

INSTITUTO MUNDIAL DEL CARBÓN/
PROGRAMA DE I+D DE LA IEA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO

ALMACENAMIENTO DE CO₂ EN EL SUBSUELO

Programa de I+D de la IEA sobre gases de efecto invernadero

El Programa de I+D de la IEA sobre gases de efecto invernadero (IEA GHG) es un programa de investigación de colaboración internacional, en forma de Acuerdo de Implementación, creado bajo los auspicios de la Agencia Internacional de Energía. El Programa IEA GHG se creó en 1991 con el objetivo de ofrecer a sus miembros información real acerca del papel que puede tener la tecnología a la hora de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El programa está enfocado a tres actividades principales, que son: evaluación de las tecnologías destinadas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, promoción y distribución de los resultados y los datos de estos estudios de evaluación; y facilitar la investigación práctica, el desarrollo y las actividades de demostración (I,D+D).

Instituto Mundial del Carbón (World Coal Institute)

El Instituto Mundial del Carbón (WCI) es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro que incluye a empresas y agentes implicados en el sector del carbón; se trata del único organismo internacional que trabaja en todo el mundo en representación del sector del carbón. El WCI cuenta con contactos y relaciones estrechas con importantes agencias internacionales, incluyendo la Agencia Internacional de la Energía y el Banco Mundial, y ha obtenido el rango de entidad de consulta acreditada por parte de las Naciones Unidas.

El documento *Almacenamiento de CO₂ en el Subsuelo* ha sido creado por el Programa de I+D de la IEA sobre gases de efecto invernadero y ha sido producido y distribuido en este formato por el Instituto Mundial del Carbón.



¿PUEDE ALMACENARSE EL CO₂ EN EL SUBSUELO A GRAN PROFUNDIDAD?

El dióxido de carbono (CO₂) es la principal causa del calentamiento global y el nivel de CO₂ en la atmósfera de la Tierra está aumentando debido a las actividades humanas.

Los expertos están de acuerdo en que deberán llevarse a cabo diferentes acciones para poder reducir la cantidad de CO₂ que se acumula en la atmósfera. Parte de la solución podría ser la captura de millones de toneladas de CO₂ producidas por los procesos industriales y el almacenamiento del CO₂ en el subsuelo – a este proceso se le llama Captura y Almacenamiento Geológico del CO₂ (CCS). Este folleto explica el almacenamiento geológico del CO₂ y da respuesta a las preguntas más frecuentes:

- >> ¿Puede almacenarse el CO₂ en el subsuelo a gran profundidad?
- >> ¿Qué diferencia puede tener el CCS en el calentamiento global?
- >> ¿Cómo puede capturarse el CO₂ en la industria?
- >> ¿Dónde puede almacenarse el CO₂ geológicamente?
- >> ¿Por qué permanece el CO₂ en el subsuelo?
- >> ¿Dónde se encuentran los mejores lugares para el almacenamiento geológico?
- >> ¿Dónde se está realizando actualmente el almacenamiento geológico del CO₂?
- >> ¿Cuál es el futuro del almacenamiento geológico del CO₂?

Puede encontrar información más detallada en el Informe Especial sobre la Captura y Almacenamiento de Dióxido de Carbono del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas (www.ipcc.ch).

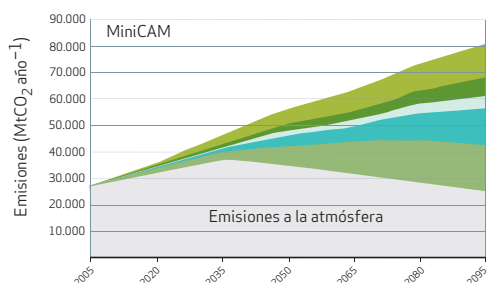
Ya existen algunos proyectos que están almacenando millones de toneladas de CO₂ en el subsuelo y muchos más están en proyecto. Las empresas de petróleo y gas tienen muchas décadas de experiencia en el almacenamiento de gas natural en el subsuelo y en el uso de CO₂ en los yacimientos de petróleo para “empujar” el petróleo hacia los pozos de extracción – una técnica conocida como Recuperación Mejorada de Petróleo (EOR).

El éxito de estos proyectos ofrece confianza en el potencial de almacenar grandes cantidades de CO₂ en el subsuelo – de forma totalmente segura. El uso del CCS a escala industrial para reducir las emisiones de CO₂ implica la adaptación de las tecnologías ya existentes y utilizadas ampliamente por diferentes industrias (como el sector de fabricación de fertilizantes y el de la producción de petróleo).

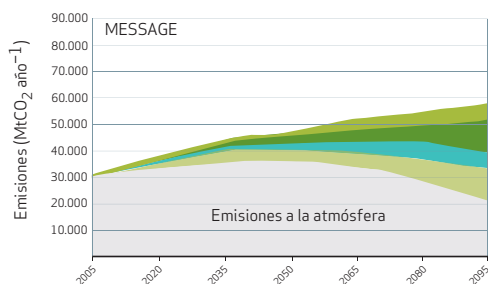
¿Qué diferencia puede tener el CCS?

Los gráficos del IPCC que aparecen a continuación muestran el papel vital que el CCS puede tener a la hora de ayudar a reducir las emisiones de CO₂ durante este siglo (junto con otras técnicas, como las energías renovables y la mejora en la eficiencia energética). En cada caso, la captura y almacenamiento del carbono contribuiría a la reducción de una cuarta parte de las emisiones, controlando así el calentamiento global.

La potencial contribución global del CCS



- Conservación y eficiencia energética
- Energía renovable
- Energía nuclear
- Sustitución del carbón por el gas
- CCS



- Conservación y eficiencia energética
- Energía renovable
- Sustitución del carbón por el gas
- CCS

Ejemplos ilustrativos de la contribución global potencial del CCS basándose en dos modelos de evaluación alternativos (MiniCAM y MESSAGE) del Informe Especial del IPCC sobre Captura y Almacenamiento de Dióxido de Carbono.

¿CÓMO PUEDE CAPTURARSE EL CO₂ EN LA INDUSTRIA?

El CCS supone la captura del CO₂ producido por la quema de hidrocarburos (como el gas natural y el carbón) antes de su entrada en la atmósfera y su almacenamiento en el subsuelo, en formaciones rocosas en las que permanecería de forma indefinida. El CCS es más rentable si se aplica en grandes fuentes fijas de CO₂ (como centrales eléctricas y altos hornos), que suponen más de la mitad de las emisiones de CO₂ llevadas a cabo por el hombre. El CO₂ puede capturarse en los hidrocarburos antes, durante o después de su combustión y la tecnología necesaria para la captura ya se utiliza ampliamente en muchos sectores (como el del procesamiento del gas y la producción de fertilizantes). Las Figuras 1-3 muestran los tres métodos de capturar el CO₂ - aplicados a una central eléctrica alimentada con gas.

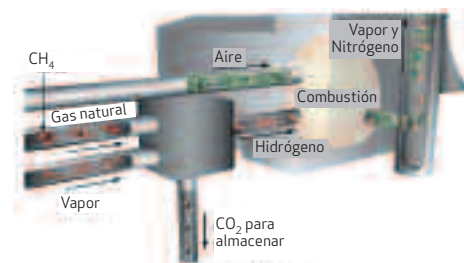


Figura 1 Antes del quemado – captura previa a la combustión

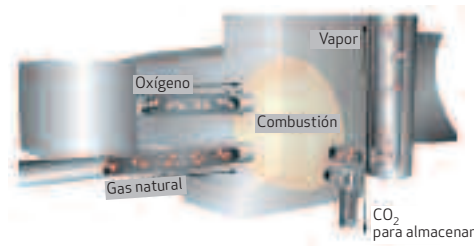


Figura 2 Durante el quemado – Captura de oxcombustible

Una de las ventajas de capturar el CO₂ antes del quemado (captura previa a la combustión) es que esta técnica separa el hidrógeno de los combustibles hidrocarburos. El hidrógeno es un combustible “limpio”, que sólo produce agua cuando se quema. Otra posibilidad es utilizar el CCS con combustible de biomasa (como residuos de cosechas). Las plantas capturan el CO₂ de la atmósfera (mediante fotosíntesis), pero cuando ellas mueren, la mayor parte de ese CO₂ regresa a la atmósfera. La captura y el almacenamiento geológico del CO₂ producido durante el quemado de la biomasa representaría lo contrario a la economía de los combustibles fósiles actuales – eliminando permanentemente el CO₂ de la atmósfera y almacenándolo en el subsuelo a gran profundidad.

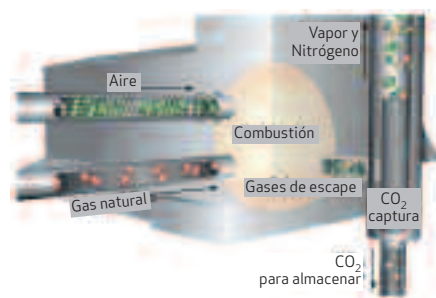


Figura 3 Después del quemado – Captura posterior a la combustión

Figuras 1–3 Cortesía del Proyecto CO₂ Capture
www.co2captureproject.com

¿DÓNDE PUEDE ALMACENARSE EL CO₂ GEOLÓGICAMENTE?

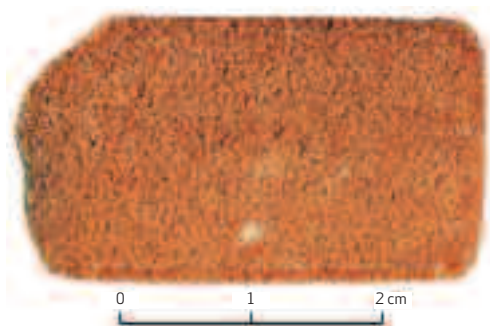
Las mejores rocas para el almacenamiento de CO₂ se encuentran en los yacimientos vacíos de petróleo y gas, y en las formaciones salinas en profundidad. Se trata de capas de rocas porosas (como la arenisca) a más de 1 km en el subsuelo (tanto en tierra firme como en alta mar), situadas debajo de una capa de roca impermeable (conocida como roca de cubierta) que actúa como elemento de sellado. En el caso de los yacimientos de petróleo y gas, esta roca de cubierta es la que atrapó el petróleo y el gas en el subsuelo durante millones de años.

Los yacimientos vacíos de petróleo y gas son los mejores lugares para comenzar a almacenar el CO₂, ya que su estructura geológica se conoce bien y son trampas perfectas.

Las formaciones salinas en profundidad son rocas con espacios porosos que se llenan con agua muy salada (mucho más salada que el agua del mar). Existen en muchas regiones del mundo y parece que tienen una capacidad muy grande para almacenar el CO₂. Actualmente, la estructura geológica de las formaciones salinas no se conoce tanto como la de los yacimientos de petróleo y gas, por lo que deben llevarse a cabo más trabajos para saber qué formaciones son las más adecuadas para el almacenamiento de CO₂.

Se han descubierto muchos almacenes geológicos naturales de CO₂ en el subsuelo (a menudo por personas en busca de petróleo y gas). En muchos casos, el CO₂ ha permanecido en ellos durante millones de años. En otras situaciones (volcanes, fuentes termales), el CO₂ fluye naturalmente desde el subsuelo. De hecho, la aguas minerales naturales carbonatadas del mundo, muy apreciadas y embotelladas para su consumo, provienen de fuentes naturales de CO₂. Los motivos por los que algunas formaciones de rocas atrapan el CO₂ de forma permanente y otras no aún no se conocen en su totalidad, y estos conocimientos pueden utilizarse para seleccionar y controlar plantas de almacenamiento, de forma que se minimicen las posibilidades de fugas.

Los posibles lugares de almacenamiento deben seleccionarse cuidadosamente para minimizar cualquier posibilidad de fuga de CO₂. Una vez ubicado el CO₂ en la planta de almacenamiento, los pozos debe sellarse para garantizar que el CO₂ se mantenga en su interior. En la superficie, se pueden utilizar sistemas de muestreo del aire y del suelo para detectar posibles fugas de CO₂, mientras que los posibles cambios en el subsuelo pueden controlarse mediante la detección de sonidos (actividad sísmica), electromagnetismo, cambios en la gravedad o densidad en el interior de las formaciones rocosas.

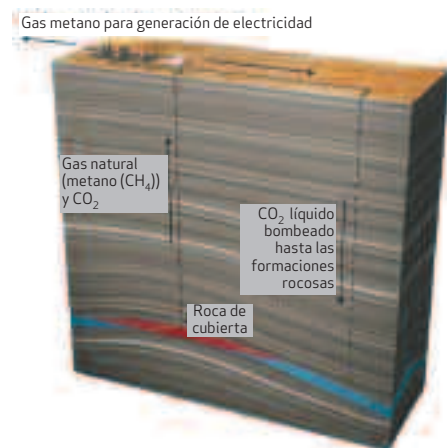


Arenisca – típica del tipo de roca que resultaría idónea para el almacenamiento geológico del CO₂

FIN

¿POR QUÉ PERMANECE EL CO₂ EN EL SUBSUELO?

Cuando el CO₂ se bombea al subsuelo, queda comprimido por las altas presiones y se convierte, esencialmente, en un líquido, que a su vez queda atrapado, mediante diferentes métodos, en los espacios porosos situados entre los granos de las rocas. Dependiendo de las características físicas y químicas de las rocas y los fluidos, algunos de estos mecanismos de tipo “trampa” se producen. El almacenamiento estructural tiene un efecto inmediato, el resto necesita tiempo, pero ofrece una seguridad mejorada en el almacenamiento. Cuanto más tiempo permanece el CO₂ en el subsuelo, más seguro es su almacenamiento.



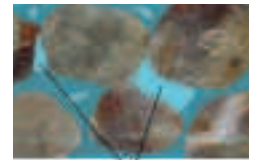
El proyecto de In Salah de almacenamiento de CO₂ (Argelia)

Almacenamiento estructural

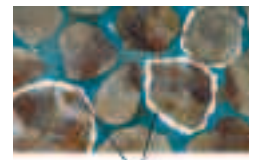
Cuando el CO₂ se bombea al subsuelo, en principio es más flotante que el agua y subirá a través de las rocas porosas hasta alcanzar la parte superior de la formación, donde quedará atrapado por una capa impermeable de roca de cubierta, como por ejemplo, pizarra. Los pozos perforados para ubicar el CO₂ en sus almacenes pueden sellarse con acero y hormigón.

El diagrama anterior muestra el proyecto de la planta de gas metano de In Salah para la producción de electricidad (en Argelia), donde se almacenarán 1 millón de toneladas de CO₂ al año (el equivalente a las emisiones de un cuarto de millón de coches) en un yacimiento de producción de gas. El gas natural producido en las formaciones rocosas del subsuelo es una mezcla de metano

(CH₄) y CO₂. Una vez que llega a la superficie, el gas natural se separa en metano (que se canaliza hasta una central eléctrica para la producción de electricidad) y CO₂ (que se bombea de nuevo a las formaciones de rocas del subsuelo para su almacenamiento). La roca de cubierta que ha mantenido el gas natural en la formación rocosa durante millones de años mantendrá el CO₂ líquido almacenado en el depósito subterráneo.



Trampa residual de CO₂



Trampa mineral de CO₂

Almacenamiento residual

Las rocas de los depósitos actúan como una esponja rígida. El aire de una esponja se queda atrapado de forma residual y la esponja debe apretarse varias veces para sustituir el aire por agua. Cuando el CO₂ líquido se bombea hasta la formación rocosa, gran parte del mismo queda atrapado en los espacios de los poros de la roca y no se mueve. A esto se le conoce como trampa residual.

Almacenamiento por disolución

El CO₂ se disuelve en el agua salada, igual que el azúcar se disuelve en el té. El agua con CO₂ disuelto en ella es más pesada que el agua de su alrededor (sin CO₂) por lo que se dirige al fondo de la formación de rocas, atrapando el CO₂ de forma indefinida.

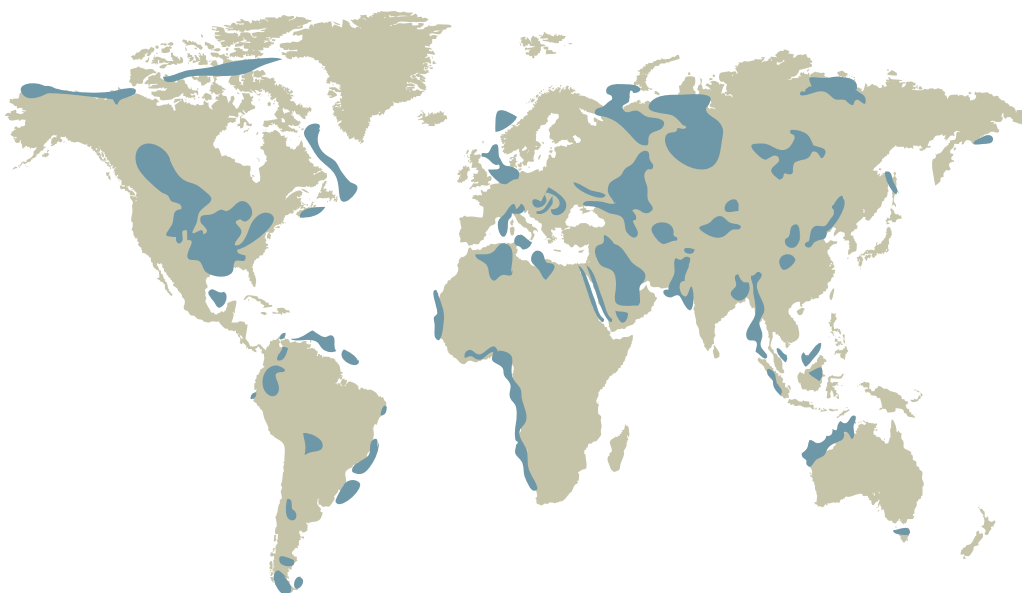
Almacenamiento mineral

El CO₂ disuelto en agua salada es ligeramente ácido y puede reaccionar con los minerales de las rocas del entorno, formando nuevos minerales, como un revestimiento de la roca (en un proceso muy similar al de los moluscos, que utilizan el calcio y el carbono del agua del mar para formar sus conchas). Este proceso puede ser rápido o muy lento (dependiendo de la composición química de las rocas y del agua) y une de forma eficaz el CO₂ a las rocas.

¿DÓNDE SE ENCUENTRAN LOS MEJORES LUGARES PARA EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO?

El Mapa 1 muestra la ubicación de las mejores rocas para el almacenamiento de CO₂, basándonos en nuestros conocimientos actuales. Las emisiones totales de CO₂ producidas por el hombre son del orden de unas 24 gigatoneladas de CO₂ al año. La capacidad de almacenamiento de CO₂ de los yacimientos de hidrocarburos (petróleo, gas y carbón) se estima en unas 800 gigatoneladas de CO₂. Las formaciones salinas en profundidad del mundo pueden tener una capacidad de almacenamiento mucho mayor que los yacimientos vacíos de petróleo y gas, aunque se debe realizar un trabajo mucho mayor para evaluar su potencial real para el almacenamiento de CO₂.

Mapa 1 El mapa muestra las rocas clasificadas como muy posiblemente aptas para el almacenamiento de CO₂, según el Informe Especial del IPCC sobre Captura y Almacenamiento de Dióxido de Carbono

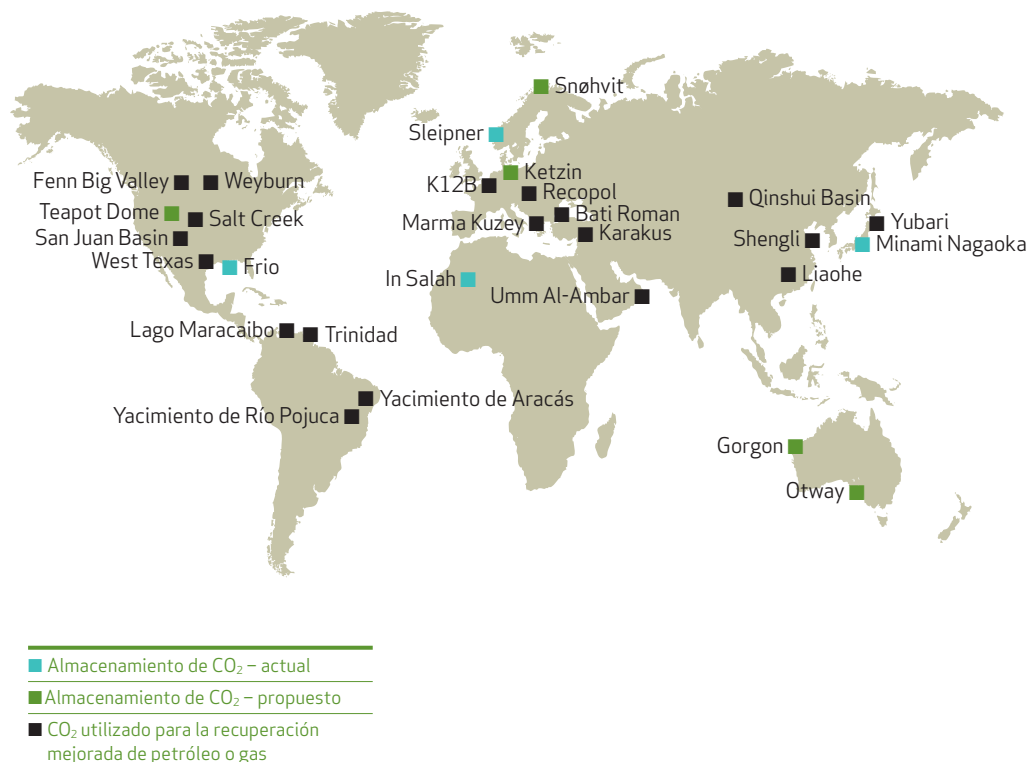


■ Las mejores rocas para el almacenamiento de CO₂

¿DÓNDE SE ESTÁ REALIZANDO EL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DEL CO₂?

Se están desarrollando varios proyectos de almacenamiento geológico a gran escala y muchos más han sido propuestos. El Mapa 2 muestra las ubicaciones de los proyectos de almacenamiento de CO₂, existentes y propuestos, en los que el CO₂ se utiliza actualmente para mejorar la recuperación de petróleo y gas.

Mapa 2 Ubicación de los puntos en los que se realiza el almacenamiento geológico de CO₂ y donde se realiza la recuperación mejorada de petróleo y gas mediante CO₂ obtenido a partir del Informe Especial del IPCC sobre Captura y Almacenamiento de Dióxido de Carbono



¿CUÁL ES EL FUTURO DEL ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO DE CO₂?

La ilustración muestra un proyecto de CCS proyectado en California que generará electricidad con un nivel de carbono bajo mediante el uso de hidrógeno fabricado a partir de coque de petróleo y que almacenará el CO₂ resultante en una yacimiento cercano de petróleo agotado. Este proyecto generaría unos 500 MW de electricidad con un nivel bajo de carbono (suficiente para suministrar energía a un tercio de un millón de hogares) y se espera que esté en funcionamiento en 2012. El uso de la captura y almacenamiento de CO₂ en 700 grandes centrales eléctricas sería equivalente (en términos de CO₂) a eliminar todos los coches que hoy circulan en el planeta.

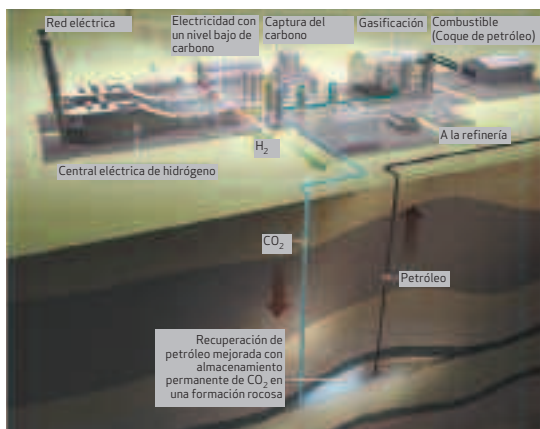


Ilustración de la central eléctrica proyectada en California con CCS

Ilustración por cortesía de BP y Edison Mission Group

Conclusiones

La captura y almacenamiento geológico del CO₂ podría contribuir de forma significativa a la solución del problema del calentamiento global. La tecnología necesaria ha sido utilizada por la industria del petróleo y del gas durante muchos años. Se trata de una tecnología comprobada y disponible en la actualidad. Por lo tanto, el CCS podría tener un papel significativo a la hora de ayudar a reducir las emisiones de CO₂ en las próximas décadas. No obstante, el CCS es un concepto relativamente nuevo y no se contempla de forma específica en la mayoría de legislaciones y normativas (tanto en el ámbito mundial como local).

Las organizaciones comerciales invertirán en proyectos de CCS cuando sean legales y viables económicamente. Para que el CCS pueda implementarse de forma amplia, debe trabajarse en breve para desarrollar las normas y marcos comerciales adecuados para el CCS.

FIN

Este informe ha sido preparado como parte del trabajo patrocinado por el Programa de I+D de la IEA sobre gases de efecto invernadero. Las ideas y opiniones de los autores expresadas en el presente documento no reflejan necesariamente las del Programa de I+D de la IEA sobre gases de efecto invernadero ni las del Instituto Mundial del Carbón, ni las de sus miembros, ni las de la Agencia Internacional de Energía, ni las de ningún empleado o persona que actúe en su nombre. Además, ninguna de estas personas acepta ninguna garantía, expresa o implícita, ni asume ningún tipo de responsabilidad en relación a la precisión, totalidad y utilidad de la información, aparato, producto o proceso presentado, ni afirma que su uso no infringirá ningún derecho privado, incluyendo los derechos de propiedad intelectual de cualquiera de las partes. Las referencias del presente documento a cualquier producto comercial, proceso, servicio o nombre marca, marca registrada o fabricante no constituye ni implica ningún aval, recomendación o favorecimiento de dichos productos.

Copyright © Programa de I+D de la IEA sobre gases de efecto invernadero. Todos los derechos reservados.

Fecha de publicación: Noviembre de 2007

Para obtener más información acerca de las actividades del Programa de I+D de la IEA sobre gases de efecto invernadero, visite:
www.ieagreen.org.uk

IEA Greenhouse Gas R&D Programme
Orchard Business Centre
Stoke Orchard
Cheltenham
Glos. GL52 7RZ
Reino Unido
t: +44 (0) 1242 680 753
f: +44 (0) 1242 680 758
mail@ieaghg.org
www.ieagreen.org.uk

Para obtener más información acerca de las actividades del Instituto Mundial del Carbón, visite:
www.worldcoal.org

World Coal Institute
22 The Quadrant
Richmond
TW9 1BP
Reino Unido
t: +44 (0) 20 8940 0477
f: +44 (0) 20 8940 9624
info@worldcoal.org
www.worldcoal.org



mail@ieaghg.org
www.ieagreen.org.uk



info@worldcoal.org
www.worldcoal.org