

HARD TRUTHS

Enfrentando el grave problema energético

Una visión integral de la
industria del petróleo y
el gas natural en el
mundo hasta el año 2030



2007



CONSEJO NACIONAL
DEL PETRÓLEO

CONSEJO NACIONAL DEL PETRÓLEO

Lee R. Raymond, *Presidente*
Claiborne P. Deming, *Vicepresidente*
Marshall W. Nichols, *Director Ejecutivo*

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA DE EUA

Samuel W. Bodman, *Secretario*

El Consejo Nacional del Petróleo es un comité
federal asesor del Secretario de Energía.

El propósito exclusivo del Consejo Nacional del Petróleo es asesorar,
informar y proporcionar recomendaciones al Secretario de Energía
respecto de cualquier asunto que solicite en relación con el
petróleo y el gas natural o con las industrias del petróleo y el gas.

Reservados todos los derechos
Número de control de la biblioteca del Congreso: 2007937013
© National Petroleum Council 2007
Impreso en Estados Unidos de América

El texto y las gráficas de este documento pueden ser reproducidos en
cualquier formato o medio, siempre que se reproduzcan en forma
precisa, no se utilicen en un contexto engañoso y lleven el
reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual del
Consejo Nacional del Petróleo y el título de este informe.

CONSEJO NACIONAL DEL PETRÓLEO

Un Comité Asesor del Secretario de Energía en Asuntos Relacionados con el Petróleo y el Gas Natural

1625 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006-1656

Teléfono : (292) 393-6100
Fax: (202) 331-8539

18 de julio de 2007

Samuel W. Bodman
Secretario de Energía
Washington, D.C. 20585

Estimado Sr. Secretario:

En respuesta a las preguntas que usted formula en su carta del 5 de octubre de 2005, el Consejo Nacional del Petróleo llevó a cabo un estudio integral, en el que se considera el futuro del petróleo y el gas natural hasta el año 2030 dentro del contexto del sistema energético global. La complejidad de los mercados integrados de la energía de nuestros días y la urgencia que plantean los asuntos energéticos actuales exigían la ejecución de un estudio que incluyera:

- Una visión integrada de la oferta, la demanda, la infraestructura, la tecnología y la geopolítica.
- Una revisión global de los panoramas energéticos públicos y privados en conjunto.
- Un análisis en profundidad de las tendencias y oportunidades tecnológicas.
- Las opciones existentes en materia de política energética, económica, de seguridad y medio ambiente.
- Más de 350 participantes provenientes de diversos entornos y organizaciones.
- Diálogos con más de 1,000 personas y grupos que participan activamente en el ámbito energético.

Según el Consejo, se anticipa que la demanda global total de energía crecerá en un 50 a 60 por ciento para el año 2030, como resultado del crecimiento de la población mundial y la búsqueda de mejores estándares de vida. Al mismo tiempo, se observan cada vez más riesgos relacionados con el suministro de una energía confiable y accesible, destinada a satisfacer este crecimiento, que incluyen barreras políticas, requerimientos de infraestructura y disponibilidad de personal capacitado. Vamos a necesitar todas las fuentes de energía económicas y ambientalmente responsables, a fin de garantizar un abastecimiento adecuado y confiable.

No existe una solución única y sencilla para los desafíos globales que se avecinan. Dada la escala masiva del sistema energético global y los largos períodos de gestación necesarios para implementar cambios sustanciales, es preciso iniciar acciones de inmediato y mantenerlas en el largo plazo.

En los próximos 25 años, Estados Unidos y el mundo se enfrentarán con una seria realidad asociada con el futuro energético global:

- El carbón, el petróleo, y el gas natural seguirán siendo indispensables para satisfacer el esperado crecimiento de la demanda energética total.
- El mundo no se está quedando sin recursos energéticos pero se acumulan riesgos relacionados con la expansión continua de la producción de petróleo y gas natural provenientes de fuentes convencionales de energía de las que se ha dependido históricamente. Estos riesgos plantean desafíos significativos para poder satisfacer la demanda energética esperada.

- Para reducir estos riesgos, se requerirá la expansión de todas las fuentes de energía económicas, incluyendo el carbón, la energía nuclear, la biomasa, otras energías renovables, y el petróleo y el gas natural no convencionales. Cada una de estas fuentes se enfrenta con desafíos importantes, que incluyen la seguridad y la existencia de barreras ambientales, políticas o económicas, y requiere de infraestructura para su desarrollo y distribución.
- No debe confundirse “independencia energética” con robustecimiento de la seguridad energética. El concepto de independencia en el plano energético no es realista en el futuro previsible, por cuanto la seguridad energética de EUA puede acrecentarse a través de la moderación de la demanda, la expansión y la diversificación del suministro de energía local, y del refuerzo del intercambio comercial y la inversión global en materia energética. No puede haber seguridad energética en Estados Unidos sin que exista seguridad energética global.
- Una gran mayoría de los profesionales que conforman el sector energético de EUA, incluyendo científicos e ingenieros calificados, estará en condiciones de retirarse en la próxima década. Es preciso reponer y capacitar la fuerza de trabajo.
- Las políticas que apuntan a restringir las emisiones de dióxido de carbono modificarán el *mix* energético, incrementarán los costos relacionados con la energía, y requerirán la disminución del crecimiento de la demanda.

El Consejo propone cinco estrategias fundamentales para ayudar a los mercados a satisfacer los desafíos energéticos hasta el año 2030 y en adelante. Las cinco estrategias son esenciales; no existe una solución única y sencilla para los múltiples desafíos que debemos enfrentar. No obstante, estamos convencidos de que la adopción inmediata de estas estrategias, sumada a un compromiso sostenido con su implementación, impulsará la capacidad competitiva de EUA equilibrando los objetivos económicos y los relacionados con la seguridad y el medio ambiente.

Estados Unidos debe:

- Moderar el crecimiento de la demanda energética incrementando la eficiencia del transporte y del uso residencial, comercial e industrial.
- Expandir y diversificar la producción de recursos energéticos a partir de carbón limpio, energía nuclear, biomasa, otras energías renovables, así como del petróleo y el gas natural no convencionales; moderar la declinación de la producción convencional local de petróleo y gas natural e incrementar las posibilidades de desarrollar nuevos recursos.

- Integrar la política energética en la política comercial, económica, ambiental, exterior y de seguridad; fortalecer el intercambio comercial y la inversión global en energía; y ampliar el diálogo tanto con los países productores como con los países consumidores para mejorar la seguridad energética global.
- Mejorar las capacidades científicas y de ingeniería, así como crear oportunidades de investigación y desarrollo a largo plazo en todas las fases del sistema de oferta y demanda de energía.
- Desarrollar el marco legal y regulatorio para permitir la captación y secuestro de carbono. Además, proveer un marco global efectivo para el manejo del carbono que abarque toda la economía, incluyendo el establecimiento de un costo transparente y predecible, mientras los responsables de formular las políticas consideran diversas opciones para reducir las emisiones de dióxido de carbono.

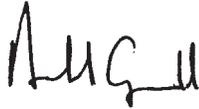
El informe adjunto, titulado *Enfrentando el grave problema energético*, muestra las conclusiones y recomendaciones basadas en análisis integrales desarrollados por los equipos de trabajo.

El Consejo espera poder compartir este estudio y sus resultados con usted, sus colegas, los gobiernos y el público en general.

Presentado con el mayor respeto,



Lee R. Raymond
Presidente



Andrew Gould
Vicepresidente de Tecnología



John J. Hamre
Vicepresidente de Geopolítica y Política



David J. O'Reilly
Vicepresidente de Suministro



Daniel H. Yergin
Vicepresidente de Demanda

Adjunto.

E **Esquema del informe completo**

Carta de transmisión

Prólogo

Resumen ejecutivo

Los siguientes capítulos se encuentran disponibles sólo en inglés

Capítulo uno: La demanda de energía

- Observaciones del estudio de la demanda
- Resumen de la situación de la demanda
- Evaluación de los datos sobre la demanda
- Eficiencia de la generación de energía eléctrica
- El impacto del carbón
- La eficiencia industrial
- Tendencias culturales/sociales/económicas
- Opciones potenciales de política energética en función de la demanda
- Recomendaciones sobre política energética

Capítulo dos: El suministro de energía

- Resumen del suministro de energía
- Perspectivas del suministro de energía
- Análisis de los panoramas energéticos
 - El petróleo y otros fluidos
 - El gas natural
 - El carbón
 - La biomasa
 - Fuentes de energía alternativas no biológicas
 - La conversión de la energía y la infraestructura de distribución
- El acceso a los recursos

Capítulo tres: La tecnología

- Resultados clave
- Desarrollo y despliegue de tecnología

Recursos humanos
Captación y secuestro de carbono
Pozos convencionales (incluyendo recuperación mejorada y el Ártico)
Tecnología de exploración
Tecnología de aguas profundas
Yacimientos de gas natural no convencionales: yacimientos de gas en areniscas compactas, capas de carbón y lutitas gasíferas
Hidrocarburos no convencionales: petróleo pesado, petróleo extrapesado y bitumen
Hidrocarburos no convencionales: esquistos de petróleo
Hidrocarburos no convencionales: hidratos de gas
Conversión de carbón en líquidos
Suministro de energía de biomasa
Perspectivas de la energía nuclear y su impacto en la industria del petróleo y el gas natural
Eficiencia del transporte

Capítulo cuatro: Geopolítica

Cómo está cambiando el mundo
Implicaciones para Estados Unidos
Conclusiones

Capítulo cinco: Manejo del carbono

Manejo del carbono
La eficiencia energética y la disminución de la demanda
El transporte
Captación y secuestro de carbono

Capítulo seis: Recomendaciones

Moderar la demanda incrementando la eficiencia energética
Expandir y diversificar el suministro de energía en EUA
Robustecer la seguridad energética global de EUA
Reforzar las capacidades para satisfacer los nuevos desafíos
Abordar las restricciones de las emisiones de carbono

Capítulo siete: Metodología

Principios rectores
Organización del estudio
Grupos de trabajo
Grupos transversales
Equipo de integración

Manejo de la información

Un enfoque analítico

Almacenamiento de la información—el repositorio de datos

Datos e información públicos

Datos e información privados

Estudios paralelos

Resumen

Apéndices

Apéndice A: Carta de solicitud y descripción del NPC

Apéndice B: Nóminas de los grupos de trabajo

Apéndice C: Proceso y sesiones de divulgación del estudio

Apéndice D: Estudios paralelos—proceso y resúmenes

Apéndice E: Materiales adicionales en el CD

Siglas y abreviaturas

Tabla de conversión

Artículos temáticos del estudio

Junto con la aprobación de su informe, el Consejo Nacional del Petróleo también aprobó la distribución de ciertos materiales utilizados en el proceso de estudio, incluyendo algunos artículos sobre temas específicos, preparados por los grupos de trabajo y sus subgrupos. Estos artículos temáticos formaron parte de los análisis que condujeron al desarrollo de los resultados presentados en el resumen ejecutivo y en los capítulos del informe. El CD del informe final contiene las versiones finales de estos artículos.

Estos artículos temáticos representan las opiniones y conclusiones de los autores. El Consejo Nacional del Petróleo no avala ni aprueba las declaraciones y conclusiones contenidas en estos documentos pero sí aprobó la publicación de estos materiales como parte del proceso de estudio.

Archivos del repositorio de datos del estudio

Para que todos los participantes pudieran acceder fácilmente a las fuentes variadas y originales del estudio, se creó un repositorio de datos que posibilitó el manejo centralizado de los datos multidimensionales recolectados. En el momento de su conclusión, el estudio había compilado y utilizado casi 100 pronósticos o panoramas energéticos. Estos pronósticos y varios cientos de artículos/documentos sobre diversos aspectos del sector energético, fueron utilizados en las interpretaciones que constituyeron la base de los resultados y recomendaciones del estudio.

El repositorio de datos fue diseñado para operar como la herramienta analítica principal para los grupos de trabajo, aceptando todos los datos obtenidos de la encuesta y de otras fuentes de información. Una vez en el repositorio de datos, los valores o rangos de valores seleccionados para todas o cualquiera de las dimensiones pudieron aplicarse como filtro para posibilitar el análisis.

Al igual que con los artículos temáticos, el Consejo Nacional del Petróleo no avala ni aprueba el contenido del repositorio de datos del estudio pero sí aprobó la distribución de esta información como parte del proceso de estudio.

Prólogo

EL CONSEJO NACIONAL DEL PETRÓLEO

El Consejo Nacional del Petróleo (NPC) es una organización cuyo exclusivo propósito es proveer asesoramiento al gobierno federal. A solicitud del Presidente Harry Truman, este grupo asesor, autorizado por el gobierno federal y constituido con fondos privados, fue establecido por el Secretario del Interior en el año 1946 para representar las opiniones de las industrias del petróleo y el gas para el gobierno federal: asesorando, informando y recomendando diversas opciones en materia de política energética. Durante la Segunda Guerra Mundial, bajo la presidencia de Franklin Roosevelt, el gobierno federal y el Consejo de Guerra de la Industria Petrolera trabajaron en estrecha colaboración para movilizar los suministros de petróleo que permitieron la victoria de los Aliados. El objetivo del Presidente Truman era mantener esa colaboración exitosa en los años inciertos de la posguerra. Hoy, el NPC cuenta con la autorización del Secretario de Energía, en virtud de la Ley del Comité Asesor Federal de 1972.

Los miembros del Consejo, unos 175 en total, son seleccionados por el Secretario de Energía para asegurar una representación bien equilibrada de todos los segmentos de la industria del petróleo y el gas, todas las secciones del país, y las compañías grandes y pequeñas. También se seleccionan miembros ajenos al ámbito de la industria del petróleo y el gas, representantes del sector académico, financiero, del campo de la investigación, y de organizaciones e instituciones de interés público y de aborígenes americanos. Además constituye un foro para el diálogo informado sobre asuntos relacionados con la energía, la seguridad, la economía y el medio ambiente en un mundo en constante cambio.

SOLICITUD DEL ESTUDIO

Mediante carta del 5 de octubre de 2005, el Secretario de Energía Samuel W. Bodman solicitó al Consejo Nacional del Petróleo la ejecución de un estudio sobre la capacidad del suministro global de petróleo y gas natural para satisfacer la creciente demanda mundial. Concretamente, el Secretario indicó que las preguntas clave a encarar en el estudio podían ser las siguientes:

- ¿Qué ofrece el futuro para la oferta global de petróleo y gas natural?
- ¿Puede generarse una oferta incremental de petróleo y gas natural, en forma oportuna y a precios razonables, para satisfacer la demanda futura sin poner en peligro el crecimiento económico?
- ¿Qué estrategias recomienda el Consejo que adopte EUA en materia de suministro y/o demanda de petróleo y gas natural, a fin de garantizar mayor estabilidad y prosperidad económica?

(El Apéndice A contiene una copia de la carta de solicitud del Secretario y una descripción del NPC).

ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

En respuesta a la solicitud del Secretario, el Consejo estableció un comité sobre la industria global del petróleo y el gas para estudiar este tema y supervisar la preparación de un informe preliminar que sería sometido a la consideración del Consejo. Además estableció un subcomité de coordinación y cuatro grupos de trabajo—concentrados en asuntos relacionados con demanda, suministro, tecnología, y geopolítica y política—para ayudar al comité a llevar a cabo el estudio. Estos grupos de trabajo contaron con el apoyo de tres

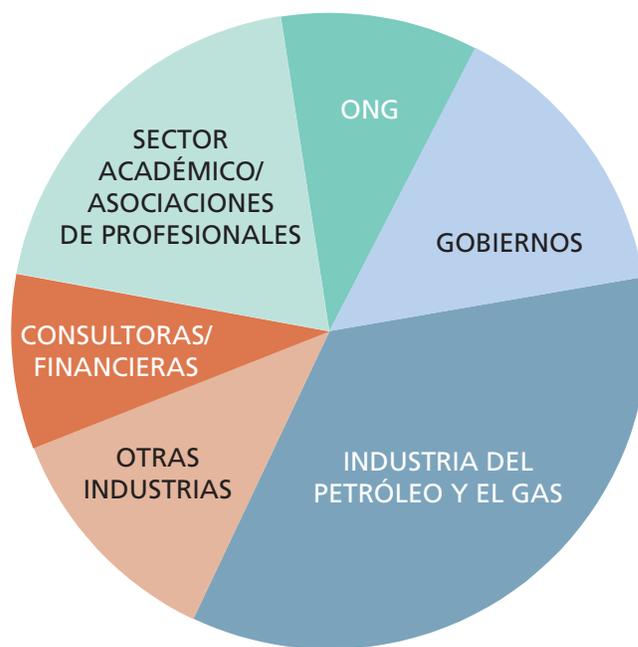
docenas de subgrupos concentrados en áreas temáticas específicas. El recuadro de la página siguiente muestra un listado de las personas que actuaron como líderes del estudio.

Los miembros de los diversos grupos de trabajo fueron seleccionados en las organizaciones de los miembros del NPC y en muchas otras industrias y gobiernos estadounidenses e internacionales, organizaciones no gubernamentales, instituciones financieras, consultoras, grupos académicos y grupos de investigación. Más de 350 personas integraron el comité, el subcomité, los grupos de trabajo y los subgrupos del estudio. (El Apéndice B contiene las nóminas de estos grupos de trabajo).

Además de los participantes de los grupos de trabajo, intervinieron muchas más personas a través de actividades de divulgación. Estas gestiones formaron parte integrante del estudio y apuntaron a informar y solicitar información a una amplia diversidad de partes interesadas. Se celebraron más de veinticuatro sesiones con personal de organismos del poder ejecutivo de EUA, comisiones parlamentarias estadounidenses, y gobiernos estatales y locales, organizaciones no gubernamentales, del sector académico, asociaciones de profesionales e industrias. El proceso de divulgación incluyó además países consumidores y productores clave. El Secretario Bodman se puso en contacto con 19 ministerios de energía de todo el mundo para incentivar la provisión de datos sobre oferta y demanda, de parte de los gobiernos y las compañías de energía nacionales. Muchos países aportaron respuestas constructivas.

Los datos y la retro-información proporcionada por la comunidad energética global y por otras partes interesadas, involucradas en las sesiones de divulgación, fueron documentados y utilizados para desarrollar las percepciones acerca del futuro del sector energético y para asegurar que el estudio estuviera abordando los asuntos críticos asociados con la energía. Esta información de los grupos de interés, que representaba una amplia gama de visiones/opiniones, pasó a formar parte integrante de los conjuntos de datos analizados y considerados para elaborar las conclusiones y recomendaciones principales. (El Apéndice C provee una descripción del proceso y las sesiones de divulgación del estudio).

La Figura P-1 ilustra la diversidad de participantes del proceso de estudio.



65% DE PARTICIPANTES AJENOS A LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y EL GAS

MÁS DE 350 PARTICIPANTES, ADEMÁS DE INFORMACIÓN DE OTROS MÁS DE 1000

Figura P-1. Participación amplia.

El grupo de estudio y los participantes de las actividades de divulgación contribuyeron de diversas maneras, desde su trabajo de tiempo completo en las múltiples áreas de estudio, hasta la concentración en un tema específico, y la revisión de los materiales propuestos, o la participación en una sesión exclusiva de divulgación. La participación en estas actividades no debe interpretarse como aprobación o aceptación de las declaraciones, resultados y recomendaciones de este informe. Además, si bien los participantes representantes del gobierno de EUA proporcionaron una ayuda importante en cuanto a la identificación y compilación de los datos e información adicional, no adoptaron posiciones acerca de las recomendaciones de política energética del estudio. Como comité asesor, designado y autorizado por el gobierno federal, el Consejo Nacional del Petróleo es el único responsable del asesoramiento final provisto al Secretario de Energía. No obstante, el Consejo considera que el amplio y diverso grupo de estudio, y la participación a través de la divulgación, permitieron informar y mejorar su estudio y asesoramiento, y agradece mucho el compromiso y las contribuciones de todos los que participaron en el proceso.

Líderes del Estudio de la Industria Global del Petróleo y el Gas Natural

Presidente

Lee R. Raymond
Ex Presidente y Oficial Principal Ejecutivo
de Exxon Mobil Corporation

Vicepresidente de Gobierno

Jeffrey Clay Sell
Subsecretario de Energía
Departamento de Energía de EUA

Vicepresidente de Demanda Energética

Daniel H. Yergin
Presidente de Cambridge
Energy Research Associates

Vicepresidente de Suministro Energético

David J. O'Reilly
Presidente del Directorio y Oficial Principal
Ejecutivo de Chevron Corporation

Vicepresidente de Tecnología

Andrew Gould
Presidente y Oficial Principal Ejecutivo
de Schlumberger Limited

Vicepresidente de Geopolítica y Política

John J. Hamre
Presidente y Oficial Principal Ejecutivo
del Centro de Estudios Estratégicos e
Internacionales

Presidente del Subcomité de Coordinación

Alan J. Kelly
Ex Gerente General de Planeación Corporativa y
Gerente de Optimización de la Logística Global
de Exxon Mobil Corporation

Vicepresidente del Subcomité de Coordinación

James A. Slutz
Subsecretario de Petróleo y Gas Natural
Departamento de Energía de EUA

Presidente del Grupo de Trabajo

Concentrado en la Demanda
James Burkhard
Director-Gerente del Grupo de Petróleo Global
de Cambridge Energy Research Associates

Presidente del Grupo de Trabajo

Concentrado en el Suministro
Donald L. Paul
Vicepresidente y Oficial Principal de Tecnología
de Chevron Corporation

Presidente del Grupo de Trabajo

Concentrado en la Tecnología
Rodney F. Nelson
Vicepresidente de Innovación y Colaboración
de Schlumberger Limited

Presidente del Grupo de Trabajo

Concentrado en Geopolítica y Política
Frank A. Verrastro
Director y Miembro Senior
del Centro de Estudios Estratégicos
e Internacionales

ALCANCE Y ENFOQUE DEL ESTUDIO

El enfoque principal del estudio se centró en el petróleo y el gas natural. No obstante, por ser elementos de un mercado energético global interrelacionado y competitivo, se evaluaron todas las formas de energía. De hecho, fue necesario conocer todas las formas de energía para poder proveer asesoramiento válido sobre el tema del petróleo y el gas natural. El estudio se realizó con una serie de principios rectores según los cuales el mismo:

- No crearía otro pronóstico energético “básico” de la oferta, la demanda, o los precios, sino que se centraría en el análisis de las proyecciones existentes para identificar los supuestos subyacentes, comprender por qué difieren, y de ese modo identificar los factores importantes que rigen el futuro del petróleo y el gas.
- Recopilaría y analizaría datos públicos (del gobierno, el sector académico y otros ámbitos) y datos privados generales (de compañías petroleras internacionales y consultoras).

- Solicitaría información a una amplia diversidad de partes interesadas, incluyendo organizaciones no gubernamentales y países extranjeros.
- Enfatizaría las condiciones de largo plazo imperantes hasta el año 2030 y posteriormente, no la volatilidad del mercado energético en el corto plazo.
- Realizaría recomendaciones sustentadas por la ciencia y los datos, y desarrollaría recomendaciones y opciones en materia de política energética, sólo después de concluida la fase de análisis, interpretación y resultados del estudio, para precaverse en cuanto a cualquier conclusión predeterminada.
- Estructuraría preguntas detalladas para asegurar la actuación de todos los equipos de trabajo, dentro de su alcance y en forma oportuna.
- Cumpliría estrictamente con las leyes y regulaciones antimonopolio y con la Ley del Comité Asesor Federal. Si bien el Consejo reconoce el rol importante que desempeña el precio en el juego de la oferta y la demanda, las responsabilidades relacionadas con las leyes antimonopolio impedirían que el estudio encarara ese tipo de impacto o accediera a los niveles de precios futuros.

Un grupo grande y diverso de otros estudios y proyecciones sirvió como consolidación de los análisis del NPC. El NPC intentó examinar y utilizar una gama completa de proyecciones disponibles:

- Los datos fueron proporcionados por la Agencia Internacional de Energía (IEA) y la Administración de Información Energética de EUA (EIA); las dos fuentes de proyecciones energéticas más utilizadas y respetadas.
- Además se realizó un amplio estudio de las proyecciones energéticas privadas. Como parte integrante de este proceso, el NPC contrató el estudio de contadores públicos de Argy, Wiltse & Robinson, P.C. para recibir, combinar, y proteger las respuestas obtenidas de datos privados.
- Mediante un proceso *Wide-Net* se recopilaron proyecciones públicas adicionales del sector académico, las organizaciones gubernamentales, los grupos no gubernamentales y otros grupos de interés.
- Se desarrolló un repositorio de datos para almacenar y asistir en el análisis de todas las proyecciones recabadas. Los datos del repositorio se incluyen en el CD que acompaña las copias impresas de este informe.

- Mediante un proceso de estudios paralelos se examinaron otros varios informes recientes referidos a los aspectos de la política energética, para información del trabajo del subcomité de coordinación del estudio del NPC. (El Apéndice D provee resúmenes de los estudios).

Los grupos de trabajo concentrados en la demanda y el suministro se centraron fundamentalmente en el análisis y la interpretación de la gama de proyecciones relacionadas con la oferta y la demanda de energía a nivel mundial hasta el año 2030, y en los supuestos/impulsores clave que subyacen esas proyecciones. El grupo de trabajo centrado en la tecnología examinó el abanico de supuestos tecnológicos involucrados en las proyecciones relevadas y cómo estas tecnologías podrían afectar la oferta/demanda de energía a nivel mundial en los próximos 25 años. El grupo de trabajo dedicado a la geopolítica y la política constaba de dos áreas de interés. Sus análisis geopolíticos evaluaron cómo las decisiones de política energética, soberanas, nacionales, regionales y globales podrían afectar las perspectivas globales de la oferta y la demanda. Su trabajo normativo consistió en la integración de las opciones de los diversos grupos de trabajo en una serie de recomendaciones concisas para el Secretario de Energía, que reflejan las compensaciones recíprocas entre la economía, la seguridad y el medio ambiente. Además de la operatoria de los grupos de trabajo, el estudio abordó numerosos temas primordiales: la eficiencia energética, el manejo del carbono y los asuntos macroeconómicos.

El resultado de estas gestiones múltiples apuntala las estrategias recomendadas por el NPC en materia de oferta y demanda, y constituye la base para las recomendaciones de política energética del Consejo para el Secretario de Energía.

(Para obtener descripciones más detalladas de los alcances del trabajo, la estructuración de preguntas y los enfoques utilizados por los diversos grupos de trabajo, consulte los capítulos del informe y los artículos temáticos).

INFORME DEL ESTUDIO

Por razones de transparencia, y para ayudar al lector a comprender mejor este estudio, el NPC pone a disposición de todas las partes interesadas los resultados del mismo y muchos de los documentos desarrollados por los grupos de trabajo de la siguiente manera:

- El *resumen ejecutivo* provee conocimientos acerca de la dinámica del mercado energético, además de asesoramiento sobre una serie integrada de acciones que es necesario adoptar de inmediato para garantizar un suministro adecuado y confiable de energía, asegurando al mismo tiempo la expansión continua de la prosperidad, que incluye el crecimiento económico, la seguridad global, y la responsabilidad para con el medio ambiente.
 - Los *capítulos del informe* contienen los resultados resumidos de los análisis efectuados por los grupos de trabajo concentrados en la demanda, el suministro, la tecnología, y la geopolítica y la política; un análisis sobre el manejo del carbono; un listado completo de las recomendaciones del estudio; y una descripción de la metodología del estudio. Estos capítulos proveen datos y análisis complementarios para los resultados y las recomendaciones presentadas en el resumen ejecutivo.
 - Los *apéndices* contienen las nóminas del Consejo y de los grupos de trabajo, una descripción del proceso de divulgación del estudio y otro tipo de información.
 - Los *artículos temáticos*, contenidos en el CD que se encuentra en el interior de la contratapa de este informe, incluyen documentos e informes detallados sobre temas específicos preparados por los grupos de trabajo y sus subgrupos. Estos artículos temáticos constituyeron la base para los análisis que condujeron al desarrollo de los resultados presentados en el resumen ejecutivo y los capítulos del informe. El Consejo considera que estos materiales resultarán de interés para los lectores del informe y los ayudará a comprender mejor los resultados. No se solicitó que los miembros del Consejo Nacional del Petróleo avalaran o aprobaran todas las declaraciones y conclusiones contenidas en estos documentos sino que aprobaran la publicación de estos materiales como parte del proceso de estudio. (Para ver los resúmenes de los artículos temáticos y un listado de otros documentos incluidos, consulte la descripción del CD en el Apéndice E).
- (Las copias publicadas del informe y el CD se pueden adquirir en el NPC o visualizar y descargar de su website: www.npc.org)



R esumen ejecutivo

El pueblo norteamericano está muy preocupado por la energía; su disponibilidad, confiabilidad, costo e impacto ambiental. Además, la energía ya se ha convertido en materia de discusiones políticas apremiantes. Pero el de la energía es un tema complejo que atañe a todas y cada una de las partes de la vida cotidiana y de la economía general, involucrando un amplio espectro de tecnologías y afectando profundamente muchos aspectos de nuestras relaciones internacionales. Estados Unidos es el mayor participante del sistema energético global; siendo el mayor consumidor, el segundo productor de carbón y gas natural, el mayor importador y el tercer productor de petróleo. El desarrollo de un marco para considerar la posición de Estados Unidos en cuanto al petróleo y el gas natural, en la actualidad y para el futuro, exige una visión amplia y una perspectiva a largo plazo; este estudio provee ambas.

Durante el último cuarto de siglo, la demanda mundial de energía se incrementó en aproximadamente el 60 por ciento, apoyada por una infraestructura global que se ha expandido en escala masiva. La mayor parte de los pronósticos para los próximos veinticinco años proyectan un porcentaje de aumento similar en la demanda energética desde una base mucho más amplia. En el pasado, el petróleo y el gas natural desempeñaron un rol significativo en relación al sustento de la actividad económica y probablemente lo sigan haciendo, en combinación con otros tipos de energía. En las próximas décadas, el mundo tendrá necesidad de contar con mayor eficiencia energética y con todas las fuentes de energía económicas y ambientalmente responsables que se encuentren disponibles para respaldar y sostener el crecimiento futuro.

Afortunadamente, el mundo no se está quedando sin recursos energéticos. No obstante, existen muchos desafíos complejos que podrían impedir que estos recursos energéticos diversos se conviertan en suministros de energía suficientes, confiables y económicos para la gente que depende de estos recursos. Estos desafíos se ven complicados por nuevas incertidumbres: las influencias geopolíticas sobre el desarrollo energético, el comercio y la seguridad; y las crecientes restricciones de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), que podrían imponer cambios en el uso futuro de la energía. Si bien los riesgos siempre han caracterizado el negocio energético, en la actualidad se están acumulando y están convergiendo en formas nuevas.

El Consejo Nacional del Petróleo (NPC) examinó un amplio espectro de proyecciones sobre oferta, demanda y tecnología energética global hasta el año 2030. El Consejo identificó riesgos y desafíos para alcanzar un futuro energético confiable y seguro, y desarrolló estrategias y recomendaciones que apuntan a equilibrar las futuras metas económicas, de seguridad y ambientales.

Estados Unidos y el mundo se enfrentan con duras realidades con respecto al futuro energético global en los próximos veinticinco años:

- El carbón, el petróleo y el gas natural seguirán siendo indispensables para satisfacer el crecimiento proyectado de la demanda energética global.
- El mundo no se está quedando sin recursos energéticos, pero existe una acumulación de riesgos para la expansión sostenida de la producción de petróleo y gas natural a partir de las fuentes convencionales utilizadas históricamente. Estos riesgos generan retos importantes para satisfacer la demanda energética proyectada.

- Para mitigar estos riesgos se requerirá la expansión de todos los recursos energéticos económicos, incluyendo el carbón, la energía nuclear, los recursos renovables, y el petróleo y el gas natural no convencionales. Cada uno de estos recursos enfrenta importantes retos—incluso obstáculos relacionados con la seguridad, el medio ambiente, la política y la economía—e impone requerimientos de infraestructura para su desarrollo y distribución.
- La “independencia energética” no debe confundirse con el fortalecimiento de la seguridad energética. El concepto de independencia energética no es realista para el futuro previsible, por cuanto la seguridad energética de Estados Unidos se puede mejorar mediante la moderación de la demanda, la expansión y la diversificación de la oferta energética local y el fortalecimiento del comercio y la inversión energética global. No puede haber seguridad energética en EUA sin seguridad energética global.
- La mayor parte de la fuerza laboral del sector energético estadounidense, incluidos los científicos e ingenieros calificados, estará en condiciones de retirarse dentro de los próximos diez años. Es necesario incorporar y capacitar nuevos recursos humanos.
- Las políticas destinadas a disminuir las emisiones de CO₂ alterarán el *mix* energético, aumentarán los costos relacionados con la energía y requerirán reducciones del crecimiento de la demanda.

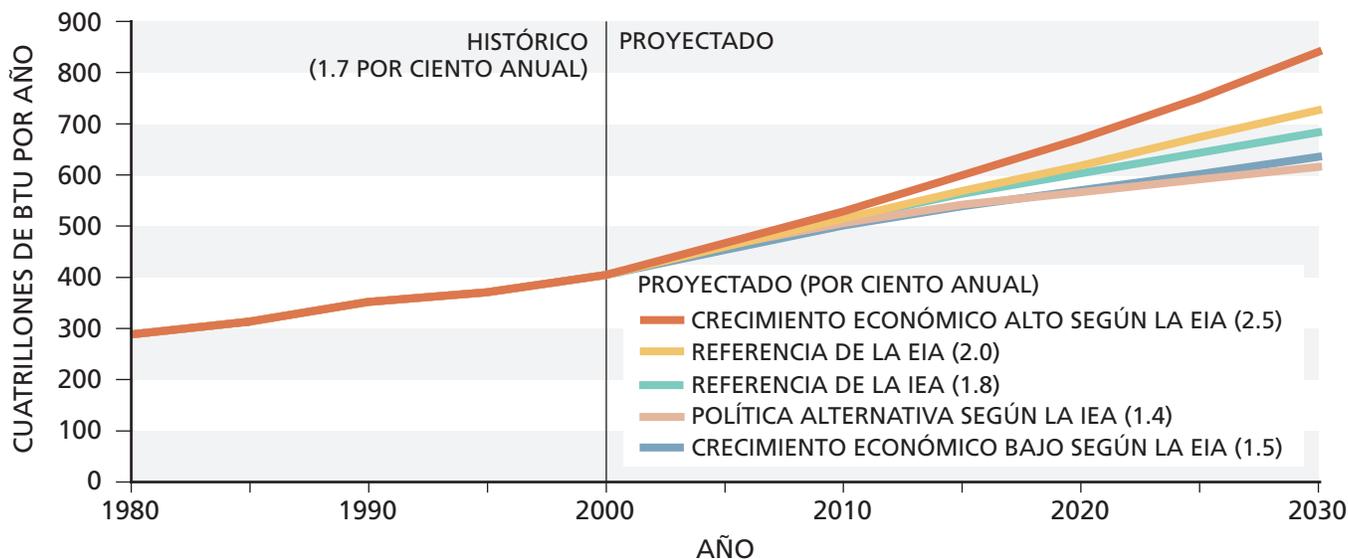
Deberíamos basarnos en mercados libres y abiertos toda vez que sea posible para producir soluciones eficientes. Cuando sea necesario reforzar los mercados, se deberían implementar políticas considerando las posibles consecuencias no intencionales. El Consejo propone cinco estrategias centrales para ayudar a que los mercados estén a la altura de los desafíos energéticos hasta el 2030 y posteriormente. Estas cinco estrategias son esenciales; no existe una solución única y sencilla para los muchos retos a los que nos enfrentamos. No obstante, el Consejo confía en que la pronta adopción de estas estrategias, junto con un compromiso sostenido respecto de su implementación, fomentará la competitividad de Estados Unidos equilibrando las metas económicas, de seguridad y ambientales.

Estados Unidos debe:

- Aumentar y diversificar la producción de recursos energéticos a partir de carbón limpio, energía nuclear, biomasa, otros recursos renovables, y el petróleo y el gas natural no convencionales; moderar la declinación de la producción nacional de petróleo y gas natural convencional e incrementar las posibilidades de desarrollo de nuevos recursos.
- Integrar la política energética con las políticas comerciales, económicas, ambientales, de seguridad y de relaciones exteriores, fortalecer el intercambio comercial y la inversión energética global e intensificar el diálogo tanto con las naciones productoras como con las consumidoras para mejorar la seguridad energética global.
- Mejorar las capacidades científicas y de ingeniería y crear oportunidades de investigación y desarrollo a largo plazo, en todas las fases del sistema de oferta y demanda de energía.
- Desarrollar el marco legal y regulatorio para permitir la captación y secuestro de carbono (CCS). Además, a medida que los responsables de formular las políticas consideren opciones para reducir las emisiones de CO₂, ofrecer un marco global efectivo para el manejo del carbono, incluyendo el establecimiento de un costo transparente, predecible y que abarque toda la economía, para las emisiones de CO₂.

El Consejo identificó estas estrategias recurriendo a más de 350 participantes expertos provenientes de una amplia gama de entornos, para que aportaran su análisis, información y visión al respecto. Además, los extensivos esfuerzos de divulgación llegaron a más de 1,000 personas que se dedican activamente a la energía. Los grupos de trabajo para este estudio examinaron una amplia gama de estudios públicos y privados compilados con el objeto de comprender y evaluar las muchas presunciones y fuerzas que subyacen las recientes proyecciones en materia energética.

Dada la escala masiva del sistema energético global y los largos plazos necesarios para introducir cambios significativos, ya mismo se deben emprender acciones concertadas para implementar estas recomendaciones, que han de mantenerse en el largo plazo, para promover la competitividad de Estados Unidos a través del equilibrio de las metas económicas, ambientales y de seguridad. Las conclusiones y recomendaciones del Consejo se resumen a continuación y se explican en detalle en los capítulos del informe.



Nota: Un cuatrillón de Btu equivale a un millón de mil millones (1×10^{15}) de unidades termales inglesas. Un cuatrillón de Btu por año es el equivalente energético de aproximadamente 500,000 barriles de petróleo por día.
 Fuentes: EIA: Administración de Información Energética de Estados Unidos. *Panorama Energético Internacional 2006*.
 IEA: Agencia Internacional de Energía. *Panorama Energético Mundial 2006*.

Figura ES-1. Demanda energética mundial - Índices de crecimiento anual promedio.

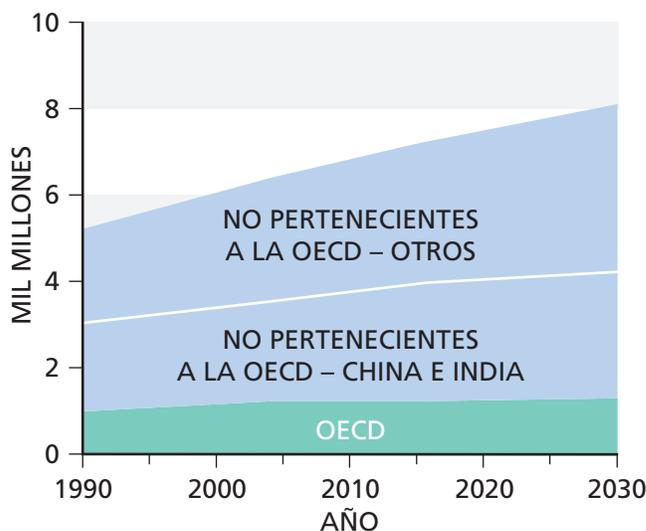
LA CRECIENTE DEMANDA ENERGÉTICA

En las próximas décadas, la demanda de energía aumentará a niveles cada vez mayores a medida que crezcan las economías y las poblaciones. Esto ejercerá presión sobre el sistema de suministro y requerirá que se ponga mayor énfasis en el uso eficiente de la energía.

La energía es esencial para la actividad económica que sostiene y mejora la calidad de vida. Las proyecciones respecto de las futuras necesidades de energía por lo general presumen la expansión de las economías y de las poblaciones, lo que impulsa un crecimiento permanente de la demanda energética. En el curso del tiempo, la eficiencia del uso de la energía ha mejorado gracias a los efectos combinados de los progresos tecnológicos, la educación de los consumidores y las iniciativas en materia de normativas. Estos avances han permitido que el crecimiento de la actividad económica supere al crecimiento del uso de la energía. Las distintas presunciones respecto de la población mundial, la actividad económica y la eficiencia energética se traducen en una diversidad de proyecciones respecto de la demanda energética futura, como se muestra en la Figura ES-1.

Históricamente, el consumo de energía se ha concentrado en el mundo desarrollado, donde se centra

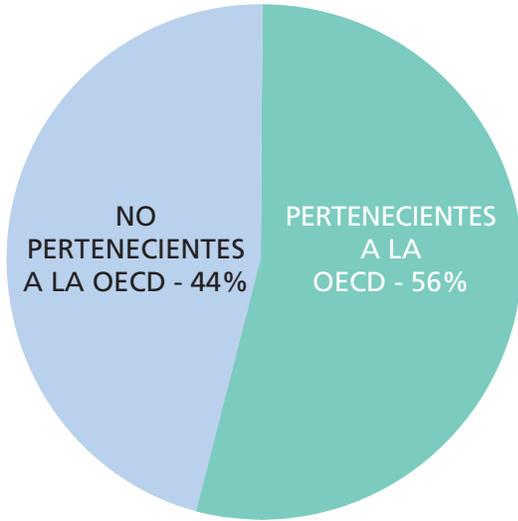
la actividad económica. Hoy, sin embargo, el mundo desarrollado representado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD),¹ utiliza la mitad de la energía mundial total para producir la mitad del Producto Bruto Interno del mundo.² No obstante, de acuerdo con las proyecciones, más del 80 por ciento de la población mundial vivirá en países desarrollados para el año 2030, como se observa en la Figura ES-2.



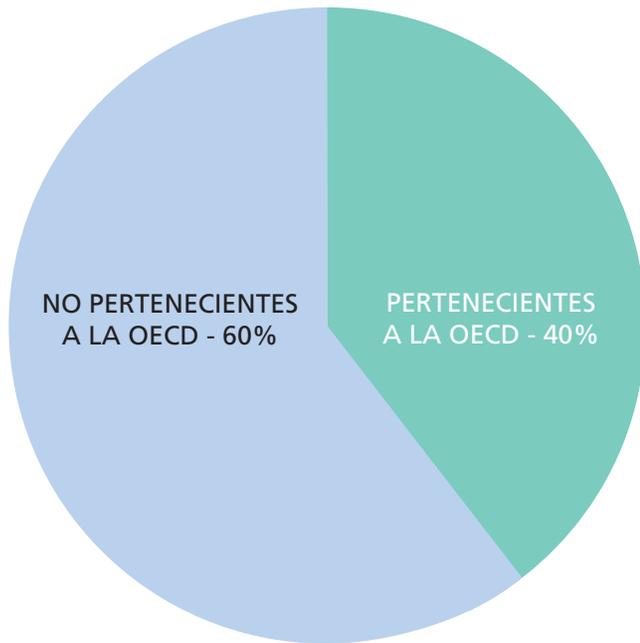
Fuente: Perspectivas de la población mundial de las Naciones Unidas.

Figura ES-2. Población mundial.

2004 – 445 CUATRILLONES DE BTU POR AÑO



2030 – 678 CUATRILLONES DE BTU POR AÑO

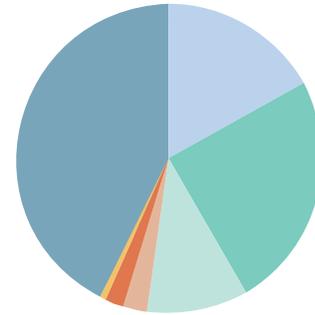


Fuente: IEA, *Panorama Energético Mundial 2006*.

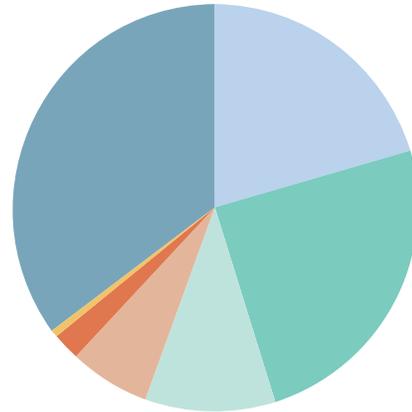
Figura ES-3. Crecimiento de la demanda energética mundial desde 2004 hasta 2030.

Muchos países en desarrollo recién están llegando al punto en que se empiezan a acelerar la riqueza individual y el consumo de energía. Por ejemplo, mientras el número de automóviles en China ha aumentado más de dos veces entre los años 2000 y 2006, todavía sigue habiendo sólo un automóvil por cada 40 habitantes,³ en tanto que Estados Unidos tiene un automóvil cada

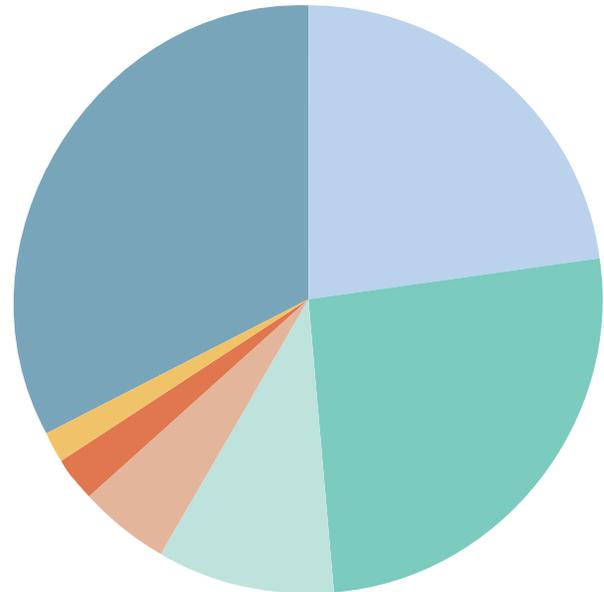
1980 – 288 CUATRILLONES DE BTU POR AÑO



2004 – 445 CUATRILLONES DE BTU POR AÑO



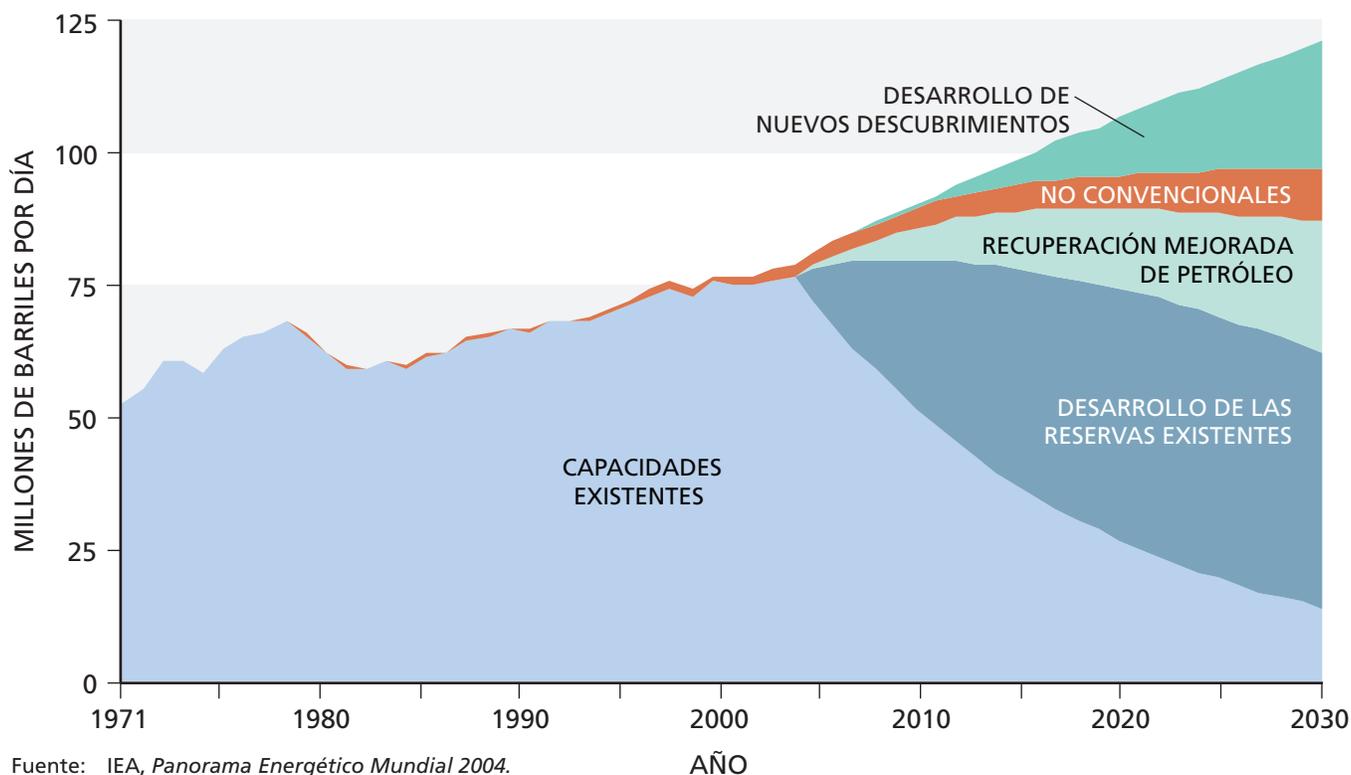
2030 – 678 CUATRILLONES DE BTU POR AÑO



■ PETRÓLEO ■ CARBÓN ■ NUCLEAR ■ EÓLICA/SOLAR
 ■ GAS ■ BIOMASA ■ HIDRÁULICA ■ GEOTERMAL

Fuente: IEA, *Panorama Energético Mundial 2006*.

Figura ES-4. Oferta energética mundial: histórica y proyectada.



Fuente: IEA, *Panorama Energético Mundial 2004*.

Figura ES-5. Gráfico ilustrativo de la oferta total de líquidos.

dos personas.⁴ De este modo, es muy probable que en China se produzca un crecimiento adicional espectacular en las ventas y la demanda de combustible. Conforme esta aceleración del consumo se combine con grandes poblaciones en crecimiento, es probable que la mayor parte del crecimiento de la demanda energética se produzca en el mundo en desarrollo, ilustrándose una proyección al respecto en la Figura ES-3.

EL PANORAMA DEL SUMINISTRO ENERGÉTICO

En la actualidad el mundo emplea una gran variedad de fuentes de energía. Hoy en día, el petróleo y el gas natural proveen cerca del 60 por ciento de la energía primaria del mundo,⁵ como se observa en la Figura ES-4, y es una grave realidad que el petróleo y el gas natural seguirán siendo indispensables para hacer frente al crecimiento proyectado de la demanda energética.

Otra realidad es que una economía mundial que crece aceleradamente requerirá grandes aumentos del suministro de energía durante el próximo cuarto de siglo. Será necesario expandir todas las fuentes de energía económicas para cubrir la demanda en forma

confiable, incluyendo el carbón, la energía nuclear, los recursos renovables, y el petróleo y el gas natural no convencionales. Todas las fuentes de energía conllevan sus propios desafíos, que deben ser superados para lograr su producción, distribución y uso en una escala cada vez mayor.

Las evaluaciones actuales del petróleo y el gas natural indican que se cuenta con grandes volúmenes de estos recursos. Las reservas de gas natural parecen ser más que adecuadas para cubrir la mayor demanda de gas natural típicamente esperada por los pronósticos energéticos a lo largo del período en estudio.

El futuro suministro de petróleo provendrá de diversas fuentes, incluidas las capacidades productivas actuales, el desarrollo de las reservas existentes, la aplicación de técnicas de recuperación mejorada de petróleo, la expansión de los líquidos no convencionales y el desarrollo de nuevos descubrimientos. La Figura ES-5 es un ejemplo ilustrativo de estas fuentes, descritas por la IEA en su *Panorama Energético Mundial 2004*. El potencial de la base del petróleo para sostener los crecientes regímenes de producción petrolera es incierto, como lo es el potencial de la industria para superar los riesgos múltiples y cada vez mayores, incluyendo el

acceso a áreas de desarrollo prometedoras, el nivel y la oportunidad de las inversiones, el desarrollo tecnológico y la expansión de la infraestructura. Este estudio observó un rango de proyecciones petroleras que varían de entre menos de 80 y 120 millones de barriles por día para el año 2030. Este rango tan amplio es el resultado de los diferentes supuestos respecto de estas incertidumbres.

La biomasa, principalmente la quema de madera y estiércol para obtener calor, es hoy la fuente de energía no fósil más grande. Los combustibles líquidos de la biomasa, tales como el etanol obtenido del maíz y la caña de azúcar, han aumentado rápidamente en los últimos años; sin embargo, dada la escala de consumo total de petróleo, los líquidos obtenidos de la biomasa sólo contribuyen aproximadamente un uno por ciento de la energía que provee el petróleo. Los recursos potenciales de la biomasa celulósica, de la madera, cultivos energéticos y residuos de cultivos alimentarios son grandes en Estados Unidos; los Departamentos de Agricultura y Energía de EUA estiman que este país podría generar biomasa suficiente para producir hasta 4 millones de barriles diarios de líquidos de petróleo equivalente.⁶ Como ocurre con el aumento de cualquier recurso energético, se deben superar los desafíos para que la producción de biocombustibles alcance volúmenes significativos. Por ejemplo, todavía no existe la tecnología para convertir material celulósico en combustibles líquidos en forma económica y en escala comercial. La expansión del etanol en Estados Unidos enfrenta una serie de desafíos: aumentar la capacidad de transporte por ferrocarril, vías navegables y líneas de conducción, y equilibrar los usos alimenticios y las necesidades de agua.

La energía eólica y la energía solar también se han desarrollado rápidamente, y en la actualidad contribuyen aproximadamente con el uno por ciento del *mix* energético mundial. Se prevé que la energía eólica y la energía solar continuarán en rápida expansión, con sus respectivos desafíos, que incluyen los factores económicos, la disponibilidad intermitente, las consideraciones sobre el uso del suelo y la necesidad de contar con una red de interconexión y con líneas de transmisión de larga distancia.

La energía hidroeléctrica suministra aproximadamente el 2 por ciento de la energía actual. En general, no se espera que crezca significativamente, excepto en las áreas en desarrollo de la región del Pacífico Asiático, puesto que las localizaciones más adecuadas en los países desarrollados ya están en uso.

La energía nuclear aporta alrededor del 6 por ciento de la energía mundial actual, y se prevé que su utilización aumentará fuera de Estados Unidos. La expansión de la energía nuclear plantea inquietudes respecto de la seguridad, el manejo y la eliminación de desechos radiactivos, y la proliferación de las armas. Se podría fomentar una expansión ulterior de la energía nuclear para limitar las emisiones de CO₂ o reforzar la seguridad energética mediante la diversificación. Por otra parte, si se impusieran nuevas restricciones a la industria nuclear, tales como la baja prematura de las plantas, o límites para proyectos de nuevas instalaciones, aumentaría la demanda de alternativas para generar electricidad, tales como el gas natural, el carbón, la energía eólica y la energía solar.

Actualmente, el carbón representa la segunda fuente de energía del mundo, después del petróleo. En los pronósticos en los que no se restringen las emisiones de CO₂, en general se espera un aumento de la participación del carbón. Las proyecciones del aumento del uso del carbón generalmente son el resultado de la creciente demanda de electricidad en los países en desarrollo. Los recursos carboníferos remanentes son mucho mayores que los de petróleo y gas natural; con los índices de consumo actual, Estados Unidos cuenta con recursos económicamente recuperables para por lo menos otros 100 años.⁷ China posee además abundantes recursos carboníferos, aunque los yacimientos más grandes están alejados de las áreas de consumo, y la infraestructura de transporte constituye un factor limitante. Además de los desafíos logísticos del ferrocarril, el agua y las líneas eléctricas, la combustión del carbón también produce más CO₂ por unidad de energía que el gas natural o el petróleo de fuentes convencionales. En general se espera que la combinación de carbón, gas natural y petróleo proporcione más del 80 por ciento de las necesidades energéticas globales en el año 2030, exacerbando el desafío de restringir las emisiones de CO₂.

EL CAMBIANTE MAPA ENERGÉTICO MUNDIAL

El crecimiento de la producción de energía ha sido apoyado por el comercio global y los mercados abiertos, en combinación con inversiones de capital para producir y distribuir energía. Según las proyecciones, el consumo de energía en el mundo en desarrollo se incrementará de manera asombrosa, mientras que la producción de petróleo y gas natural en Estados Unidos

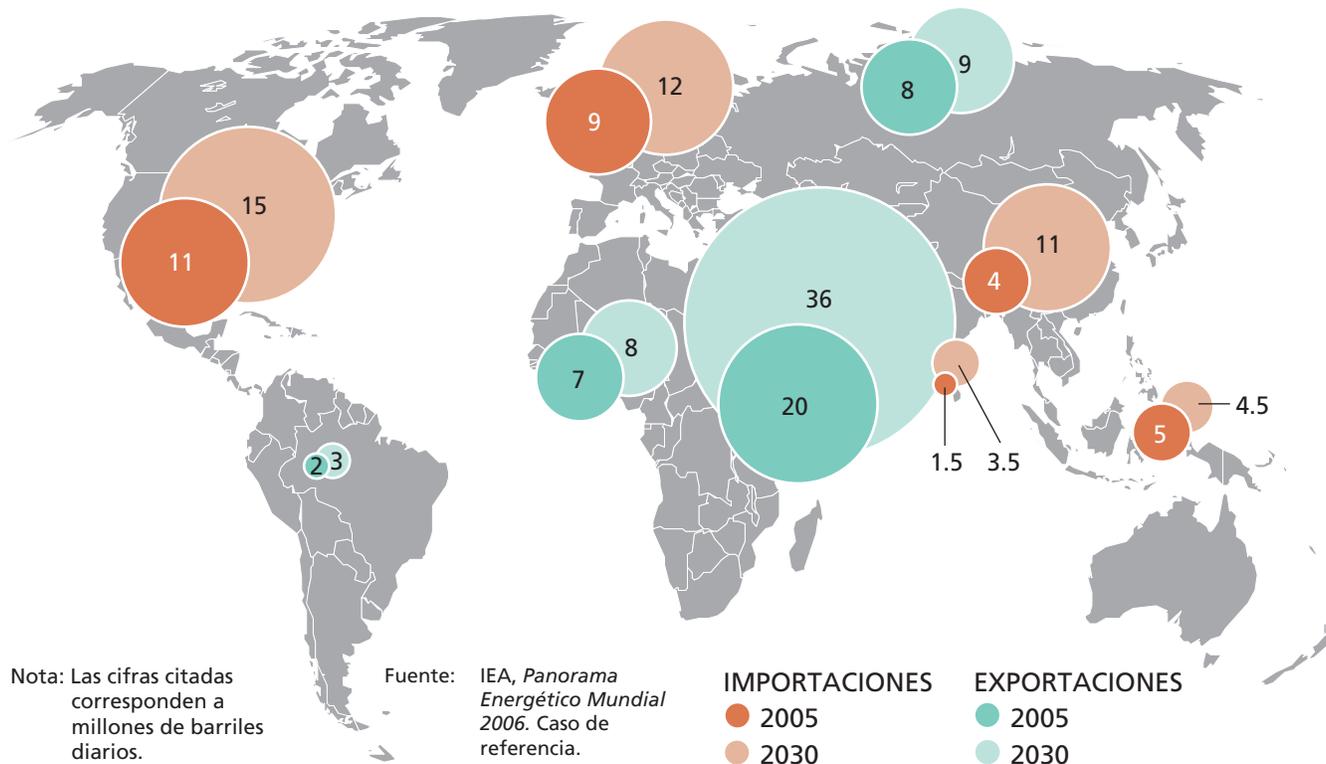


Figura ES-6. Importaciones y exportaciones regionales netas de petróleo.

y Europa declinará. Esta combinación exigirá un aumento sustancial del comercio internacional de petróleo y gas natural, generando un profundo cambio en el mapa energético mundial.

Los pronósticos de incremento de los embarques de petróleo y gas natural licuado (LNG) ponen mayor énfasis en los sistemas confiables de transporte, comercio y distribución, a la vez que generan inquietudes de orden geopolítico, ambiental y de seguridad. Hoy en día, más de la mitad de los movimientos interregionales de petróleo del mundo pasan por un grupo de posibles “puntos de estrangulamiento,” tales como el Canal de Suez, el Bósforo, y los Estrechos de Ormuz y Malaca.⁸

La Figura ES-6 muestra una proyección de variaciones significativas en las importaciones y exportaciones regionales de petróleo, entre el momento actual y el año 2030. Según las proyecciones, la oferta y demanda de gas natural sufrirán modificaciones similares.

Aparte de los aumentos experimentados en el comercio internacional de petróleo y gas natural, el mapa energético mundial está cambiando en otra dimensión. Los recursos convencionales de petróleo y gas natural se están concentrando cada vez más en unos pocos

países no pertenecientes a la OECD. Las empresas petroleras nacionales y los ministerios de energía de esos países desempeñan roles centrales en las decisiones de principios sobre la forma de desarrollar y producir sus recursos. Los productores pueden aumentar cada vez más su influencia en sus activos al tratar con empresas petroleras y naciones consumidoras, ya sea para lograr beneficios comerciales o para promover los objetivos de su política nacional o exterior. La tendencia a la liberalización del mercado que amplió el comercio energético global y la inversión en la década de 1990 ahora se encuentra bajo renovada presión.

LA SEGURIDAD ENERGÉTICA EN ESTADOS UNIDOS Y EN EL MUNDO

En Estados Unidos y en todo el mundo, la seguridad energética depende de suministros de energía confiables y suficientes, negociados libremente entre las naciones. Esta dependencia se elevará con el crecimiento requerido en el comercio internacional de petróleo y gas natural, y puede ser influenciada cada vez más por las metas y tensiones políticas. Estas tendencias están generando nuevas inquietudes respecto de la seguridad energética en Estados Unidos.

Estas inquietudes sobre la seguridad energética han incitado el reclamo de que Estados Unidos llegue a ser totalmente autosuficiente en materia de suministro energético, lo que a menudo ha dado en llamarse “independencia energética.” Este concepto no es realista para el futuro previsible y es incompatible con los objetivos amplios de la política exterior y las obligaciones contempladas en los tratados internacionales. Las normativas que adhieren a la “independencia energética” pueden crear un considerable grado de incertidumbre entre los socios comerciales internacionales y dificultar la inversión en el desarrollo del suministro de energía a nivel internacional.⁹

El hecho de no necesitar la independencia energética para lograr la seguridad energética es una seria realidad. En lugar de intentar alcanzar la independencia energética, Estados Unidos debería mejorar su seguridad energética a través de la moderación de la demanda, la expansión y la diversificación del suministro de energía local, y el fortalecimiento del intercambio comercial y la inversión global en energía. En efecto, aún si Estados Unidos llegara a ser físicamente autosuficiente en materia energética, no podría desentenderse de la actividad, el comercio y las finanzas globales del sector energético.

LA INVERSIÓN EN EL DESARROLLO ENERGÉTICO GLOBAL

La construcción de plataformas petroleras que valen miles de millones de dólares, suspendidas y operando en aguas a miles de metros de profundidad, el tendido de tuberías en terrenos dificultosos y a través de las fronteras nacionales, la ampliación de las refinerías, la construcción de buques y terminales para enviar y almacenar gas natural licuado, la construcción de vías férreas para transportar carbón y biomasa, y el acople de líneas de alta tensión desde parques eólicos remotos demandarán, en su totalidad, grandes inversiones en términos reales a lo largo de varias décadas. Se necesitarán mayores inversiones para aumentar la capacidad de producción. Es probable que los proyectos futuros sean más complejos y remotos, lo que dará como resultado mayores costos por unidad de energía producida.¹⁰ Será necesario contar con un clima de inversión estable y atractivo para captar capitales adecuados para la evolución y expansión de la infraestructura energética.

Estados Unidos debería entablar un diálogo activo con proveedores de energía, alentando el libre comercio y la inversión para incrementar la producción internacional de energía y su infraestructura. El comercio internacional y las negociaciones diplomáticas deberían incorporar los temas energéticos, como cuestión de rutina, para promover principios de derecho, la estabilidad fiscal, la igualdad de acceso y el desarrollo ambientalmente responsable de todos los recursos energéticos.

LOS AVANCES TECNOLÓGICOS

El ingenio del ser humano y los adelantos tecnológicos generan el potencial para desarrollar nuevas fuentes de energía para mejorar el desarrollo de los recursos existentes, y para utilizar la energía en formas más eficientes y más amigables con el medio ambiente. La industria del petróleo y el gas natural se caracteriza por los avances tecnológicos, y en la actualidad funciona utilizando materiales, química, ingeniería, computación y técnicas de detección que superan ampliamente cualquier previsión que pudiera haberse efectuado décadas atrás. La tecnología ha generado importantes ahorros en la demanda de energía y ha sumado suministros, al mismo tiempo que ha reducido la “huella” dejada por la industria sobre el medio ambiente. Está previsto que los adelantos tecnológicos continúen; sin embargo, puede transcurrir más de una década desde el concepto inicial hasta su implementación en gran escala, para que el impacto tecnológico tenga un amplio alcance.¹¹

No existe ninguna tecnología que por sí misma sea capaz de asegurar que las futuras necesidades energéticas del mundo serán cubiertas de manera económica y ambientalmente responsable. Se requerirán muchos adelantos y avances decisivos en numerosos frentes. Para lograrlo, se deberán dedicar considerables recursos financieros y humanos a lo largo de un período sostenido. Entre tanto, la industria energética estadounidense se enfrenta con una escasez alarmante de recursos humanos que podría debilitar el futuro desarrollo de los adelantos tecnológicos necesarios para satisfacer la demanda de fuentes de energía cada vez más diversificadas. Gran parte de la fuerza laboral técnica de la industria está por llegar a edad de emprender el retiro, y la cantidad de estadounidenses que se gradúan en ingeniería y geociencias ha declinado sustancialmente durante el último cuarto de siglo, lo que compromete la futura provisión de adelantos tecnológicos.

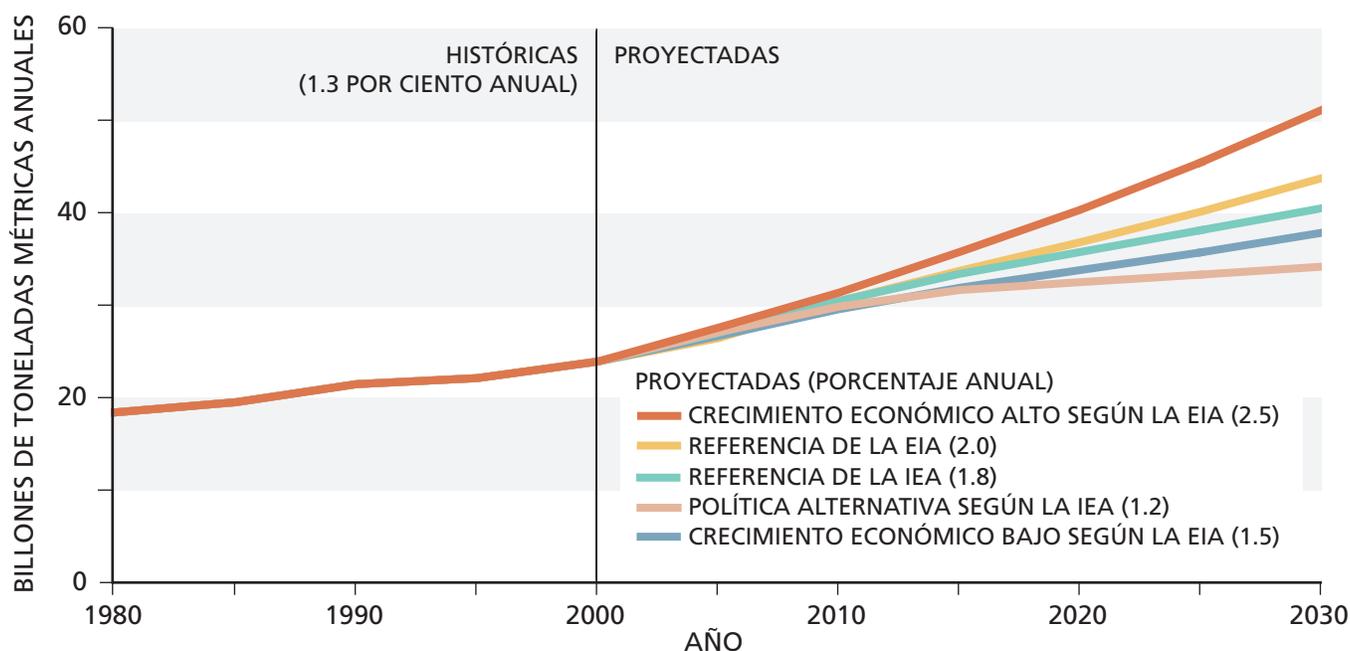
Las conclusiones del Consejo son el reflejo de muchos de los resultados incluidos en el informe de la Academia Nacional de Ciencias, titulado “Superando la tormenta que se aproxima: energizar y dar trabajo a América para un futuro económico más brillante,” que demanda un enfoque centrado en las matemáticas y la formación científica, la investigación básica a largo plazo, y la seguridad de que Estados Unidos sea el primer lugar del mundo para la investigación e innovación tecnológica.

OCUPÁNDOSE DE LAS RESTRICCIONES DE LAS EMISIONES DE CARBONO

Están surgiendo restricciones respecto de las emisiones de CO₂, lo que conlleva profundas implicancias para la oferta y demanda de energía. En general se prevé un incremento mundial de las emisiones de CO₂ generadas por el uso de energía, como se observa en la Figura ES-7. La creciente preocupación respecto del cambio climático puede conducir a nuevas limitaciones sobre estas emisiones. Una grave realidad es que las políticas destinadas a frenar las emisiones de carbono alterarán el *mix* energético, aumentarán los costos relacionados con la energía y requerirán una reducción del crecimiento de la demanda.

La reducción significativa de las emisiones de CO₂ exigirá cambios grandes en la producción, infraestructura y uso de la energía: reducción de la demanda, reemplazo por combustibles con bajo contenido de carbono o neutros en carbono, y captación y secuestro de las emisiones provenientes de la quema de carbón, petróleo y gas natural. La implementación de cambios efectivos, en una escala suficiente, demandará tiempo, dinero y tecnología. La incorporación de nueva tecnología vehicular comercializable a la flota de vehículos que circula hoy en día puede llevar más de dos décadas. El mejoramiento de la eficiencia de los edificios es lento porque los edificios pueden durar muchas décadas y las medidas tendientes a lograr la eficiencia de los procesos de reconversión, tales como mayor aislamiento y mejores ventanas, pueden ser difíciles y costosas. Las centrales eléctricas y las instalaciones industriales a menudo duran cincuenta años o más, lo que limita el índice de rotación del capital en estos sectores.

Para lograr un aumento significativo de la eficiencia, el reemplazo de los combustibles utilizados y la captación de las emisiones de CO₂ para su almacenamiento se requerirá la implantación de cambios radicales en los vehículos, edificios, plantas industriales, instalaciones de generación eléctrica, e infraestructura, que demandarán varias décadas.



Fuentes: EIA: Administración de Información Energética de Estados Unidos. *Panorama Energético Internacional 2006*.
IEA: Agencia Internacional de Energía. *Panorama Energético Mundial 2006*.

Figura ES-7. Emisiones mundiales de dióxido de carbono – Proyecciones de crecimiento.

■ Información clave: Escala y línea de tiempo de los sistemas energéticos

La escala del sistema energético mundial y el tiempo necesario para efectuar cambios significativos, tanto en el lado de la demanda como de la oferta, a menudo se subestiman. Algunos ejemplos son los siguientes:

- En la actualidad el mundo utiliza aproximadamente 86 millones de barriles diarios de petróleo; 40,000 galones por segundo.
- Los nuevos descubrimientos grandes de petróleo pueden llevar entre 15 y 20 años, desde la exploración hasta el comienzo real de la producción, y la producción puede continuar durante 50 años o más.
- Una gran plataforma petrolera nueva puede costar varios miles de millones y completarla puede llevar diez o más años. La plataforma Hibernia, frente a la costa este de Canadá, costó 5,000 millones de dólares estadounidenses, tomó 19 años desde el descubrimiento hasta la producción, y produce tan sólo el 0.2 por ciento de la demanda de petróleo mundial.¹² La plataforma Thunder Horse, ubicada en el sector norteamericano del Golfo de México, ha costado 4,000 millones de dólares estadounidenses y hoy, transcurridos ocho años del descubrimiento, todavía no opera, y posee una capacidad del 0.3 por ciento de la demanda de petróleo mundial.¹³
- Una refinería nueva de tamaño medio en Estados Unidos (con capacidad de destilación de 120,000 barriles diarios de petróleo crudo) costaría 3,000 millones de dólares estadounidenses o una cifra superior¹⁴ y aumentaría la capacidad de refinación de Estados Unidos en menos del uno por ciento.
- Estados Unidos posee aproximadamente 200,000 millas de oleoductos¹⁵ y unas 280,000 millas de gasoductos¹⁶ que fueron construidos a lo largo del siglo pasado.
- Puede llevar más de dos décadas para aplicar extensamente una tecnología de reciente comercialización a la flota vehicular que circula en la actualidad; siendo ejemplos de esto la inyección de combustible y la tracción delantera.
- Habitualmente los edificios duran décadas. Muchos de los atributos que afectan el consumo de energía son costosos y difíciles de reconvertir después de su instalación inicial, por ejemplo, el grosor de las paredes, el sistema de aislamiento, la rigidez estructural, y las ventanas.
- La comercialización de una nueva tecnología en el mercado del petróleo y el gas implica un promedio de 16 años para avanzar desde el concepto hasta su adopción comercial generalizada.

ESTRATEGIAS PARA LA POLÍTICA ENERGÉTICA ESTADOUNIDENSE

No existe una solución única y sencilla que pueda resolver los desafíos energéticos mundiales. El mundo necesitará todas las fuentes de energía económicas y ambientalmente responsables que se puedan encontrar para apoyar y sustentar la prosperidad en las próximas décadas. Para asegurarse de ello, se deben emprender acciones en múltiples frentes ahora mismo, y sostenerlas en el largo plazo. Los participantes del estudio del NPC desarrollaron recomendaciones para alcanzar las cinco metas estratégicas siguientes:

- Moderar la demanda mediante el incremento de la eficiencia energética
 - Expandir y diversificar el suministro de energía en Estados Unidos
 - Fortalecer la seguridad energética global y estadounidense
 - Reforzar las capacidades para enfrentar nuevos desafíos
 - Abordar las restricciones de las emisiones de carbono.
- Si bien este informe se ha centrado en la identificación de conclusiones centrales y recomendaciones relevantes y eficaces, es prudente tener en cuenta las lecciones del pasado. No debe subestimarse la perspectiva de consecuencias no intencionales o los impactos adversos de una pobre elección de medidas políticas.¹⁷ Las políticas destinadas a sancionar ciertos segmentos de la industria pueden tener un atractivo político, pero a menudo debilitan las metas en materia de seguridad y los objetivos nacionales más amplios.

Moderar la demanda mediante el incremento de la eficiencia energética

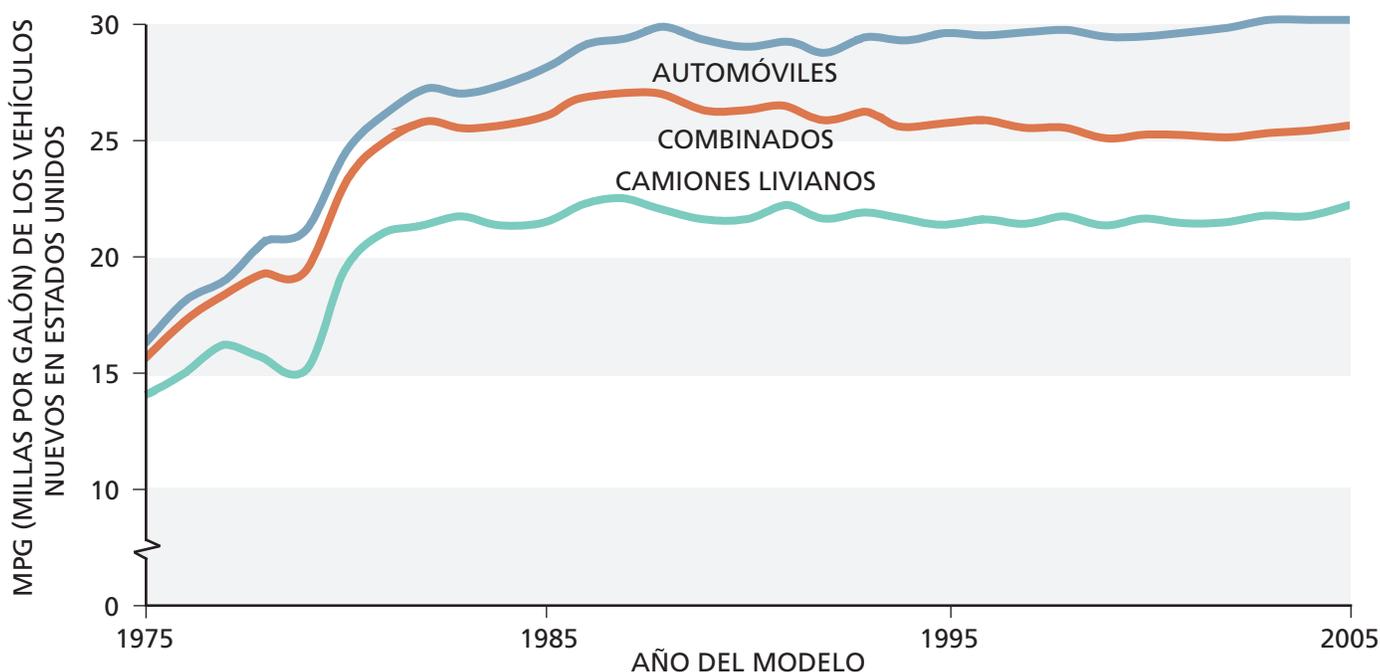
Mejorar la economía de combustible de los vehículos

Casi la mitad de los 21 millones de barriles de productos petroleros que consume Estados Unidos cada día corresponde a gasolina utilizada para automóviles y camiones livianos. El caso de referencia publicado en el *Panorama Energético Anual 2007* de la Administración de Información Energética (EIA) de Estados Unidos proyecta que el consumo de gasolina aumentará en un promedio del 1.3 por ciento anual, alcanzando un aumento total de 3 millones de barriles diarios entre 2005 y 2030.

Los estándares de Promedio Corporativo de Economía de Combustibles (CAFE) han sido la política principal empleada para promover una mayor economía de combustibles en los automóviles y camiones livianos de Estados Unidos durante los últimos 30 años. Los estándares originales crearon un requerimiento de economía para los automóviles y otro, menos estricto,

para los camiones livianos, con el fin de evitar que se sancionara a los usuarios de camiones de trabajo. En ese momento, las ventas de camiones livianos representaban aproximadamente la cuarta parte de las ventas de automóviles. Desde entonces, los vehículos todo terreno (SUV) y las *minivans*, clasificados como camiones livianos, han acrecentado su participación en el mercado. Ahora, estas ventas de camiones livianos superan a las ventas de automóviles, y como el aumento se ha dado en el estándar más bajo de economía de combustible para camiones, se ha limitado el mejoramiento general de la economía de combustibles.

Los automóviles y camiones que se venden en la actualidad son técnicamente más eficientes que los que se vendían hace 20 años. No obstante, las mejoras en materia de economía de combustible que podrían haberse logrado en base a esta tecnología durante las dos últimas décadas se han utilizado para incrementar el peso y la potencia del vehículo y para agregar accesorios especiales. En consecuencia, los niveles de economía de combustible en automóviles y camiones se han mantenido prácticamente planos durante dos décadas, como se observa en la Figura ES-8.



Fuente: Agencia de Protección Ambiental de EUA. *Tecnología automotriz de servicio liviano y tendencias en la economía de combustibles: 1975 a 2006.*

Figura ES-8. Economía de combustible en automóviles y camiones livianos estadounidenses.

Según un análisis detallado del potencial tecnológico, es posible duplicar la economía de combustibles en los automóviles y camiones livianos nuevos para el año 2030, a través del empleo de las tecnologías existentes y anticipadas, suponiendo que el rendimiento y otros atributos de los vehículos se mantengan como en la actualidad.¹⁸ Este mejoramiento económico implicaría un aumento en el costo de los vehículos. El incremento anual del 4 por ciento en los estándares CAFE a partir de 2010, que sugirió el Presidente George W. Bush en su discurso anual sobre el estado de la nación, no es incompatible con una posible duplicación de la economía de combustible para los nuevos vehículos de servicio liviano en el año 2030. Dependiendo de la rapidez con la que se incorporen nuevas mejoras en la flota de vehículos de servicio liviano en circulación, la demanda de petróleo de Estados Unidos se reduciría aproximadamente en unos 3 a 5 millones de barriles diarios en el 2030.¹⁹ Sería posible lograr otras mejoras en la economía de combustible a través de la reducción del peso de los vehículos, su potencia y accesorios especiales, o mediante el desarrollo de tecnologías avanzadas, más costosas.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para incrementar la economía de combustible en los vehículos:

- Mejorar los estándares de la economía de combustible para automóviles y camiones livianos, con la máxima rapidez posible, mediante la aplicación de la tecnología económica disponible.
 - Actualizar los estándares a intervalos regulares.
 - Evitar que se sigan disminuyendo los estándares de la economía de combustible debido al aumento de las ventas de camiones livianos o, alternativamente, ajustar los estándares para camiones livianos de modo que reflejen los cambios que se han producido en las participaciones relativas de mercado de los camiones livianos y los automóviles.

Efecto potencial: 3 a 5 millones de barriles de petróleo diarios en Estados Unidos a partir del incremento de la base en el año 2030.

Reducir el consumo de energía en los sectores residencial y comercial

El 40 por ciento del consumo energético de Estados Unidos corresponde a los sectores residencial y comercial, incluyendo la pérdida de energía que se produce en la generación y distribución de la electricidad empleada. La EIA proyecta que el uso de energía residencial y comercial aumentará casi un tercio para el año 2030.

Se han logrado mejoras importantes en la eficiencia de los edificios en las últimas décadas. Las áreas en que se han dado estas mejoras comprenden la estructura de los edificios en sí, los sistemas de calefacción, refrigeración e iluminación, y los artefactos. No obstante, estas mejoras han sido contrarrestadas en parte por el mayor tamaño de los edificios y el empleo de múltiples artefactos más grandes. En Estados Unidos, las tecnologías para mejorar la eficiencia energética de los edificios, eficaces en materia de costos, han excedido a las actuales políticas federales, estatales y locales del país. Si se la aplicara, la tecnología actualmente disponible en materia de eficiencia reduciría el uso de la energía otro 15 a 20 por ciento.²⁰

Habitualmente, los edificios perduran por décadas. Muchas de las características de los edificios que afectan su consumo de energía, tales como el grosor de las paredes, el sistema de aislamiento, la rigidez estructural y las ventanas, permanecerán prácticamente inalteradas durante toda la vida útil del edificio. Las tecnologías y prácticas que inciden en estos sistemas de larga vida tardarán mucho en penetrar la edificación existente y afectar su eficiencia general, lo que resaltará la importancia de anticipar la implementación de políticas para lograr un ahorro significativo en el largo plazo.

Los mayores obstáculos para las inversiones en materia de eficiencia energética comprenden los costos iniciales, las señales insuficientes de los precios de la energía, los incentivos divididos (donde el consumidor es distinto del proveedor del servicio) y la limitada información con que cuenta el consumidor final. Para reducir el consumo de energía significativamente por debajo de la línea base proyectada, será necesario introducir mejoras en la eficiencia energética impulsadas por políticas apropiadas.

Códigos energéticos para la construcción

Se ha demostrado que los códigos energéticos para la construcción constituyen una herramienta de princi-

pios importante para alentar el mejoramiento de la eficiencia energética en los edificios nuevos. Los códigos de construcción son administrados por los 50 Estados y por miles de autoridades locales. Para ayudar a los gobiernos estatales y locales, se desarrollan y actualizan periódicamente códigos energéticos que constituyen modelos nacionales. De acuerdo con las leyes federales, los Estados no están obligados a imponer códigos energéticos a la construcción, aunque al menos 41 Estados han adoptado alguna forma de código energético para la construcción.

La adopción de un código de construcción no garantiza ahorros de energía. También son esenciales la aplicación y el cumplimiento del código. Algunas jurisdicciones han informado que un tercio o un porcentaje mayor de los edificios nuevos no cumplen con los requisitos críticos del código energético para ventanas y equipos de aire acondicionado, que son dos de las características de ahorro de energía más fáciles de verificar.²¹

Los códigos energéticos para la construcción, por lo general, apuntan sólo a los edificios nuevos y a las remodelaciones de gran envergadura. Se necesitan otras políticas para promover ahorros adicionales significativos en los edificios existentes.

Normas para artefactos y equipos

Las normas para artefactos y otros equipos constituyen importantes medidas normativas que reducen el uso de energía en los edificios existentes. Estos productos pueden no consumir demasiada energía individualmente, pero en forma colectiva representan una fracción significativa de la utilización de energía del país.²²

Las normas de eficiencia energética actualmente no se aplican a muchos productos que son cada vez más comunes, incluyendo los que están basados en tecnologías digitales expandidas. La lista de productos cubiertos debe ser evaluada y ampliada constantemente para asegurar la inclusión de todos los dispositivos que son importantes consumidores de energía. Además, la industria y otros grupos de interés han negociado normas para otros productos, tales como los hornos y calderas residenciales. La implementación y aplicación de normas ampliadas y reforzadas reduciría el consumo de energía por debajo de los niveles que resultarán de los requisitos actuales del Departamento de Energía.²³

Los incrementos de la eficiencia residencial y comercial son absorbidos en parte por el empleo creciente de

los servicios y productos que se vuelven más eficientes. Por ejemplo, el tamaño de las casas en Estados Unidos ha aumentado sin pausa a lo largo de los años, contrarrestando gran parte de las mejoras, que se habrían logrado en materia de eficiencia energética, de no haberse agrandado las viviendas. De un modo similar, los refrigeradores domésticos han aumentado en número y tamaño, consumiendo gran parte de la reducción del uso de energía por refrigerador logrado por las normas de eficiencia. Los programas de eficiencia energética deberían considerar algunos pasos para evitar el aumento de la demanda de servicios energéticos.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para mejorar la eficiencia en los sectores residencial y comercial:

- Alentar a los Estados a implementar y aplicar códigos de eficiencia energética más agresivos para la construcción, que se actualicen periódicamente.
- Establecer normas para artefactos que sean productos nuevos.
- Actualizar las normas federales para artefactos periódicamente.

Efecto potencial: 7 a 9 cuatrillones de Btu anuales para el 2030 en Estados Unidos, incluyendo 2 a 3 cuatrillones de Btu anuales de gas natural (5,000 a 8,000 millones de pies cúbicos diarios), 4 a 5 cuatrillones de Btu anuales de carbón, y ~1 cuatrillón de Btu anual (0.5 millones de barriles diarios) de petróleo.

Aumentar la eficiencia del sector industrial

El sector industrial consume alrededor de un tercio de la energía de Estados Unidos y contribuye en una gran proporción al crecimiento proyectado del uso del petróleo y el gas natural tanto globalmente como en Estados Unidos. A nivel mundial, para el año 2030 se espera la duplicación de la demanda industrial de gas natural. En el mundo, se prevé que la demanda de petróleo del sector industrial aumentará 5 millones de barriles diarios, o un 15 por ciento del crecimiento total de la demanda de petróleo hasta el año 2030.

El sector industrial es un consumidor de energía que responde a los precios. Las industrias y los fabricantes

estadounidenses, que hacen uso intensivo de la energía, recurren a suministros de energía competitivos a nivel internacional para seguir siendo competitivos en el mundo globalizado. En los últimos años, en Estados Unidos los precios del gas natural han aumentado más rápidamente que en el resto del mundo. Como resultado, los fabricantes que hacen uso intensivo de la energía y que utilizan gas natural como combustible o materia prima, han respondido mediante el incremento de la eficiencia de sus operaciones y/o el traslado de un mayor número de sus operaciones a regiones fuera de Estados Unidos donde el costo de la energía es menor.

En el sector industrial, existen oportunidades para aumentar la eficiencia energética en aproximadamente un 15 por ciento.²⁴ Las áreas donde se puede ahorrar energía incluyen la recuperación del calor sobrante, los procesos de separación, y la combinación de calor y energía.²⁵ Si bien el 40 por ciento de esa oportunidad podría implementarse hoy mismo, se requiere mayor investigación, desarrollo, demostración y despliegue antes de que se pueda lograr el ahorro restante. Ofrecer programas que alienten el despliegue de tecnologías y prácticas de eficiencia energética acelerará su implementación. Dar carácter permanente a la investigación federal y los créditos impositivos por desarrollo es una forma de alentar la inversión privada en estas áreas. Sin embargo, la falta de trabajadores con capacitación técnica puede impedir la implementación de proyectos sobre eficiencia, a la vez que la incertidumbre por la volatilidad de los precios puede dificultar la justificación de esos proyectos.

La generación de electricidad utiliza una importantísima cantidad de energía. En Estados Unidos, aproximadamente el 30 por ciento de la energía primaria es utilizada por el sector generador de energía eléctrica. En las plantas existentes sólo parece económicamente factible una modesta mejora de la eficiencia en la generación (2 a 6 por ciento), dada la incorporación de mejoras en la eficiencia durante el mantenimiento de rutina. El principal potencial de mejoramiento de la eficiencia surge cuando las plantas generadoras existentes son reemplazadas por instalaciones que emplean tecnología y diseños actualizados. El cierre de las instalaciones existentes y la selección de la tecnología y el diseño de reemplazo son impulsados por la economía, afectada por el costo del combustible, la confiabilidad de la planta y consideraciones relacionadas con el suministro de electricidad.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para mejorar la eficiencia en el sector industrial:

- El Departamento de Energía debería realizar y promover tareas de investigación, desarrollo, demostración y despliegue de tecnologías y mejores prácticas para la eficiencia energética industrial.
- La investigación y el crédito impositivo por desarrollo deberían tener carácter permanente para estimular las inversiones privadas en investigación y desarrollo.

Efecto potencial: 4 a 7 cuatrillones de Btu anuales para el 2030 en Estados Unidos, aproximadamente partes iguales de carbón, gas y petróleo.

Expandir y diversificar el suministro de energía en EUA

El petróleo, el gas natural, y el carbón—es decir, los combustibles fósiles utilizados para transporte, calefacción, generación de energía y aplicaciones industriales—son, sin duda, las principales fuentes de energía para las economías industriales. Si bien es probable que las fuentes alternativas, en especial el combustible proveniente de la biomasa y de otros recursos renovables, constituyan un aporte creciente para el suministro total de energía, se prevé que estos tres combustibles fósiles serán dominantes por lo menos hasta el año 2030.

Las perspectivas con respecto a la producción de petróleo y gas natural plantean interrogantes complejos. Es una dura realidad que sea poco probable que el suministro global de petróleo y gas natural provenientes de fuentes convencionales utilizadas históricamente satisfaga el crecimiento de la demanda, del 50 a 60 por ciento previsto para los próximos 25 años. El reemplazo de la producción actual y el aumento de los suministros de petróleo y gas natural convencionales implican una acumulación de riesgos y entrañan cada vez más incertidumbres con respecto a una serie de cuestiones que abarcan desde las capacidades de producción hasta las restricciones ambientales, las necesidades de infraestructura y las complicaciones geopolíticas.

Si bien los riesgos siempre han caracterizado la actividad energética, hoy en día se acumulan y convergen en formas nuevas. Los cambios geopolíticos coinciden con desafíos técnicos cada vez más grandes y complejos. Las preocupaciones ambientales que limitan el acceso a ciertos recursos de EUA pueden competir con ciertos temas de seguridad que promoverían un mayor acceso. Los temas relacionados con el carbono constituyen un desafío para el empleo del carbón, mientras que las consideraciones relacionadas con la seguridad energética pueden alentar su utilización. Las restricciones vigentes con respecto al carbono exigirían enormes inversiones de capital para mantener la producción de energía. Estas incertidumbres, junto con los riesgos que generan, describen el trasfondo para entender las perspectivas del suministro de energía en las próximas décadas.

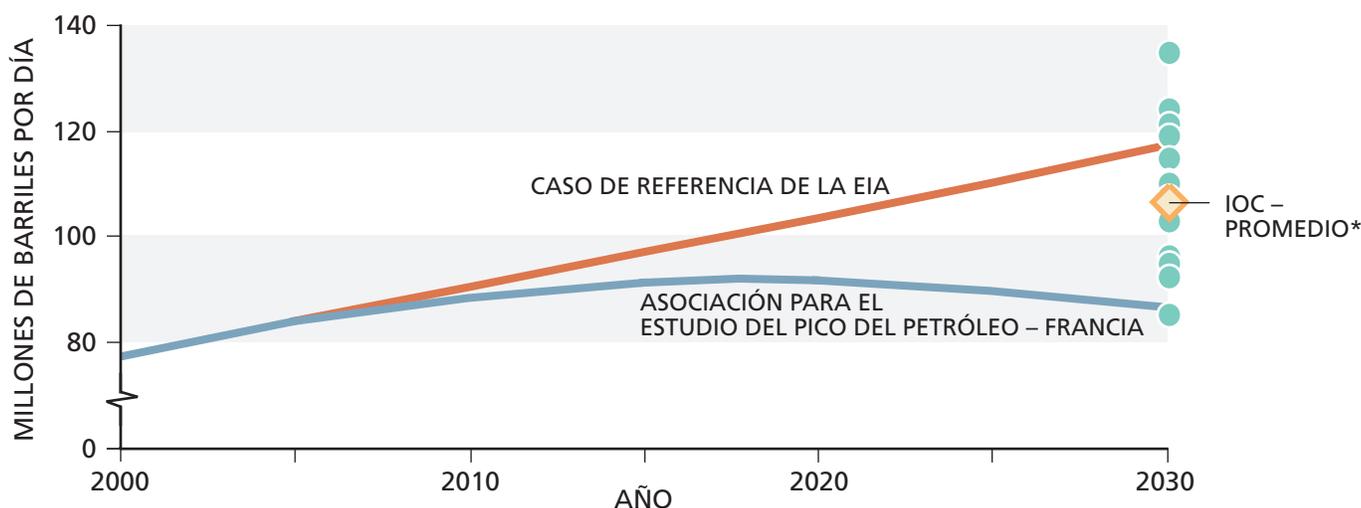
Patrimonio y recursos recuperables son conceptos fundamentales para cualquier debate referido a los suministros de combustibles fósiles. “Patrimonio” se refiere al almacenamiento físico de las fuentes potenciales de energía en la Tierra: barriles de petróleo, pies cúbicos de gas natural, y toneladas de carbón. El patrimonio de combustibles fósiles es fijo: se puede agotar pero no es posible reestablecerlo. Los “recursos recuperables” constituyen un subconjunto del patrimonio; la porción que puede producirse y convertirse en combustible y energía.

Las estimaciones totales del patrimonio fósil global parecen enormes, pero desde el punto de vista técnico sólo se puede producir una fracción de estos volúmenes estimados. Se calcula que el patrimonio total de petróleo es de 13 a 15 trillones de barriles; el de gas natural, 50 cuatrillones de pies cúbicos; y el de carbón, 14 trillones de toneladas.

Los recursos renovables, tales como la biomasa, la energía eólica y solar, representan dotaciones energéticas adicionales que se reponen en forma continua, a diferencia de los combustibles fósiles.

Comprender los diversos pronósticos de producción

Este estudio examinó una gama global de pronósticos de producción de petróleo, incluyendo estudios integrados de oferta/demanda realizados por la EIA y la IEA; las proyecciones de conocimiento público, provenientes de una diversidad de fuentes diferentes; y un conjunto exclusivo de pronósticos privados globales, propiedad de compañías petroleras internacionales (IOC) y de grupos consultores en temas energéticos. La diversidad de esta gama de proyecciones se presenta en la Figura ES-9, que destaca la referencia de la EIA, la Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo (ASPO) – Francia, y el promedio de los pronósticos de



* Promedio de los pronósticos privados globales, presentados por compañías petroleras internacionales (IOC), en respuesta al estudio del NPC. Véase el Capítulo dos (El suministro de energía). Análisis de los Panoramas Energéticos. Producción Total Global de Líquidos, para la identificación de otros valores globales y panoramas presentados en este estudio.

Fuente: EIA, *Panorama Energético Internacional 2006*, y el Estudio de Panoramas del NPC.

Figura ES-9. Comprensión de los diversos pronósticos globales de producción de petróleo.

las IOC para el año 2030. La distribución de los pronósticos de producción, que abarcan un rango que oscila entre menos de 80 millones y más de 120 millones de barriles por día, destaca el efecto de la asignación de diferentes niveles de riesgo e incertidumbre a factores relacionados con los recursos y a factores sobre la superficie terrestre. Esta distribución de resultados, junto con una evaluación de las determinaciones de la base total de recursos, indica que la consideración clave para los suministros de energía no es el patrimonio sino la “productibilidad.” En los próximos 25 años, es más probable que los riesgos que se presentan—geopolíticos, técnicos y de infraestructura—y no las limitaciones con respecto al patrimonio existente por debajo de ésta, afecten los regímenes de producción de petróleo y de gas natural. Esta gama de resultados destaca la necesidad de implementar estrategias pro-activas para manejar la acumulación de riesgos asociados con la distribución de combustibles líquidos en el año 2030.

Las explicaciones que se ofrecen para justificar la variación que presentan las proyecciones para la producción convencional tanto de petróleo como de gas

natural son materia de amplio análisis, como parte del debate acerca del “pico del petróleo.” En consecuencia, este estudio prevé la necesidad de una nueva evaluación del patrimonio y de los recursos de petróleo y gas natural globales a fin de proveer datos más actuales para dar continuidad al debate.

Reducir las declinaciones de la producción convencional de petróleo y gas natural en Estados Unidos

Estados Unidos fue una vez el mayor productor de petróleo del mundo, pero ahora ocupa el tercer puesto en producción diaria, después de Arabia Saudita y Rusia. La producción de petróleo estadounidense ha declinado en forma sostenida a lo largo de los últimos 35 años, como se indica en la Figura ES-10. La producción de gas natural en EUA ha sido más estable, como se muestra en la Figura ES-11; pero la demanda tanto de petróleo como de gas natural ha experimentado un crecimiento continuo, creando una brecha que se cubre con importaciones. Muchos pronósticos prevén que la brecha existente entre la oferta y la demanda

Información clave: El debate sobre el pico del petróleo

Las preocupaciones con respecto a la confiabilidad de los pronósticos de producción y a las estimaciones de recursos recuperables de petróleo plantean cuestionamientos con respecto al suministro y capacidad de producción de petróleo en el futuro. Estas preocupaciones se expresan claramente en aquellos pronósticos del pico del petróleo en los que (1) la producción de petróleo no aumenta considerablemente más allá de los niveles actuales y (2) se evidencia cada vez más una declinación inevitable de la producción de petróleo. Las opiniones con respecto al suministro de petróleo tienden a diferir después del año 2015, y los pronósticos referidos al pico del petróleo proporcionan el límite inferior. En general, estos pronósticos consideran el suministro de petróleo independientemente de la demanda y señalan una contracción de la oferta. Esas opiniones se presentan en contraste con los pronósticos y modelos económicos que prevén que las fuerzas del mercado proporcionarán incentivos para el desarrollo de hidrocarburos globales y de otros recursos para satisfacer las necesidades energéticas por lo menos hasta el año 2030.

Los pronósticos que prevén un pico inminente en la producción de petróleo utilizan diversos indicadores para fundamentar su posición, incluyendo picos de producción históricos para cada país en particular; extrapolaciones del ciclo de producción desde los pozos individuales hasta los campos, cuencas y el mundo en su totalidad; y el predominio histórico de los yacimientos grandes para suministrar el petróleo a todo el mundo. Estos indicadores históricos, referidos a la producción de petróleo convencional, se contradicen con las expectativas de nuevos descubrimientos, las técnicas de recuperación mejorada, la introducción de tecnología para producir petróleo a partir de fuentes no convencionales, y las re-evaluaciones y revisiones de los recursos conocidos. La base de producción será afectada además por el clima económico e inversionista y por el acceso a los recursos.

Para obtener un análisis más detallado de los pronósticos del pico del petróleo y temas relacionados, consulte el Capítulo dos de este informe “El suministro de energía.”

doméstica de petróleo y gas natural se ampliará en el curso de los próximos 25 años y en adelante. A lo largo de la historia, los adelantos tecnológicos han incrementado la recuperación de los pozos y yacimientos existentes. Una tecnología como la de la recuperación mejorada de petróleo (EOR) posee el potencial para mejorar los factores de recuperación y reducir la declinación de la producción.²⁶

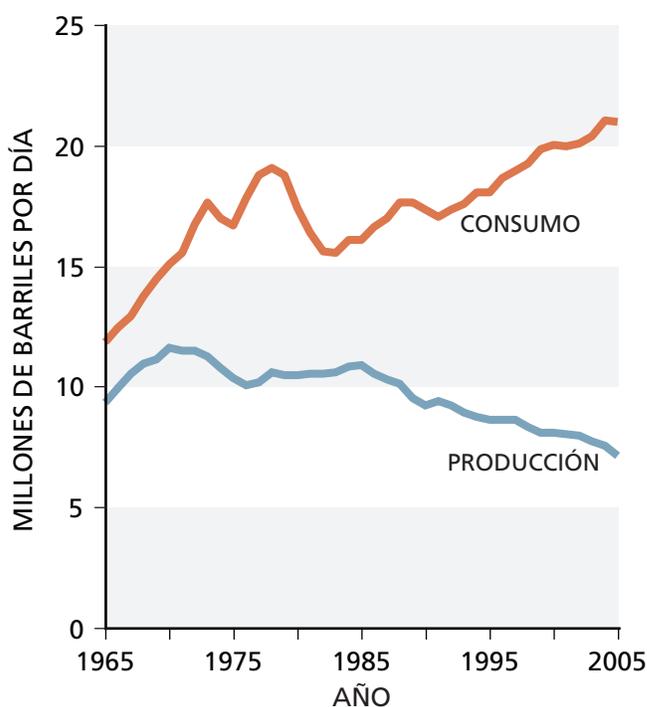
En el año 2005, más del 17 por ciento del petróleo y el 9 por ciento del gas natural producidos en las áreas terrestres de Estados Unidos, provenía de pozos de petróleo marginales. El país cuenta con más de 400,000 pozos de petróleo marginales,²⁷ cada uno de los cuales produce en promedio 2.2 barriles por día. Si no fuera por estos pozos, las importaciones estadounidenses aumentarían alrededor del 7 por ciento para compensar la escasez. El incremento de los costos operacionales y normativos, junto con la reducción del acceso a mercados a través de oleoductos, constituyen factores clave que pueden contribuir al abandono prematuro de los pozos marginales. Cuando los pozos y los campos son abandonados en forma prematura, tal vez jamás se puedan recuperar los recursos de petróleo y gas asociados, debido a temas económicos, el vencimiento de los contratos de arrendamiento y otras causas similares. El acceso a los campos existentes proporciona la oportunidad de desplegar tecnologías nuevas para mejorar la recuperación final del petróleo y el gas natural provenientes de estos campos.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para facilitar la recuperación mejorada de petróleo (EOR) desde los yacimientos existentes:

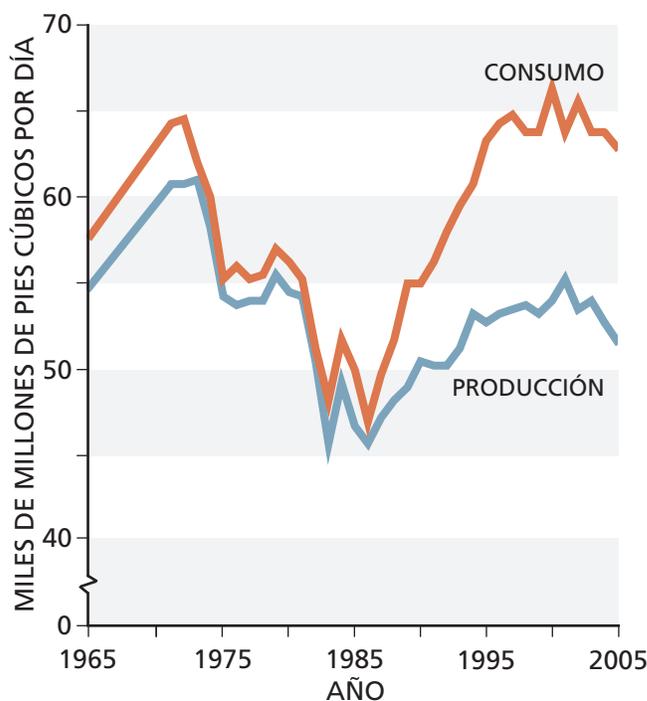
- Respalda la simplificación de regulaciones y los programas de investigación y desarrollo orientados a los pozos marginales.
- Agilizar el otorgamiento de permisos pertinentes a proyectos de EOR, oleoductos e infraestructura asociada.

Efecto potencial: Entre 90,000 y 200,000 millones de barriles adicionales de petróleo recuperable en Estados Unidos solamente, que podrían ayudar a moderar la declinación actual de la producción.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2006.

Figura ES-10. Producción y consumo de petróleo en EUA.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2006.

Figura ES-11. Producción y consumo de gas natural en EUA.

Expandir el acceso al nuevo desarrollo energético

Por diversos motivos, el acceso a ciertos recursos energéticos locales se ha vuelto restringido. En Estados Unidos, un volumen estimado de 40,000 millones de barriles de petróleo técnicamente recuperables se encuentra totalmente fuera de los límites o bien está sujeto a importantes restricciones en términos de arrendamiento. Estos recursos se dividen en partes iguales, entre localizaciones terrestres y localizaciones marinas, como se indica en la Figura ES-12. Restricciones similares rigen para los más de 250 trillones de pies cúbicos de gas natural. En Canadá se restringen otros 11,000 millones de barriles de petróleo estimados y 51 trillones de pies cúbicos de gas natural. Es probable que los adelantos tecnológicos y prácticas operacionales permitan aliviar las preocupaciones ambientales que en un primer momento contribuyeron a que se aplicaran estas restricciones con respecto al acceso.

Existe un gran potencial de petróleo y gas natural proveniente de recursos “no convencionales,” que podrían constituir importantes aportes para la produc-

ción de petróleo y gas natural de EUA en los próximos 25 años. El gas natural no convencional está presente en formaciones “compactas” o físicamente restringidas, en capas de carbón, y en formaciones arcillosas. Éste constituye un segmento importante y creciente de la producción de gas natural en EUA que, según se estima, representa entre el 20 y el 25 por ciento de la producción actual de gas natural estadounidense. Habitualmente, los pozos no convencionales de gas natural se mantienen productivos por más tiempo que los pozos convencionales y pueden contribuir a sustentar el suministro por más tiempo. De un modo similar, existen grandes depósitos de petróleo crudo en formaciones no convencionales en las que la producción está aumentando actualmente como resultado de las innovaciones tecnológicas.

En la región de las Montañas Rocosas de Estados Unidos existen vastos depósitos de hidrocarburos en los esquistos de petróleo. Hasta hace poco tiempo, no se disponía de tecnología para producir estos depósitos de esquistos de petróleo a un costo competitivo y con un impacto aceptable desde el punto de vista del medioambiente. Cada vez son más los programas de investigación, desarrollo y demostración que se implementan con el fin de introducir las tecnologías requeridas para expandir la producción de recursos de manera económica y ambientalmente sustentable. No obstante, el logro del éxito en materia de producción en escala aún puede demorar varias décadas.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para expandir el acceso a las cuencas de petróleo y gas natural más favorables de EUA:

- Ejecutar evaluaciones nacionales y regionales de recursos y mercados, orientadas por cuencas, con el fin de identificar oportunidades para aumentar el suministro de petróleo y gas natural.
- Utilizar los adelantos tecnológicos y operacionales para permitir el desarrollo ambientalmente responsable de áreas terrestres y marinas de alto potencial, actualmente restringidas por moratorias o limitaciones de acceso.

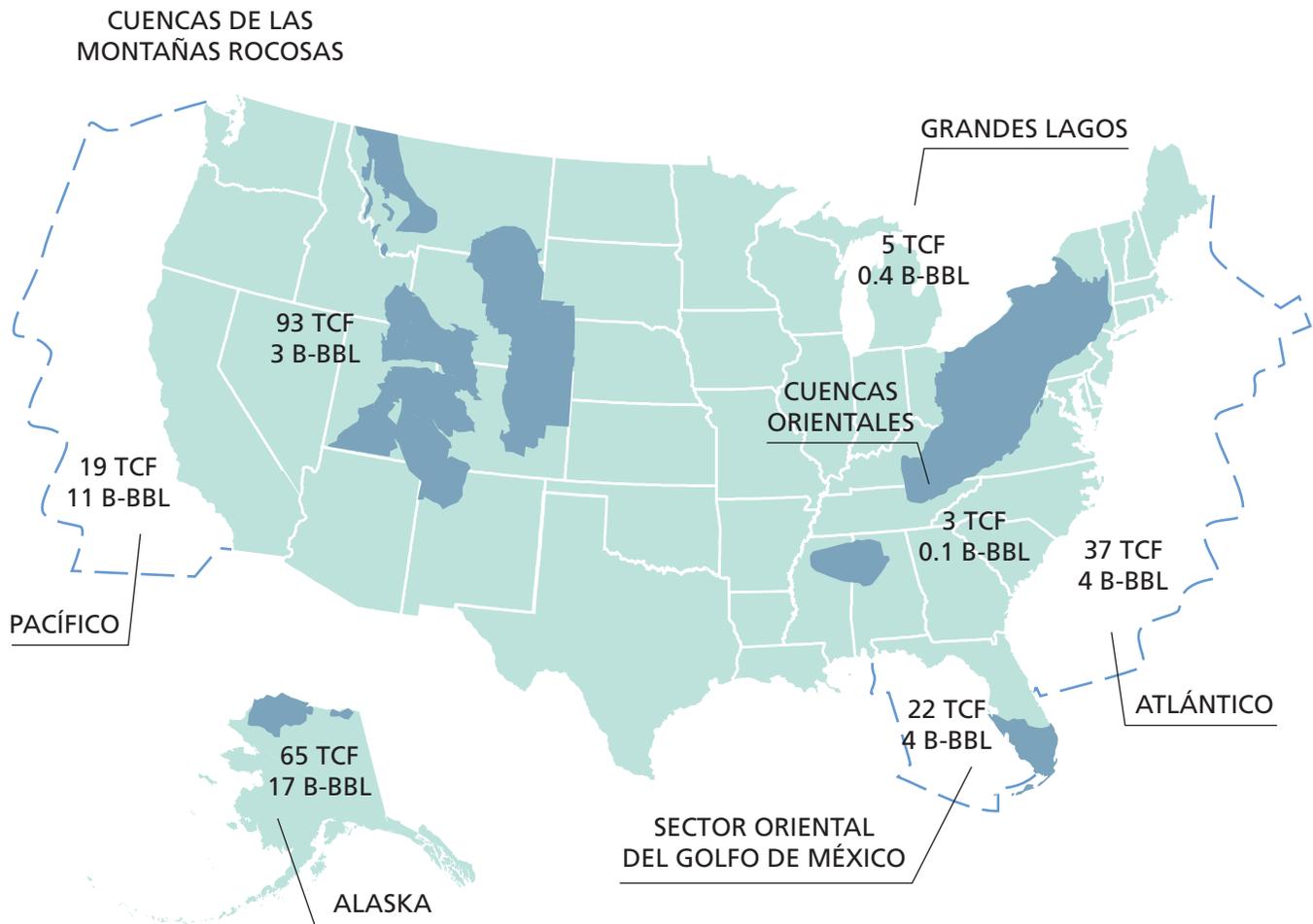
Efecto potencial: Con la tecnología actual, dentro de los próximos 5 a 10 años, podrían lograrse aumentos sustanciales del orden de los 40,000 millones de barriles de petróleo y 250 trillones de pies cúbicos de gas natural con respecto a las reservas actuales, a partir de áreas que en estos momentos son inaccesibles.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para incrementar la producción de petróleo y gas natural no convencionales:

- Acelerar las actividades de investigación y desarrollo y los contratos de arrendamiento en esquistos de petróleo y arenas alquitranadas de EUA.
- Acelerar los contratos de arrendamiento y el desarrollo del gas natural no convencional en EUA.

Efecto potencial: Duplicación de la producción de gas natural no convencional en EUA para alcanzar más de 10,000 millones de pies cúbicos por día, lo que producirá un aumento de alrededor del 10 por ciento de la producción total de gas natural.



Nota: TCF = trillón de pies cúbicos; B-BBL = mil millones de barriles.
Fuente: Departamento del Interior de EUA.

Figura ES-12. Recursos de petróleo y gas natural estadounidenses afectados por las restricciones de acceso.

La implementación de estas estrategias puede retardar la declinación inevitable de la producción de petróleo y gas natural de EUA, pero es improbable que la revierta. La brecha existente entre la producción y la demanda estadounidenses se seguirá ampliando, en particular para el petróleo. Los extensos plazos de ejecución de los proyectos y los mayores requerimientos de capital que se exigen para desarrollar energía económica desde sitios nuevos o remotos, y a partir de recursos de petróleo y gas natural no convencionales, contribuyen en su totalidad a plantear el desafío de moderar la declinación de la producción estadounidense.

Diversificar la producción de energía en el largo plazo

Acelerar el desarrollo de energía a partir de la biomasa

A medida que aumente la demanda total de energía en EUA, habrá una necesidad cada vez mayor de complementar los suministros de energía con fuentes domésticas de energía diversificada, que sean económicas y ambientalmente viables y que puedan desarrollarse en escala comercial. El carbón y la energía nuclear ya desempeñan un rol importante, y la biomasa

sa emerge como opción, sobre todo para la conversión en combustibles destinados al transporte. Se prevé que la energía eólica y la energía solar crecerán más rápido que la demanda global de energía, aunque su contribución total proyectada seguirá siendo pequeña a lo largo del período que abarca este estudio. Consideradas en conjunto, todas estas fuentes de energía pueden contribuir a reducir los riesgos planteados respecto de la seguridad del suministro de energía.

La biomasa incluye la madera, los cultivos y la vegetación natural que pueden ser convertidos potencialmente en fuentes de energía. La conversión de la biomasa de primera generación en combustibles se ha basado en cultivos tales como el maíz, la caña de azúcar, la soja y el aceite de palma. El desarrollo de tecnologías de conversión de la biomasa de segunda generación, tales como el etanol celulósico, que utilizaría árboles, cultivos energéticos y residuos vegetales como materia prima, permitiría que la vegetación no utilizada con fines alimenticios se convirtiera en un recurso importante para la producción de combustibles.

Como ocurre con las fuentes de energía de reciente desarrollo, es necesario cumplir con ciertos requisitos técnicos, logísticos y de mercado para que los biocombustibles alcancen una escala significativa. Los desafíos son los siguientes: expansión de los ferrocarriles, de los cursos de agua y el transporte por líneas de conducción; escalamiento de las plantas de producción y de los sistemas de distribución de etanol; desarrollo de una tecnología exitosa para la conversión del etanol celulósico; y maximización del potencial de la tierra arable.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para acelerar el desarrollo de las fuentes de energía de biomasa en gran escala comercial:

- Apoyar las actividades de investigación enfocadas en los cultivos para biocombustibles de segunda generación que poseen requisitos menos estrictos en materia de insumos o se adecuan a tierras más marginales.
- Promover políticas agrícolas que mejoren la producción global tanto de cultivos alimenticios como de la biomasa para combustible.

- Apoyar las políticas que promuevan el desarrollo de la infraestructura para cosechar, almacenar y transportar cultivos energéticos, y posibilitar la integración de los biocombustibles en el suministro de combustibles para el transporte nacional.

Efecto potencial: Incremento de la producción de EUA hasta en 4 millones de barriles por día de líquidos de petróleo equivalente.²⁸

Permitir la viabilidad ambiental del carbón en el largo plazo para la generación de energía, combustibles y materia prima

Dada la vasta base de recursos de carbón existente en Estados Unidos—según ciertas estimaciones, la mayor del mundo—y el importante aporte que el carbón constituye para la generación de electricidad actual, es necesario que siga siendo un componente viable, en el largo plazo, para el suministro de energía estadounidense. Muchos estudios pronostican el crecimiento de la utilización del carbón para la generación de energía, además de un crecimiento adicional para la conversión directa del carbón en líquidos con el fin de diversificar el suministro de combustibles. No obstante, la combustión del carbón es también la mayor fuente de emisiones de CO₂ a partir de la producción de energía. La incorporación de la conversión de carbón en líquidos, en escala comercial, como ocurre con la conversión de los hidrocarburos no convencionales más pesados, generaría grandes volúmenes adicionales de CO₂. Por consiguiente, es probable que el abordaje de las restricciones de carbono en escala comercial resulte un requisito esencial para conservar el carbón como parte viable del sistema de suministro de energía. Las recomendaciones para mantener la viabilidad del carbón en el largo plazo se analizan en forma específica en la sección titulada “Ocupándose de las restricciones de las emisiones de carbono,” que figura más adelante dentro de este *Resumen ejecutivo*.

Expandir la capacidad nuclear local

En general, las proyecciones realizadas en términos de energía indican un rol permanente para la energía nuclear, pese a las preocupaciones existentes con respecto a la seguridad física y personal, los residuos radioactivos y la proliferación de las armas. En un

ambiente restringido de carbono, es posible que la energía nuclear tenga que transformarse en una parte mucho más importante del *mix* energético. La energía nuclear debe permanecer viable a lo largo de los 25 años previstos en este estudio; tanto para satisfacer la proyección de la demanda como para proveer capacidad expandida, si es necesario, para reducir las emisiones de CO₂.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para expandir las capacidades técnicas e industriales locales de la industria de la energía nuclear/energía eléctrica:

- Implementar la recomendación efectuada por la Comisión Nacional de Política Energética,²⁹ en cuanto a proveer 2,000 millones de dólares estadounidenses, a lo largo de diez años, tomados de los presupuestos federales para investigación, desarrollo, demostración y despliegue centrado en la energía, para la demostración de una o dos nuevas plantas nucleares de tecnología moderna.
- Cumplir con los compromisos federales existentes para el manejo de residuos nucleares.

Efecto potencial: Reestablecimiento de la capacidad de liderazgo de EUA. El mantenimiento de una opción de energía nuclear viable aumentará las elecciones de medidas que se presenten en las circunstancias futuras de restricción del carbono.

Fortalecer la seguridad energética global y estadounidense

Además de expandir la producción de petróleo y gas natural de EUA y de desarrollar tipos adicionales de energía local, en escala comercial, será necesario aumentar y diversificar los suministros de petróleo y gas natural provenientes de los mercados globales. Los extensos plazos de generación de proyectos, necesarios para elaborar alternativas energéticas locales en escala comercial, exigirán que Estados Unidos siga participando en los mercados energéticos internacionales más allá del periodo de tiempo previsto en este estudio. Además, los suministros de petróleo y gas natural provenientes de los principales países que dispo-

nen de recursos más amplios, con frecuencia cuentan con costos más bajos de producción y desarrollo que las fuentes domésticas estadounidenses. El mantenimiento del acceso de EUA a estas fuentes contribuirá al logro de un suministro de energía accesible en ese país y promoverá la capacidad competitiva de EUA en el mercado global.

El mundo está ingresando en un período en el que es probable que el desarrollo y el comercio internacional de energía sean influenciados más por consideraciones políticas que por el libre juego de los mercados abiertos y las interacciones comerciales tradicionales entre las compañías de energía internacionales. Es factible que la competencia global por el petróleo y el gas natural se intensifique a medida que aumente la demanda, conforme nuevas partes ingresen en el mercado, algunos proveedores procuren explotar sus recursos con fines políticos, y los consumidores exploren nuevas maneras de garantizar sus fuentes de abastecimiento.

Estos cambios plantean profundas implicaciones para los intereses, estrategias y elaboración de políticas de EUA, así como con respecto a los modos en que las compañías de energía llevan a cabo sus negocios. Muchos de los cambios esperados podrían aumentar los riesgos para la seguridad energética estadounidense, en un mundo en que es probable que la influencia de EUA decline a medida que el poder económico pase a otras naciones. En los próximos años, es probable que se intensifiquen las amenazas planteadas en materia de seguridad para las principales fuentes de petróleo y gas natural del mundo.

En términos geoeconómicos, el mayor impacto provendrá de la creciente demanda de petróleo y gas natural de los países en desarrollo. Esta demanda puede superar el desarrollo oportuno de nuevas fuentes de suministro, forzando un aumento de precios. En términos geopolíticos, las consecuencias de los equilibrios cambiantes entre los países desarrollados y los países en desarrollo se magnificarán por la aceleración de la demanda, cuya máxima expresión provendrá de China, India, y otras economías emergentes.

Estos desarrollos tienen lugar contra un trasfondo de hostilidad creciente frente a la globalización, que se presenta en vastos sectores del mundo, inclusive en muchos países industrializados que se benefician con este proceso. Esta hostilidad podría fracturar el sistema comercial global. La voluntad política de concre-

tar negociaciones comerciales multilaterales quizás se desvanezca conforme los principales productores y consumidores intenten lograr acuerdos preferenciales, bilaterales o regionales, que pueden fragmentar el comercio internacional, aumentar los costos y reducir la eficiencia del mercado.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para promover la seguridad energética global y estadounidense:

- Integrar la política energética en las políticas comerciales, económicas, ambientales, de seguridad y de asuntos exteriores al disponer que el Departamento de Energía comparta un rol equivalente con los Departamentos de Defensa, Estado, Tesoro y Comercio, en cuestiones relacionadas con la energía y la seguridad energética.
- Continuar desarrollando el mercado energético internacional mediante la expansión del diálogo en materia energética con las principales naciones consumidoras y productoras, incluyendo China, India, Canadá, México, Rusia y Arabia Saudita.
- Promover un mercado energético global efectivo a través de la sustentación e intensificación de los esfuerzos destinados a incentivar la adopción global de propuestas comerciales de energía transparentes, a través de instituciones multilaterales e internacionales; incluyendo la Organización Mundial del Comercio, el G8, la Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC), la IEA, el Foro Internacional de Energía y la Iniciativa Conjunta de Datos del Petróleo (JODI).
- Asistir y estimular la adopción global de tecnologías para la eficiencia energética, mediante programas de transferencia de tecnología y arreglos de tipo préstamo y arrendamiento.

Efecto potencial: El acceso restringido a los recursos y la producción reducida podrían poner en riesgo el potencial crecimiento adicional global de la producción de líquidos (más de 25 a 35 millones de barriles por día) y gas (más de 150,000 a 200,000 millones de pies cúbicos por día) para el año 2030.

Reforzar las capacidades para satisfacer los nuevos desafíos

Para satisfacer las crecientes necesidades energéticas mundiales, será necesario mejorar las capacidades cruciales de provisión de suministros de energía. Entre tales capacidades cruciales se encuentran las siguientes:

- Evaluación de los requerimientos de infraestructura futuros
- Desarrollo de recursos humanos
- Incentivación de los adelantos tecnológicos
- Mejoramiento de la calidad de los datos e información energética, incluyendo la expansión del conocimiento de los patrimonios de recursos.

Desarrollar un pronóstico global de los requerimientos de infraestructura en EUA

La infraestructura del transporte desempeña un rol esencial con respecto a la distribución de energía y otros productos básicos desde los lugares en que se encuentran los recursos hasta los centros de distribución, las plantas industriales de procesamiento y, por último, los centros de demanda para el consumo. El sistema de transporte, como un todo, es una red inmensa de tuberías de distribución, líneas férreas, cursos de agua, puertos, terminales y carreteras, que ha evolucionado a lo largo de los últimos dos siglos. Hoy en día, el sistema es una red de distribución altamente compleja y robusta que funciona de manera segura y confiable, y que sirve de base fundamental para la actividad económica del país.

Los envíos de mercaderías han aumentado considerablemente, utilizando todas las modalidades de transporte. La capacidad ociosa y las redundancias de los diversos sistemas de infraestructura que existían hace 25 o 30 años han disminuido. El crecimiento continuo exigirá que se realicen incorporaciones en la infraestructura.

También será necesario realizar nuevas inversiones en infraestructura a medida que crezcan las fuentes de energía no tradicionales. Los requerimientos de infraestructura para muchas fuentes de energía alternativas, tales como los biocombustibles y el petróleo y el gas no convencionales, serán significativos, si bien a menudo se los subestima. La escala potencial de actividades relacionadas con la captación y secuestro de

■ Información clave: Seguridad energética y reservas estratégicas de petróleo

Este estudio examinó el futuro energético en el largo plazo y se concentró en la oferta y la demanda fundamental, ya que es necesario que exista un equilibrio sólido entre la oferta y la demanda para la seguridad energética global. En el corto plazo, la seguridad energética plantea otro aspecto; la disponibilidad de reservas estratégicas para responder a una interrupción de los suministros en el corto plazo.

Luego de la crisis del petróleo que tuvo lugar en 1973-74, los países de la OECD acordaron mantener reservas estratégicas de petróleo y crearon la Agencia Internacional de Energía para coordinar las medidas que se aplicarían en situaciones de emergencia con respecto al suministro de petróleo. Hoy en día, los países de la OECD se comprometen a mantener, cada uno por sí mismo, un volumen de reservas de petróleo equivalente a 90 días de sus importaciones.

Las reservas estratégicas demostraron su valor frente a las consecuencias de los Huracanes Katrina y Rita, que se produjeron en el sector estadounidense del Golfo de México, en el otoño

de 2005. En cierto punto, los huracanes cortaron toda la producción de crudo de la Costa del Golfo y casi el 30 por ciento de la capacidad de refinación de EUA. La IEA coordinó un acceso a reservas de petróleo provenientes de almacenamientos de todo el mundo, y el mercado global volvió a equilibrarse rápidamente; Estados Unidos recibió suministros de productos petroleros de todo el mundo; inclusive de Europa y Japón.

En total, los países de la OECD cuentan actualmente con alrededor de 1,400 millones de barriles de reservas estratégicas de petróleo. La Reserva Estratégica de Petróleo (SPR) de EUA por sí sola posee cerca de 700 millones de barriles de petróleo crudo en estos momentos. Si visualizamos la SPR de EUA en perspectiva, su volumen representa actualmente 16 meses de importaciones de petróleo de Venezuela a Estados Unidos.

La acumulación total de reservas estratégicas de la OECD representa casi 19 meses del volumen total de exportaciones de petróleo crudo iraní³⁰ (de las que ninguna porción se importa actualmente a Estados Unidos).

carbono también requeriría una importante infraestructura nueva.

Las proyecciones de la oferta y la demanda de energía hasta el año 2030 en general suponen que la infraestructura se desarrollará si su construcción resulta económica. Estos pronósticos no suelen suponer la existencia de restricciones con respecto a la capacidad de financiar, autorizar y construir la infraestructura requerida para proveer tipos y cantidades crecientes de energía. No obstante, en la práctica, las restricciones sociales, ambientales y del uso del suelo realmente afectan la planeación y el desarrollo de la infraestructura. Los complejos procesos que rigen en materia de obtención de permisos alargan los plazos y aumentan el costo de la construcción y el mantenimiento de la infraestructura, o pueden impedir por completo el desarrollo de la infraestructura necesaria para ciertas opciones energéticas. Se necesita información adicional para entender todos los requerimientos con respecto a

las incorporaciones de infraestructura energética y las limitaciones potenciales relacionadas con la oportunidad de las inversiones.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para mejorar la comprensión de las necesidades de infraestructura destinada a satisfacer el crecimiento futuro del sistema energético de EUA:

- El Departamento de Energía (DOE) debería desarrollar un estudio integrado de las necesidades de infraestructura energética hasta el año 2030.
- La EIA debería incorporar datos relacionados con la infraestructura en su sistema de recolección de información energética.

Reconstruir las capacidades científicas y técnicas en EUA

A medida que la generación correspondiente al estallido demográfico que tuvo lugar luego de la Segunda Guerra Mundial comienza a retirarse, la industria energética enfrenta un serio desafío en términos de recursos humanos. Casi la mitad del personal de las industrias del sector energético de EUA estará en condiciones de retirarse en los próximos 10 años; además, se ha incorporado menos gente a la fuerza de trabajo a lo largo de la última generación. Un “precipicio demográfico” se avecina en todas las áreas laborales de la industria energética.³¹ La dura realidad es que la fuerza de trabajo del sector energético estadounidense debe reemplazarse y capacitarse, aunque muy pocos jóvenes se preparan para las oportunidades.

Un estudio efectuado por el Instituto Americano del Petróleo en el año 2004 indicó que para el año 2009 habrá una falta de ingenieros y geocientíficos del 38 por ciento, y una reducción de operarios de instrumentación industrial y electricistas del 28 por ciento, dentro de la industria del petróleo y el gas en EUA. No se dispone de estadísticas para otras profesiones científicas, y relacionadas con la ingeniería y tecnología, que corresponden específicamente al sector energético; pero el problema también se extiende a esas áreas. Una de las variables predictivas más importantes para la futura dotación de empleados potenciales del sector del petróleo y el gas natural, es la cantidad de estudiantes que obtienen títulos universitarios en ingeniería de petróleo y geociencias. El número de inscriptos en estos programas petrotécnicos ha decrecido en un 75 por ciento a lo largo del último cuarto de siglo.

Por tradición, Estados Unidos ha sido líder en la industria energética global, pero esa posición se ve amenazada por la pérdida prevista de experiencia, provocada por las jubilaciones sin reemplazos adecuados. El gobierno y la industria energética de EUA deben trabajar en forma activa para renovar esta fuerza de trabajo esencial mediante la instrucción, el reclutamiento, la formación y la retención; de la misma manera que las compañías se esfuerzan por desarrollar y renovar los suministros energéticos.

El gobierno federal y los gobiernos estatales pueden desempeñar un rol importante mediante la provisión de fondos para las actividades de investigación y desarrollo en ciencia y tecnología a nivel universitario. El apoyo constante para los programas de investigación

universitarios, relacionados con el sector energético, les indicará a los alumnos potenciales que estos temas son esenciales para el país. Por ejemplo, en los últimos tiempos varias universidades han aumentado la cantidad de inscriptos en carreras petrotécnicas, mediante el reclutamiento activo orientado a estudiantes del último año del secundario, sus padres y consejeros académicos. Estos resultados indican que un proceso de reclutamiento vigoroso puede generar resultados positivos, pero es necesario expandir aún más los esfuerzos.

Recomendación

El NPC efectúa la siguiente recomendación para mejorar los programas de educación científica y técnica en EUA:

- Proveer apoyo a aquellos que quieran obtener títulos en ingeniería y otros títulos técnicos, tanto no graduados como graduados, mediante la intensificación de programas de becas, el incremento de los fondos destinados a investigación en las universidades, y el apoyo para las escuelas técnicas.

No basta el tiempo que resta para capacitar la suficiente cantidad de jóvenes profesionales con el fin de que ocupen los puestos de trabajo que se abrirán en la próxima década. La aceleración de las competencias mediante la transferencia de conocimientos, así como la disponibilidad de entrenadores y mentores, se volverá crucial. Muchos profesionales podrían elegir a retirarse en etapas, pero enfrentan barreras regulatorias que restringen su trabajo de tiempo parcial. Es necesario aprovechar los conocimientos técnicos especiales de estas personas para preparar a la generación siguiente en programas de capacitación profesional y vocacional.

Recomendación

El NPC efectúa la siguiente recomendación para facilitar a los jubilados la continuidad de su trabajo como consultores, docentes y entrenadores:

- Modificar el código fiscal de EUA y las regulaciones con respecto a los planes de jubilación para permitir el trabajo de jornada parcial después de la jubilación, sin que ello implique padecer penalidades.

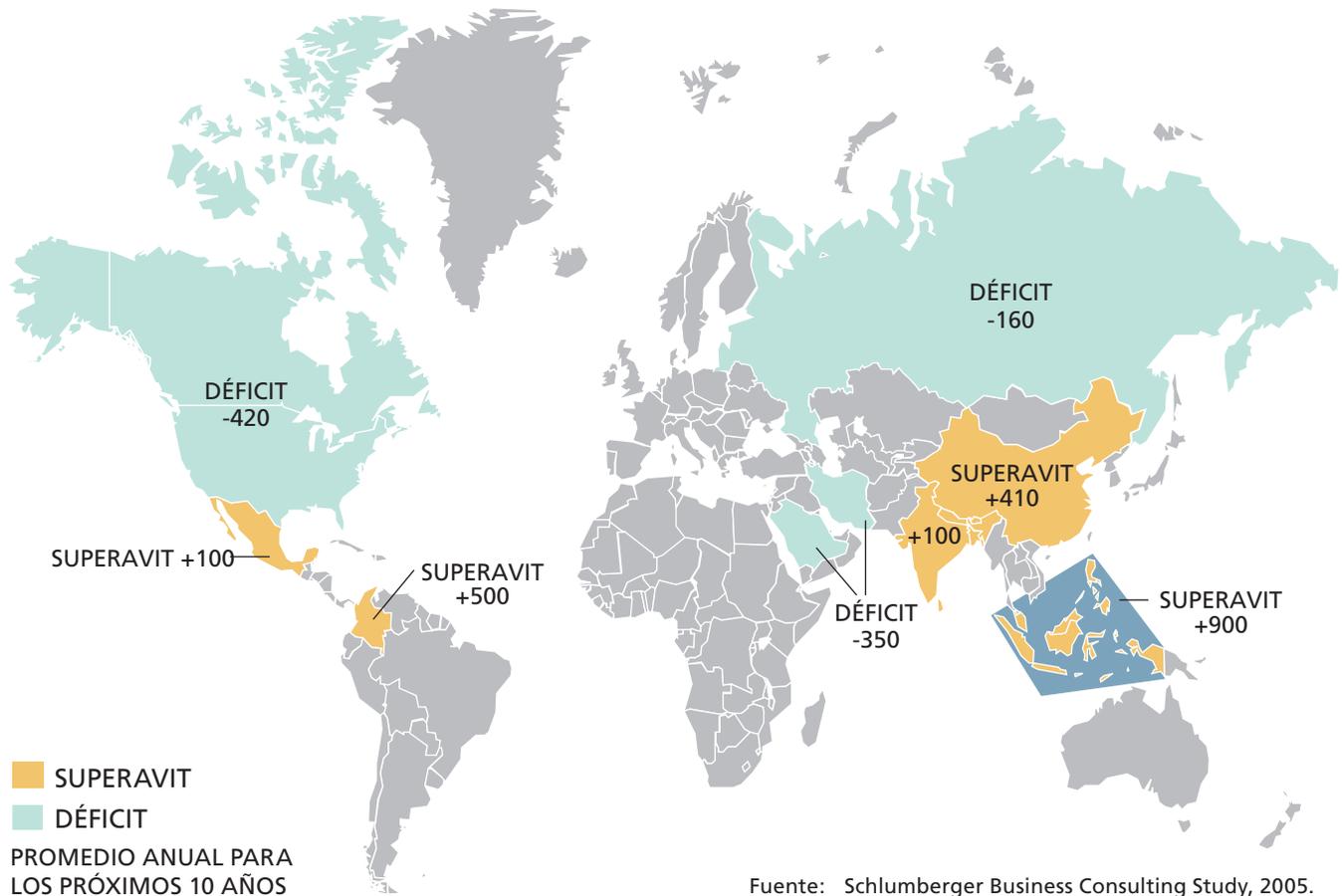


Figura ES-13. El desequilibrio regional de graduados en carreras petroleras.

A lo largo de los continentes, existe una disparidad geográfica con respecto a la disponibilidad de nuevos graduados en varios campos relacionados con la energía (Figura ES-13). En los próximos diez años, el número de ciudadanos extranjeros a los que se les permitirá trabajar en Estados Unidos será limitado por el número de permisos de trabajo que se emitan cada año. El incremento de los cupos de los permisos de trabajo y estudio puede ayudar a aliviar este desequilibrio geográfico y apoyar la productividad energética de EUA.

Recomendación

El NPC efectúa la siguiente recomendación para incrementar la disponibilidad de profesionales capacitados en el sector energético de Estados Unidos:

- Aumentar los cupos de estudio y cuotas de inmigración para disponer de profesionales capacitados en el ámbito energético y técnico.

Crear oportunidades de investigación y desarrollo

La industria del petróleo y el gas utiliza tecnología avanzada de última generación. Los especialistas en exploración interpretan las estructuras geológicas, varios kilómetros por debajo de la superficie de la Tierra. Los ingenieros de perforación acceden a los recursos que se encuentran a profundidades extremas, en condiciones de temperatura y presión elevadas, y a menudo en lugares remotos y físicamente desafiantes. Los ingenieros de producción llevan el petróleo y el gas natural a la superficie a través de varios kilómetros de tuberías, también bajo condiciones en ocasiones extremas, y los distribuyen entre las refinerías. Una vez allí, los petróleos crudos cada vez más pesados y sulfurosos, son refinados y convertidos en productos útiles. Hoy, todos estos resultados se logran dejando una “huella” ambiental aún más pequeña que la que quedaba hace una década y en forma más económica que nunca.

La tecnología energética es desarrollada en gran parte por la industria, en respuesta a oportunidades asociadas con recursos, tales como el inicio de las operaciones de exploración en el área de aguas profundas del Golfo de México. Se están destinando menos inversiones a las posibilidades de investigación para incrementar la producción de energía en el sector continental de Estados Unidos, donde las oportunidades convencionales accesibles se encuentran en proceso de maduración. El gobierno es responsable de la creación de nuevas oportunidades y del desarrollo del marco regulador y de la infraestructura necesaria para extraer nuevos recursos. La recuperación mejorada de petróleo es una actividad respecto de la cual el financiamiento del DOE para las tareas de investigación podría pagar dividendos importantes a través del incremento de la producción nacional. El metano en capas de carbón y los esquistos de petróleo plantean oportunidades adicionales.

La reducción de la actividad de investigación y desarrollo financiada por el DOE, en relación con el petróleo y el gas natural, experimentada en los dos últimos años, ha afectado tanto a las universidades como a los laboratorios nacionales. Los fondos que el gobierno destina a la ciencia y la ingeniería, si se distribuyen entre las universidades y los laboratorios nacionales, sustentan a estas importantes instituciones. Es esencial que estos fondos sean acompañados por contratos que contemplen la contabilidad de gastos y el aporte de la investigación.

También se atiende al interés nacional cuando el gobierno apoya los proyectos de demostración en gran escala, tales como el programa FutureGen, implementado para integrar la generación de electricidad en gran escala con la captación y secuestro de carbono. Además, el gobierno y la industria extraerían beneficios recíprocos de la colaboración en varias áreas críticas, incluyendo la investigación de materiales avanzados y bioprocesos, y la investigación meteorológica y oceanográfica (mete-oceanográfica).

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para expandir las oportunidades de investigación y desarrollo con el fin de sustentar los objetivos del estudio en el largo plazo:

- Revisar el actual portafolio de investigación y desarrollo del DOE para reenfocar las in-

versiones en tareas de investigación aplicada innovadoras, en áreas tales como EOR, petróleo y gas natural no convencionales, biocombustibles, energía nuclear, conversión de carbón en combustibles, y captación y secuestro de carbono (CCS).

- Disponer de un presupuesto de investigación fundamental en la oficina de ciencia del DOE, para sustentar las tecnologías innovadoras.
- Orientar y mejorar las actividades de investigación en las universidades y los laboratorios nacionales de EUA.
- Incentivar la colaboración entre el DOE, el Departamento de Defensa, y el sector industrial en áreas de desarrollo innovadoras, tales como los materiales avanzados y los análisis e información mete-oceanográficos.

Mejorar la calidad de los datos y la información energética

Dado que los equipos de trabajo examinaron múltiples pronósticos, pudieron observar que algunos datos e información básicos importantes estaban incompletos, eran inconsistentes, o se encontraban desactualizados o excesivamente simplificados. Las decisiones de inversión y política energética se adoptan cada vez con más frecuencia tomando como base esos datos inciertos. Por ejemplo, algunas disparidades en las predicciones del suministro futuro de petróleo y gas natural son el resultado de estimaciones divergentes de los recursos subyacentes y su capacidad de producción. Además, los datos cuantitativos para comprender claramente la necesidad de contar con capacidad de infraestructura adicional son escasos o inexistentes.

Existen muchos panoramas energéticos, pero la mayoría basa sus proyecciones, para la producción futura de combustibles fósiles, en algunas estimaciones de recursos accesibles al público, principalmente las evaluaciones del Servicio Geológico de EUA (USGS). Dado que estas evaluaciones se actualizan en forma exhaustiva aproximadamente cada década, los datos fundamentales para las decisiones sobre política energética quizás no reflejen las perspectivas predominantes más actuales. Además, las diversas organizaciones

involucradas en la preparación de pronósticos y análisis energéticos a menudo aplican metodologías y supuestos diferentes en las evaluaciones, lo que puede generar confusión acerca de las capacidades de producción futuras.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para mejorar la calidad de los datos y la información energética:

- Expandir los datos recopilados por la EIA y la IEA con el fin de proveer fuentes adicionales de datos de producción y consumo, para su inclusión en los panoramas energéticos de dominio público que se preparan anualmente.
- Expandir la provisión de fondos para las actividades de recolección de datos y análisis de los sistemas de transporte de energía con el fin de posibilitar la adopción de decisiones de infraestructura informadas.

Los resultados de este estudio confirman la importancia fundamental de contar con evaluaciones básicas, integrales y actualizadas, de los recursos recuperables y del patrimonio petrolero, gasífero y carbonífero global. Si bien cada evaluación de este tipo posee incertidumbres inherentes, según el estado del conocimiento geológico y la información basada en observaciones, una nueva evaluación global enmarcaría en forma más precisa el estado de la base de recursos fósiles para la adopción de decisiones y estrategias sobre política energética. Además, dada la creciente contribución que se espera de las fuentes de energía basadas en la biomasa para el año 2030, una evaluación global de este recurso renovable proveería un panorama más completo del patrimonio energético disponible.

Para incrementar la confiabilidad y la oportunidad de los datos fundamentales de recursos y patrimonios, Estados Unidos debería colaborar con otros grupos de interés globales para mejorar la recolección, manejo, interpretación y comunicación de los datos y estimaciones relacionados con los patrimonios energéticos y los recursos recuperables.

Recomendación

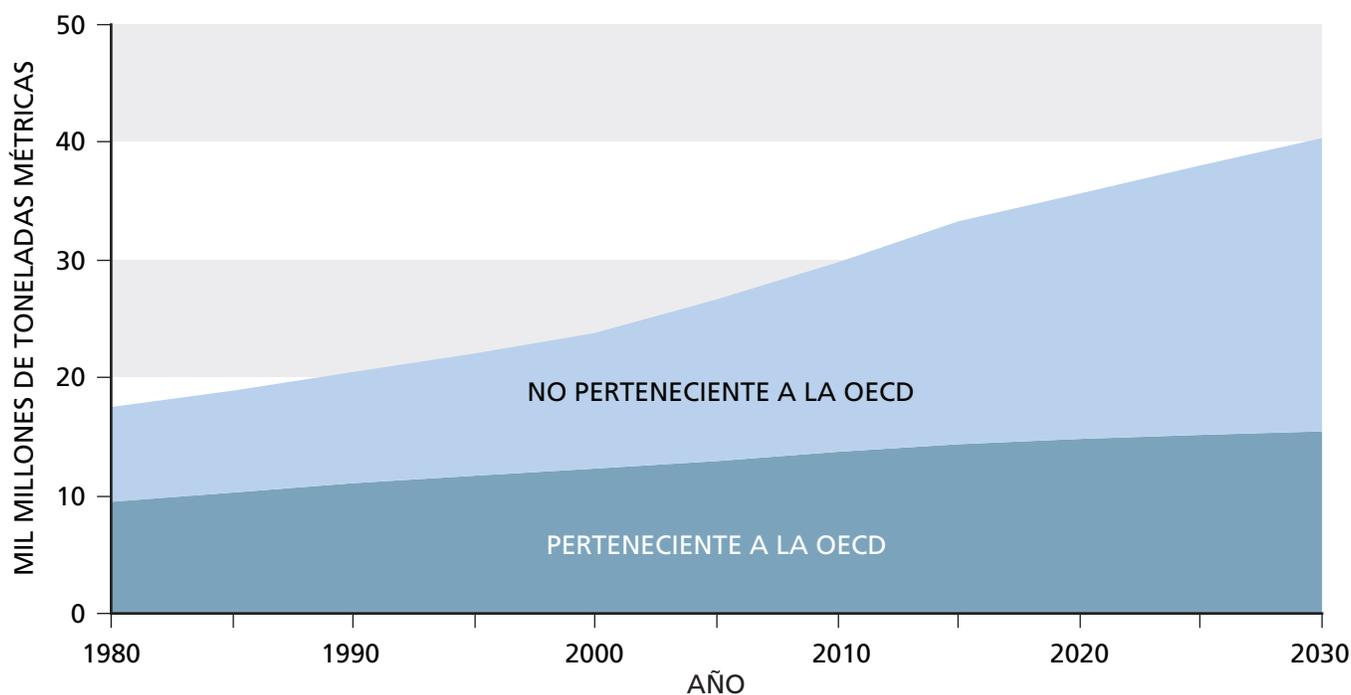
El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para actualizar las estimaciones de patrimonios y recursos globales, que son de dominio público:

- El USGS debería efectuar una evaluación geológica integral de los recursos recuperables y del patrimonio petrolífero y gasífero global y de EUA.
 - Incorporar una mayor participación de especialistas internacionales e industriales y de datos actuales.
- El USGS debería llevar a cabo un nuevo estudio integral de los recursos y las reservas recuperables globales de carbón, utilizando las metodologías comunes de análisis y presentación de informes.
- Los Departamentos de Energía y Agricultura de EUA deberían efectuar una evaluación global de los recursos de biomasa.

Efecto potencial: Decisiones sobre política energética, oportunas y mejor informadas, basadas en la comprensión compartida de los datos de recursos críticos.

Abordar las restricciones de las emisiones de carbono

Existe creciente preocupación acerca del calentamiento global y la incidencia del clima en este fenómeno de las emisiones de CO₂ derivadas de la actividad humana. El NPC no examinó la ciencia del cambio climático. Pero, admitiendo que está surgiendo un número creciente de iniciativas para reducir estas emisiones, el NPC consideró el efecto potencial de las restricciones de las emisiones de CO₂ sobre la energía y las oportunidades para la aplicación de la tecnología. Los límites impuestos sobre las emisiones de CO₂ podrían restringir la utilización de los combustibles fósiles, que actualmente representan más del 80 por ciento de la energía mundial. Por lo tanto, es cada vez más importante hacer planes respecto de las restricciones potenciales de las emisiones de CO₂, como parte de cualquier estrategia energética integral.



Fuente: IEA, *Panorama Energético Mundial 2006*, caso de referencia.

Figura ES-14. Emisiones mundiales de dióxido de carbono.

Por su naturaleza, el cambio climático es global. Las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles contribuyen al flujo general de carbono entre la atmósfera, la tierra, y los océanos. A través de la mezcla en la atmósfera, el CO₂ emitido en cualquier lugar del mundo se distribuye por todo el globo.

Estados Unidos fue el principal emisor mundial de CO₂ proveniente del uso de la energía en el año 2005,³² tanto de emisiones totales como de emisiones per cápita; pero, la mayor parte del crecimiento proyectado de las emisiones de CO₂ radica en los países en desarrollo, como se ilustra en la Figura ES-14. Para reducir las emisiones de CO₂ en forma significativa será necesario adoptar acciones globales y generalizadas durante varias décadas, con inversiones importantes y sostenidas.

Habilitar la tecnología de captación y secuestro de carbono

La combustión del carbón es la fuente principal de emisiones de CO₂ provenientes del uso de energía, y la mayoría de los pronósticos estiman que seguirá siendo uno de los combustibles principales para la gene-

ración de electricidad. La base de recursos para el carbón es mucho más vasta que la del petróleo y el gas natural, y Estados Unidos posee los recursos de carbón más grandes del mundo según varias estimaciones.³³

Una oportunidad para reducir las emisiones de CO₂ es el proceso de captación y secuestro de carbono, que atrapa el CO₂ y lo almacena en el subsuelo. El despliegue extensivo de esta tecnología, en escala comercial, posibilitaría la continuidad del consumo de carbón en un futuro con restricciones de carbono.

Además, parte de la producción de petróleo no convencional requiere volúmenes sustanciales de energía, lo que incrementa las emisiones de CO₂ por unidad de energía entregada, y el desarrollo futuro podría verse afectado por la disponibilidad de proyectos CCS. Si bien ya existe una serie inicial de tecnologías para la implementación de proyectos CCS en gran escala, en la industria del petróleo y el gas, dichas tecnologías aún tienen que ser demostradas en combinación y en escala comercial. Más importante aún es el hecho de que todavía no se ha implantado un marco legal y regulatorio para el almacenamiento de CO₂ a largo plazo.

La escala es otra consideración importante para el CCS. En Estados Unidos, si se recolectara y comprimiera todo el CO₂ proveniente de la generación eléctrica con carbón, se alcanzaría un total de 50 millones de barriles por día.³⁴ Esto equivale a dos veces y media el volumen de petróleo manipulado diariamente en ese país. Para dar cabida a ese volumen, es necesario mapear y evaluar puntos de almacenamiento potenciales.

Recomendación

El NPC efectúa las siguientes recomendaciones para posibilitar la viabilidad ambiental del carbón en el largo plazo, tanto para la energía como para el combustible:

- Establecer un marco legal y regulatorio que favorezca la tecnología CCS.
 - Proveer claridad regulatoria para el uso del suelo y las pólizas de responsabilidad legal.
 - Proveer acceso a las tierras federales con fines de almacenamiento.
- Favorecer la tecnología CCS y la tecnología de carbón limpio en gran escala.
 - Organizar los esfuerzos entre la industria energética y la industria del petróleo/gas natural.
- Llevar a cabo una evaluación de la capacidad de secuestro de CO₂ a nivel nacional.
 - Tomar como base las gestiones que están implementando las Asociaciones Regionales del DOE.
 - Incentivar la aplicación global.
 - Seguir apoyando la investigación y desarrollo federal para las tecnologías avanzadas de conversión de carbón en combustibles.

Efecto potencial: Mantener la contribución proyectada del carbón del 25 por ciento, para el *mix* energético futuro de EUA, incluyendo la conversión potencial de carbón en líquidos, aún en situaciones que impliquen restricciones de las emisiones de carbono.

Un procedimiento integral de manejo del carbono debería incluir medidas para incrementar la eficiencia energética y reducir la demanda, aumentar el uso de la energía no basada en el carbono (nuclear, eólica, solar, maremotriz, oceánica-termal y geotermal), adoptar combustibles con menos contenido de carbono, incluyendo los renovables, y desplegar tecnologías CCS. La imposición de un costo sobre las emisiones de carbono, en todos los sectores económicos, ya sea a través de un impuesto al carbono o por un mecanismo de canje con límites máximos y comercio del mercado, permitiría que el mercado hallara la combinación más barata de pasos tendientes a lograr la reducción de las emisiones de carbono. Cualquier costo de este tipo deberá imponerse de manera predecible en el largo plazo, ya que la incertidumbre normativa debilita el clima de inversión y puede perturbar la actividad económica. Además, para la imposición de tales costos, se deberán considerar las acciones de otros países y el efecto resultante sobre la capacidad competitiva de EUA.

Recomendación

A la vez que los responsables de formular las políticas consideran acciones para reducir las emisiones de CO₂, el NPC recomienda incluir:

- Un marco global efectivo para el manejo del carbono, que incorpore a todos los principales emisores de CO₂ y se centre particularmente en las oportunidades para la cooperación entre EUA y China.
- Un mecanismo estadounidense para fijar un costo efectivo para las emisiones de CO₂ que:
 - Abarque toda la economía, se base en el mercado, y sea visible, transparente y aplicable a todos los combustibles.
 - Sea predecible en el largo plazo para generar un clima de inversión estable.
- Un crédito para el CO₂ utilizado en los proyectos de recuperación mejorada de petróleo y gas natural.

Información clave: Medios normativos para limitar las emisiones de dióxido de carbono

Regulación directa: Las emisiones de CO₂ podrían restringirse mediante la imposición de límites sobre las emisiones provenientes de fuentes individuales, tales como las centrales eléctricas y las instalaciones industriales. Los economistas en general consideran ineficiente este tipo de regulación porque no da lugar a la posibilidad de que ciertas fuentes logren reducciones de emisiones en forma más económica que otras. El hecho de incentivar mayores reducciones de emisiones de parte de las fuentes que pueden lograrlo en forma más económica, se traduciría en una mayor reducción total por un costo total dado, pero esto es difícil de llevar a cabo con objetivos regulatorios fijos.

Regulación de tipo límite máximo y comercio: Los sistemas de tipo límite máximo y comercio buscan superar la ineficiencia de la regulación directa a través de la provisión de un mecanismo basado en el mercado para incentivar a quienes pueden reducir las emisiones de CO₂ en forma más económica. Los responsables de las regulaciones deben determinar primero qué fuentes serán cubiertas por el sistema y el volumen total de emisiones que serán permitidas dentro de un período de tiempo determinado. Luego, se asignan o se subastan los permisos para emitir un volumen dado, tal como una tonelada métrica de CO₂. Los permisos pueden negociarse, lo que incentiva a las fuentes que pueden eliminar las emisiones por un monto inferior al precio de mercado de un permiso para hacerlo, mientras que las fuentes para las cuales los controles de emisiones son más caros pueden comprar los permisos a otras.

La creación de un sistema de tipo límite máximo y comercio implica importantes elecciones en términos de políticas:

- Qué sectores han de ser incluidos.
- Qué nivel de emisiones debe permitirse y si se dispone de alguna “válvula de seguridad” para limitar la volatilidad o el precio de los permisos.
- Si los permisos deben asignarse, sin costo, o subastarse.
- Si debe existir un solo sistema de permisos que cubra todos los sectores afectados o múltiples sistemas para diferentes sectores.

Básicamente, un sistema de tipo límite máximo y comercio establece un nivel de emisiones y luego el mercado establece el costo.

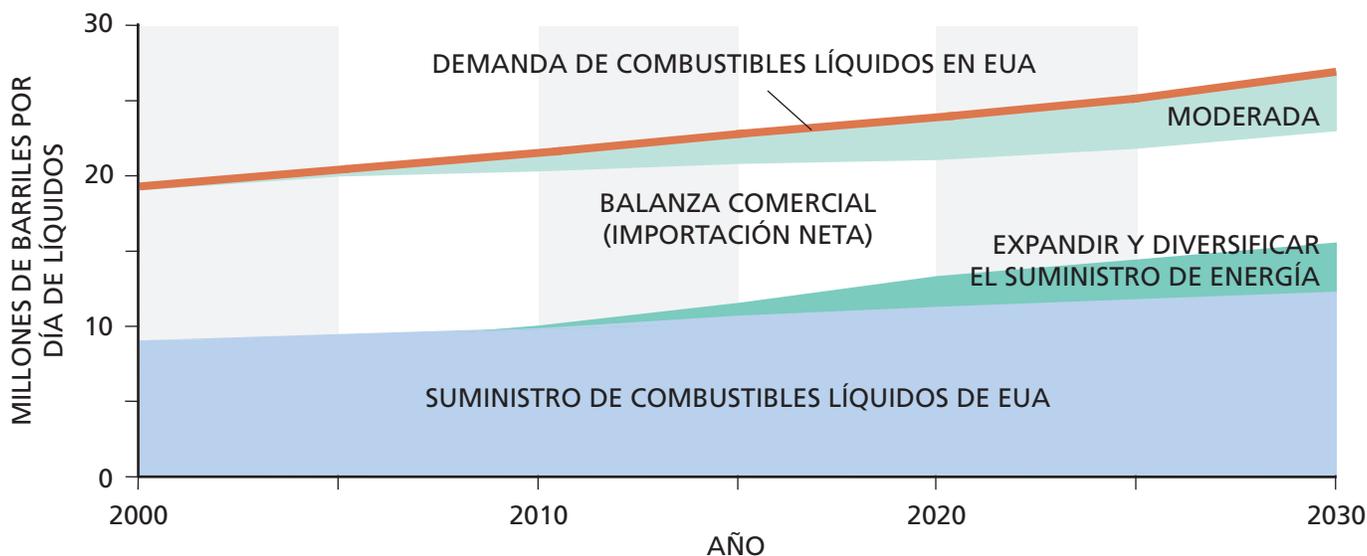
Impuestos o tasas sobre el carbono: Se podría establecer un impuesto o tasa sobre las emisiones de CO₂, dejando que el mercado determine el nivel de las emisiones. En principio, cualquier nivel de reducción de las emisiones obtenible con un esquema de tipo límite máximo y comercio, también podría lograrse con impuestos o tasas. Para las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión, el método más simple impondría la tasa sobre el combustible primario, con un sistema de créditos para cualquier uso que no implique la emisión de CO₂, tal como la producción de petroquímicos.

Un sistema de impuestos o tasas posee la ventaja de establecer un costo predecible, lo que incentiva la planeación e inversión a largo plazo, y de no requerir la complejidad normativa de determinar los niveles equitativos de los derechos de emisiones por sector y por instalación. Un sistema de impuestos o tasas posee la desventaja de que el nivel de emisiones resultante no se establece por anticipado y además plantea el desafío de cómo devolver los ingresos a la economía en forma equitativa.

Efecto potencial de las estrategias recomendadas

El Consejo propone cinco estrategias centrales para ayudar a los mercados a satisfacer los desafíos energéticos hasta el año 2030. En la Figura ES-15 se muestra una ilustración del efecto potencial de la implementación de todas las estrategias recomendadas. Comenzando con el caso de referencia de la EIA, en relación

con la demanda de combustibles líquidos de EUA, el efecto potencial de las estrategias de reducción de la demanda recomendadas, se muestra en verde claro. Los efectos potenciales de las estrategias recomendadas para moderar la declinación de los suministros convencionales, y las estrategias para expandir y diversificar aún más los suministros, se indican en verde oscuro. En esta ilustración, el efecto combinado de las estrategias recomendadas reduciría la brecha existen-



Fuente: EIA, *International Energy Outlook 2006*. Caso de referencia/Estimaciones globales de petróleo y gas del estudio del NPC.

Figura ES-15. Efecto ilustrativo de las estrategias recomendadas para los Estados Unidos.

te entre la oferta y la demanda interna en aproximadamente un tercio, entre 2006 y 2030; mejorando las perspectivas de la energía en términos de disponibilidad, confiabilidad, costo e impacto ambiental.

Dada la escala masiva del sistema energético global y los largos plazos necesarios para introducir cambios significativos, ya mismo se deben emprender acciones concertadas para implementar estas recomendaciones, que han de mantenerse en el largo plazo, para promover la competitividad de Estados Unidos a través del equilibrio de las metas económicas, ambientales y de seguridad. Los siguientes capítulos del informe detallan en forma más exhaustiva los desafíos que plantea la complejidad del sistema energético integrado mundial y las oportunidades para garantizar un futuro energético más confiable.

Referencias

- 1 La OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) incluye a Australia, Austria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Italia, Japón, Corea, Luxemburgo, México, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, República Eslovaca, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos de Norteamérica.
- 2 Para el año 2003, de acuerdo con el *Panorama Energético Mundial 2005* de la IEA y el *Panorama Energético Internacional 2006* de la EIA.
- 3 Al cierre del año 2005, 31.6 millones de automóviles y 1,300 millones de personas, de acuerdo con el informe del Instituto Nacional de Estadísticas de China.
- 4 De acuerdo con las Estadísticas de la Dirección de Transporte de Estados Unidos, este país tenía 137 millones de automóviles en 2004 y la población era de 281 millones de habitantes. Pero además posee un número elevado de camiones y vehículos utilitarios deportivos que se emplean como vehículos de pasajeros, los que desafortunadamente no son reportados por separado. Una aproximación cercana sería la categoría de "otros vehículos; dos ejes, cuatro ruedas," lo que agregaría 92 millones de vehículos y elevaría el total de "vehículos para pasajeros" de Estados Unidos a 228 millones, arrojando una relación de 8 vehículos de pasajeros cada 10 personas.
- 5 "Energía primaria" se refiere al primer uso de una fuente de energía. Por ejemplo, se puede quemar carbón para producir electricidad. Dado que existen pérdidas de energía en el proceso de generar y transportar la electricidad hasta el usuario final, el valor energético de la electricidad utilizada finalmente es menor que el valor energético del carbón quemado originalmente. En este ejemplo, el carbón es la energía primaria, no la electricidad final utilizada.
- 6 El "Estudio de los mil de millones de toneladas"—*Biomass as a Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply*, USDA y USDOE, abril de 2005, disponible en <http://www.osti.gov/bridge>.
- 7 Aproximadamente 240 años, en base al estudio más reciente del USGS, realizado en 1974. Justo antes de la publicación de este estudio del NPC, la Academia Nacional de Ciencias emitió un informe que indica que el volumen de reservas de carbón económicamente recuperables de Estados Unidos podría ser menor que el mencionado en el estudio del USGS de 1974; aproximadamente 100 años con el consumo actual.
- 8 Consulte la sección titulada "La nueva estructura del comercio," contenida en el Capítulo 4 (Geopolítica) de este informe.
- 9 Consulte el *World Oil Outlook 2007*, en la Secretaría de la OPEP, especialmente las páginas 2, 7 y 8.
- 10 IEA *World Energy Outlook 2006*, Capítulo 12, página 315.

- 11 Consulte el informe *Technology Development Topic Report (Informe temático sobre desarrollo tecnológico)*, que acompaña a este informe, Sección E.
- 12 El descubrimiento con la plataforma Hibernia en 1979, la primera producción en 1997, produciendo 180,000 barriles por día. <http://www.hibernia.ca>
- 13 El descubrimiento con la plataforma Thunder Horse en 1999, con una capacidad de diseño de 250,000 barriles por día. <http://www.bp.com>
- 14 Según las estimaciones reportadas, correspondientes a una propuesta de refinería nueva de la Arizona Refining Company, <http://www.arizonacleanfuels.com>
- 15 Asociación Americana de Oleoductos.
- 16 Consejo Nacional del Petróleo, *Balancing Natural Gas Policy*, 2003.
- 17 Consulte, por ejemplo *The Crude Oil Windfall Profit Tax of the 1980s—Implications for Current Energy Policy*, Servicio de Investigación Parlamentario, 2006, disponible en http://nationaljournal.com/policycouncil/energy/legnar/031406CRS_Crude.pdf.
- 18 Consulte la sección “Eficiencia del transporte” del Capítulo tres de este informe (La tecnología). La magnitud con que las tecnologías se traducen en reducciones del consumo de combustible depende de diversos factores, incluyendo costos, preferencias de los consumidores, disponibilidad, despliegue, y secuencias cronológicas.
- 19 El ahorro potencial de combustible, de 3 a 5 millones de barriles por día, en el año 2030, corresponde a un escenario en el que las normas de economía de combustible actuales permanecen inalteradas hasta el año 2030.
- 20 Proyecciones básicas, tomadas de la Administración de Información Energética, *Panorama Energético Anual 2007 con proyecciones hasta el año 2030, Tabla 2, febrero de 2007*, http://www.eia.doe.gov/oiia/aeo/excel/aeotab_2.xls; estimaciones de ahorros obtenidas de diversos estudios, incluyendo el titulado *Building on Success, Policies to Reduce Energy Waste in Buildings*, de Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz y Harry Misuriello – Alliance to Save Energy, julio de 2005. El término “alcanzable,” como se utiliza aquí, significa que actualmente se dispone de medidas y que los ahorros pueden lograrse con un nivel razonable de esfuerzo y con reducciones aceptables, si correspondiera, del valor percibido de los accesorios especiales.

Para ver un análisis adicional, consulte *National Action Plan for Energy Efficiency*, disponible en: <http://www.epa.gov/cleanrgy/actionplan/eeactionplan.htm>.
- 21 Tomado del estudio *Building on Success, Policies to Reduce Energy Waste in Buildings*, de Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz y Harry Misuriello – Alliance to Save Energy, julio de 2005, páginas 18 a 19. Para acceder a una compilación de estudios sobre cumplimiento, consulte *Baseline Studies*, en el sitio web (http://www.energycodes.gov/implement/baseline_studies.stm) del Departamento de Energía de EUA. Arkansas informa que 36 de los 100 hogares de la muestra del estudio no cumplieron con los requerimientos HVAC (calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire) del código de energía del Estado.
- 22 Tomado del estudio *Building on Success, Policies to Reduce Energy Waste in Buildings*, de Joe Loper, Lowell Ungar, David Weitz y Harry Misuriello – Alliance to Save Energy, julio de 2005, página 24.
- 23 Para conocer el potencial de ahorro adicional, consulte Steven Nadel, Andrew de Laski, Maggie Eldridge, & Jim Kleisch, *Leading the Way: Continued Opportunities for New State Appliance and Equipment Efficiency Standards*, marzo de 2006, <http://www.standardsasap.org/a062.pdf>
- 24 Tomado del estudio *Chemical Bandwidth Study*, DOE, 2004; *Energy Bandwidth for Petroleum Refining Processes*, DOE, 2006; *Pulp and Paper Industry Energy Bandwidth Study*, AIChE, 2006. Consulte además, *Curbing Global Energy Demand Growth: The Energy Productivity Opportunity*, McKinsey Global Institute, mayo de 2007.
- 25 La expresión “combinación de calor y energía” se refiere a la utilización del exceso de calor proveniente de la generación de electricidad para satisfacer las necesidades caloríficas de proceso o de los edificios. Esta combinación se conoce frecuentemente como “cogeneración” y se traduce en un incremento sustancial de la eficiencia, frente a la generación de electricidad y calor por separado.
- 26 Consulte la sección “Petróleo convencional” del Capítulo tres de este informe, titulado La tecnología, para ver un análisis completo de las tecnologías potenciales que podrían incrementar la recuperación convencional de petróleo y gas.
- 27 Un “pozo marginal” es un pozo que produce menos de 10 barriles de petróleo por día.
- 28 El “Estudio de los mil millones de toneladas”—*Biomass as a Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply*, USDA y USDOE, abril de 2005, disponible en <http://www.osti.gov/bridge>.
- 29 Consulte www.energycommission.org/files/contentFiles/report_non_interactive_44566feaabc5d.pdf, página IV.
- 30 Las exportaciones de petróleo iraní ascendieron a 2.5 millones de barriles por día en el año 2006, según la EIA.
- 31 Departamento de Trabajo de EUA: “Identifying and Addressing Workforce Challenges in America’s Energy Industry,” Iniciativa de capacitación laboral para puestos de trabajo de alto crecimiento del Presidente, Administración de Capacitación Laboral, Departamento de Trabajo de EUA (Marzo de 2007).
- 32 De acuerdo con una estimación preliminar de la Agencia de Evaluaciones Ambientales de los Países Bajos, China superó a Estados Unidos en relación a las emisiones totales de CO₂ correspondientes al año 2006. Para obtener más información, consulte <http://www.mnp.nl/en/dossiers/Climatechange/moreinfo/Chinanowno1inCO2emissionsUSAinsecondposition.html>.
- 33 Según la evaluación del USGS de 1974. Un estudio muy reciente de la Academia Nacional de Ciencias indica que los recursos de carbón económicamente recuperables de EUA probablemente representen sólo un ~40% de la estimación del USGS.
- 34 En base a 150,000 barriles diarios de CO₂ supercrítico, proveniente de una central eléctrica con carbón, con una capacidad de un gigavatio, y 2,090 teravatios-horas de generación eléctrica con carbón, en Estados Unidos, en el año 2004, según la EIA.

