones de combustión.....	69
3.1.2. Emisiones intrínsecas y específicas de CO <sub>2</sub> en la combustión completa.....	71
3.1.3. Otros productos de los procesos de combustión.....	72
3.2. Metodología sectorial para el cálculo de emisiones.....	75
3.2.1. Sector transformación de energía-generación eléctrica.....	76
3.2.2. Sector residencial, comercial e institucional.....	77
3.2.3. Sector industrial.....	78
3.2.4. Transporte.....	80
3.3. Conclusiones.....	82
<b>4. Impacto de la ausencia de gas natural en las emisiones y la calidad del aire en España</b> .....	85
4.1. Introducción.....	85
4.2. Metodología para el cálculo de emisiones.....	86
4.2.1. Gases y otros compuestos considerados.....	86
4.2.2. Sectores incluidos.....	87
4.2.3. Escenarios de emisión calculados.....	88
4.3. Resultados de emisión de gases de efecto invernadero.....	92
4.3.1. Resultados totales.....	92
4.3.2. Resultados sectoriales.....	97
4.4. Resultados de emisión de contaminantes atmosféricos.....	101
4.4.1. Resultados totales.....	101
4.4.2. Resultados sectoriales.....	108
4.5. Metodología para la estimación de la calidad del aire.....	114
4.5.1. El sistema de modelización.....	114
4.5.2. Configuración del sistema.....	115
4.5.3. Aproximación para la determinación de la calidad del aire en España sin gas natural.....	117
4.6. Resultados de calidad del aire.....	119
4.6.1. Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).....	119
4.6.2. Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	128
4.6.3. Ozono (O <sub>3</sub> ).....	134
4.6.4. Partículas gruesas (PM <sub>10</sub> ).....	139
4.6.5. Partículas finas (PM <sub>2,5</sub> ).....	145
4.7. Resumen y conclusiones.....	150

<b>5. Escenarios futuros de emisión: contribución del gas natural a los objetivos de reducción de emisiones en España</b>	161
5.1. Introducción	161
5.2. Metodología	161
5.2.1. Gases y otros compuestos considerados	161
5.2.2. Sectores incluidos	162
5.2.3. Escenarios futuros de emisión	162
5.3. Resultados de emisión de gases de efecto invernadero	193
5.3.1. Resultados totales	193
5.3.2. Resultados sectoriales	196
5.3.3. Cumplimiento de los compromisos de España	205
5.4. Resultados de emisión de contaminantes atmosféricos	207
5.4.1. Resultados totales	207
5.4.2. Resultados sectoriales	218
5.4.3. Cumplimiento de los compromisos de España	243
5.5. Resumen y conclusiones	245
<b>6. Glosario</b>	259
<b>7. Anexos</b>	273
Anexo I	273
Anexo II	274
<b>8. Referencias bibliográficas</b>	285



## Prólogo

En el año 2009, se cumplen cuarenta años de la llegada del primer cargamento de gas natural licuado (GNL) a la planta de regasificación de Barcelona, con lo que se iniciaba la andadura moderna del gas natural en España.

La penetración de la nueva energía en el mix energético español, fue primero lenta y restringida a la zona de Barcelona, para posteriormente ir acelerando su recorrido con la puesta en marcha del *Protocolo de Intenciones para el desarrollo del gas en España* (1985), y la llegada del gas natural a Madrid (1987), todo ello, combinado con los procesos de reestructuración del sector y progresiva liberalización. Finalmente la introducción de la tecnología de producción de electricidad con ciclos combinados a gas natural, combinando inversión moderada con altos rendimientos, ha terminado de desarrollar el sector, dándole un posicionamiento relevante en la cobertura de los requerimientos energéticos del país, que a nivel del año 2008, se puede evaluar en un 24% de la demanda de energía primaria.

El crecimiento del sector se ha conseguido con el esfuerzo de muchos y con cuantiosas inversiones en infraestructura que ya supera los 68.000 kilómetros de redes de transporte y distribución en España, conexiones internacionales, plantas de regasificación, etc.

En definitiva, la principal diferencia de la estructura energética española en relación a la de la Unión Europea de hace veinte años, que consistía en la poca relevancia del gas natural en el conjunto de la oferta energética, ha sido superada en la actualidad, alcanzando el gas natural niveles homogéneos de presencia, tanto en España como en Europa.

Por otra parte, el gas natural es el combustible fósil que presenta menos emisiones a la atmósfera, tanto de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> equivalente), como de contaminación local (óxidos de nitrógeno, partículas, derivados del azufre, etc.), permitiendo a la industria, las viviendas, el sector

terciario, la generación eléctrica, y hasta el sector transporte, la utilización de un combustible de calidad, y fácil de hibridar con los diferentes tipos de energías renovables.

Debe remarcarse la dualidad de emisiones, pues si las de gases de efecto invernadero son las que provocan la problemática global del cambio climático, las emisiones de contaminación local producen enfermedades respiratorias y otros tipos de problemas, igualmente relevantes en la perspectiva local, principalmente de las ciudades y aglomeraciones urbanas.

La razón de ser de este libro apareció cuando al conocer la metodología CEP (Consistent Emission Projections) desarrollada por la Universidad Politécnica de Madrid, surgió la posibilidad de poder evaluar de forma rigurosa e independiente la aportación, en cuanto a emisiones de todo tipo, de una energía como el gas natural a la situación del medio ambiente en España.

Para realizar este complejo trabajo, novedoso y poco convencional en su planteamiento, hemos tenido la suerte de disponer de un numeroso equipo de expertos de primer nivel que, coordinados con eficacia por Julio Lumbreras, profesor titular de Ingeniería del Medio Ambiente, de la Universidad Politécnica de Madrid, han culminado el proyecto de forma brillante y con un alto nivel.

Las conclusiones del trabajo son relevantes; si en el año 2006, no hubiese existido el gas natural en España, y su espacio hubiese sido sustituido por otras energías fósiles, de acuerdo con las hipótesis de simulación que se exponen en el libro, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país habrían aumentado en un 13% a nivel global, o en un 23% si consideramos el conjunto del sector energético español sin el transporte. Para poder evaluar la relevancia de las cifras, cabe recordar que el objetivo suscrito en el Protocolo de Kioto para España era un crecimiento máximo de las emisiones de GEI del 15% comparando la media del período 2008-2012 con las emisiones de 1990.

Igualmente en las emisiones de contaminación local, si en el año 2006 no hubiese existido el gas natural en España y su espacio hubiese sido cumplimentado con

otras energías fósiles, las emisiones de NO<sub>x</sub> habrían aumentado un 12%; las de partículas finas (PM<sub>2,5</sub>), un 14%; y las de SO<sub>2</sub>, un 77%.

Si nos refiriésemos al conjunto del sector energético sin el sector transporte, las cifras serían de un crecimiento de las emisiones de NO<sub>x</sub> en un 27%; de las de PM<sub>2,5</sub>, en un 38%; y las de SO<sub>2</sub>, en un 81%.

En cualquier caso, las cifras son de una gran relevancia, constatando el importante efecto beneficioso para el medio ambiente de España, de la existencia e integración del gas natural en el consumo energético del país, indicando los autores: *“De este análisis se concluye que la eliminación del gas natural del panorama energético español supondría un aumento generalizado de emisiones y por tanto un alejamiento de los compromisos internacionales adquiridos en materia de emisiones”*.

Por otra parte, y una vez realizada la modelización, también parecía interesante analizar qué pasaría con las emisiones, asimismo de gases de efecto invernadero y de contaminación local, en las proyecciones futuras de la demanda de energía y su cobertura en los años futuros. Para ello, se prepararon diversos escenarios hasta el año 2020, con diversas hipótesis sobre una mayor o menor penetración del gas natural en el mercado español en relación con las proyecciones oficiales.

En definitiva, si se estimulase la penetración del gas natural por encima de las proyecciones oficiales, de acuerdo con alguno de los escenarios estudiados en el libro, las emisiones de gases de efecto invernadero, en el año 2020, podrían reducirse hasta en un 8% en relación a las previstas en las proyecciones oficiales. Considerando el caso sin sector transporte, la reducción en el resto de sectores alcanzaría un 14% en relación a las proyecciones oficiales, cifra realmente relevante y digna de consideración.

También en el ámbito de las emisiones relacionadas con la contaminación local, las proyecciones de futuro, hasta el año 2020, cambian de forma importante según el nivel de utilización de gas natural en el país, demostrando el impacto medioambiental de esta energía.



Si consideramos el caso con más gas natural que el caso base, y sin el sector transporte, las emisiones de contaminantes, disminuirían en un 8% para las emisiones de NO<sub>x</sub>; del 13% en partículas finas; y del 31% para las emisiones de SO<sub>2</sub>.

En definitiva, el inmenso trabajo realizado por los autores del libro, permite evaluar con facilidad los niveles de aportación positiva, de una energía de calidad, como el gas natural, a la reducción de emisiones tanto de contaminantes, como de gases de efecto invernadero, tarea realmente ardua y compleja, pero aportadora de nuevas visiones y nuevos conceptos.

Obviamente las emisiones, aún siendo importantes, no son el único factor a considerar al establecer la política energética debiendo tenerse en cuenta otros elementos relevantes, como la eficiencia económica y energética de las inversiones, la fase en la evolución de las tecnologías, la seguridad de suministro, la capacidad de hibridación entre energías, la producción nacional, etc.

Esperamos que esta nueva publicación de la Fundación Gas Natural, sea una positiva aportación de nuevos elementos para la reflexión y permita un mejor conocimiento de la realidad energética y medioambiental del país, desde una perspectiva y una dinámica de actualidad y de futuro.

Pedro-A. Fábregas  
Director General  
Fundación Gas Natural