

Captura y almacenamiento de CO₂

Objetivo: mitigar el cambio climático

En la sociedad existe un consenso generalizado sobre el impacto de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el cambio climático y la necesidad de conseguir reducciones importantes en las mismas. Se estima que desde el comienzo de la revolución industrial hacia 1750, el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera ha sido del 30%.

Por Javier Alonso y John Chamberlain

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero que se encuentra naturalmente en la atmósfera. Las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y otros procesos, aumentan significativamente su concentración, contribuyendo al calentamiento global del planeta.

La captura y almacenamiento de CO₂ (CAC) podría limitar las emisiones atmosféricas de carbono derivadas de las actividades humanas. Esta técnica consiste en capturar el CO₂ producido en las centrales eléctricas o plantas industriales, y luego almacenarlo por un largo periodo de tiempo, ya sea en formaciones geológicas del subsuelo, en océanos o en otras localizaciones. No debe confundirse con el secuestro de carbono, que consiste en eliminar el carbono presente en la atmósfera mediante procesos naturales como el crecimiento de bosques.

Compromiso europeo. En Europa, el entorno científico y político está

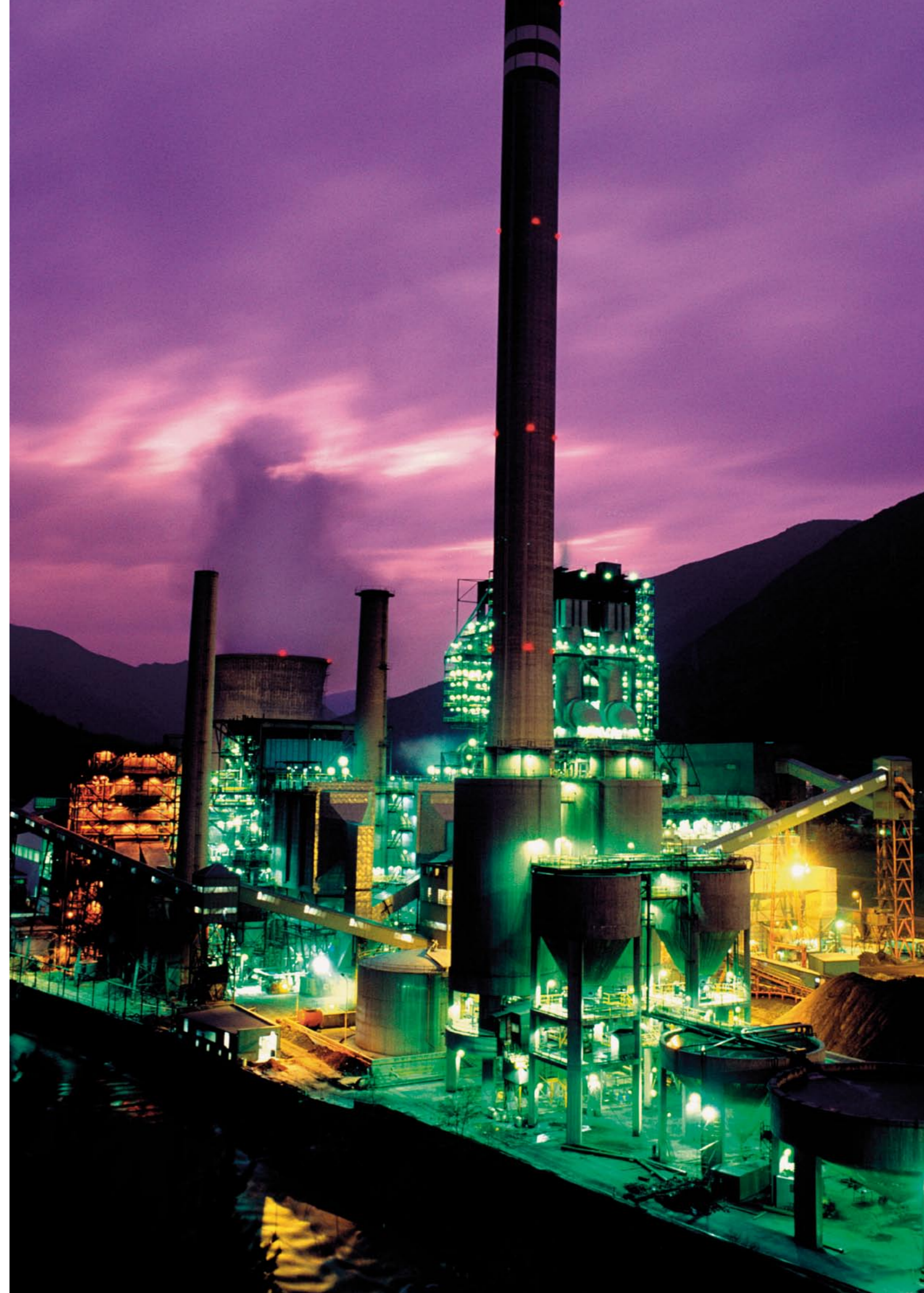
adoptando una posición cada vez más comprometida para no superar el umbral de incremento de 2 °C de la temperatura media en la atmósfera. Las indicaciones sobre los impactos que podrían producirse en tal caso llevan a esta posición incluso en un contexto económico desfavorable y a sabiendas de que será necesario un importante esfuerzo para conseguirlo.

Europa espera influir con su actitud en el resto del mundo ya que, obviamente, el compromiso debe llegar a ser global. Más allá de la implantación de mecanismos de mercado relacionados con los derechos de emisión, la respuesta viene de la mano del desarrollo y aplicación de tecnología en diferentes campos. Son varias las estrategias posibles: mayores ahorros y más eficiencia energética, aplicación masiva de energías renovables, promoción de la energía nuclear, movilidad más sostenible, uso de energías fósiles más hidrogenadas y captura y almacenamiento del CO₂.

Existe un consenso extendido en que no es viable para el objetivo buscado centrarse tan solo en

alguna de estas estrategias: ninguna de ellas es suficiente y todas ellas son necesarias. Es por ello que las iniciativas que se lleven a cabo en todos esos campos cubren una buena parte del portafolio de desarrollo tecnológico en el sector de la energía. Algunas de ellas ya han sido tocadas en números anteriores de esta sección. En esta ocasión, nos centraremos en la captura y almacenamiento de CO₂.

Captura. La captura y almacenamiento de CO₂ como opción de mitigación de cambio climático solo es aplicable a puntos de emisión de CO₂ relativamente importantes, en donde el tamaño de las instalaciones sea suficientemente grande como para que el proyecto sea viable económicamente. El objetivo se centra en obtener una corriente muy concentrada de CO₂: solo así es posible su posterior compresión hasta densidades (750 kg/m³) cercanas a las del agua y subsiguientemente, su transporte y almacenamiento permanente en una formación geológica profunda. Las grandes



centrales térmicas, cementeras, refinerías, acerías, cerámicas, etc. son procesos diseñados hasta hoy para obtener uno o varios productos energéticos o químicos a gran escala. Estos sistemas son grandes fuentes estacionarias de CO₂ porque hacen un uso masivo de combustibles fósiles para alimentarse de la energía necesaria para sus procesos.

En el mundo, la mayoría de la electricidad está generada a partir de combustibles fósiles, principalmente carbón y gas natural. Con respecto al carbón, las centrales de carbón pulverizado representan alrededor del 98% de la capacidad total. En estas centrales el CO₂ aparece diluido a una concentración en torno del 12 a 15% en los gases que se emiten a la atmósfera debido al gran contenido de nitrógeno del aire utilizado en la

combustión, el cual aparece a la salida como elemento altamente diluyente. En un ciclo combinado de gas natural, las necesidades de un aire en exceso para la refrigeración de la turbina de gas conducen a valores de CO₂ en el gas de salida de 3 a 5%.

En la actualidad, no existe todavía tecnología comercial a la escala requerida por las centrales. El estado de arte tecnológico está en la escala de 10-20 MW, escala a la que ya se han construido plantas con diferentes tecnologías que comienzan a confirmar un funcionamiento adecuado. Los retos actuales se centran en consolidar el funcionamiento a esas escalas e ir preparando los saltos de escala necesarios, así como la verificación de la idoneidad de ciertas fases de los procesos, para llegar a instalaciones que puedan ser aplicadas a una central de 500 a 1000 MW.

Para conseguir este objetivo y disponer de tecnología comercial hacia el final de la presente década, los esfuerzos se están concentrando en tres opciones básicas:

- Centrales supercríticas o ultra-supercríticas con captura post-combustión mediante aminas o amoníaco enfriado (Chilled Ammonia).
- Oxidación en calderas de carbón pulverizado y lecho fluido.
- Captura en precombustión en gasificación integrada en ciclo combinado (GICC).

Las tecnologías. Existen otras tecnologías de captura con ventajas potencialmente importantes como las membranas de separación de CO₂, los ciclos de carbonatación-calcinación y el *chemical looping*, aunque se considera que el escalado de estas tecnologías llevará más tiempo. Gas Natural Fenosa está participando en el desarrollo de la tecnología de carbonatación-calcinación con una planta experimental de 300 kWe adjunta a la central de La Robla.

En la opción de post-combustión, la idea principal es separar el CO₂ tal y como se encuentra en los gases de salida, sin haber realizado ninguna operación previa a la combustión. Es un proceso que se adapta relativamente bien a las centrales de

carbón pulverizado, si bien necesita de una energía suplementaria que hace bajar de manera sensible el rendimiento neto de la instalación. Por ello, en este tipo de centrales, se están centrando los esfuerzos en ver la manera de aumentar el rendimiento de la instalación para compensar las pérdidas de la captura. El proceso en sí se fundamenta en el uso de un absorbente químico que puesto en contacto con los gases de salida es capaz de capturar el CO₂. Posteriormente, en un reactor aparte, se cambian las condiciones de presión y temperatura de la solución obtenida y con ello se libera el CO₂, que aparece ya concentrado. Con ello, el absorbente se regenera y puede ser utilizado de nuevo en los gases de escape. Las claves de este proceso son el uso de la menor energía posible en este ciclo absorción-desorción, el número de ciclos que es capaz de aguantar el absorbente y la reducción del tamaño de los equipos. Los absorbentes hoy por hoy más prometedores son las aminas y el amoníaco enfriado.

Gas Natural Fenosa, en los proyectos de demostración. Dentro de esta opción, Gas Natural Fenosa participa junto con el EPRI (Electric Power Research Institute) de Estados Unidos, ALSTOM, la AEP (American Electric Power) y otros socios en un proyecto de demostración de Captura de CO₂ en post-combustión y su almacenamiento. El proyecto consta de la construcción y explotación de dos plantas de demostración, una con amoníaco enfriado (20 MWe en la central térmica Mountaineer) y la otra con aminas (25 MWe en la planta de Berry).

En el proceso de precombustión, se captura el CO₂ antes de la etapa de combustión. Para ello, se transforma el combustible primario en una corriente de gases cuyos principales componentes son CO₂ e hidrógeno, los cuales pueden ser separados de forma relativamente sencilla. Las tecnologías de captura en precombustión se asocian, por su naturaleza, a los procesos de generación eléctrica mediante una gasificación previa del combustible



■ Planta experimental de captura de CO₂ adjunta a la central de La Robla (León).

que da como resultado un gas de síntesis con una gran presencia de monóxido de carbono (CO). El gas de síntesis pasa por un reactor de conversión en el que el CO se transforma en CO₂ por medio de la adición de vapor de agua, obteniendo un gas rico en CO₂ y H₂ (reacción de desplazamiento o *shift* en inglés).

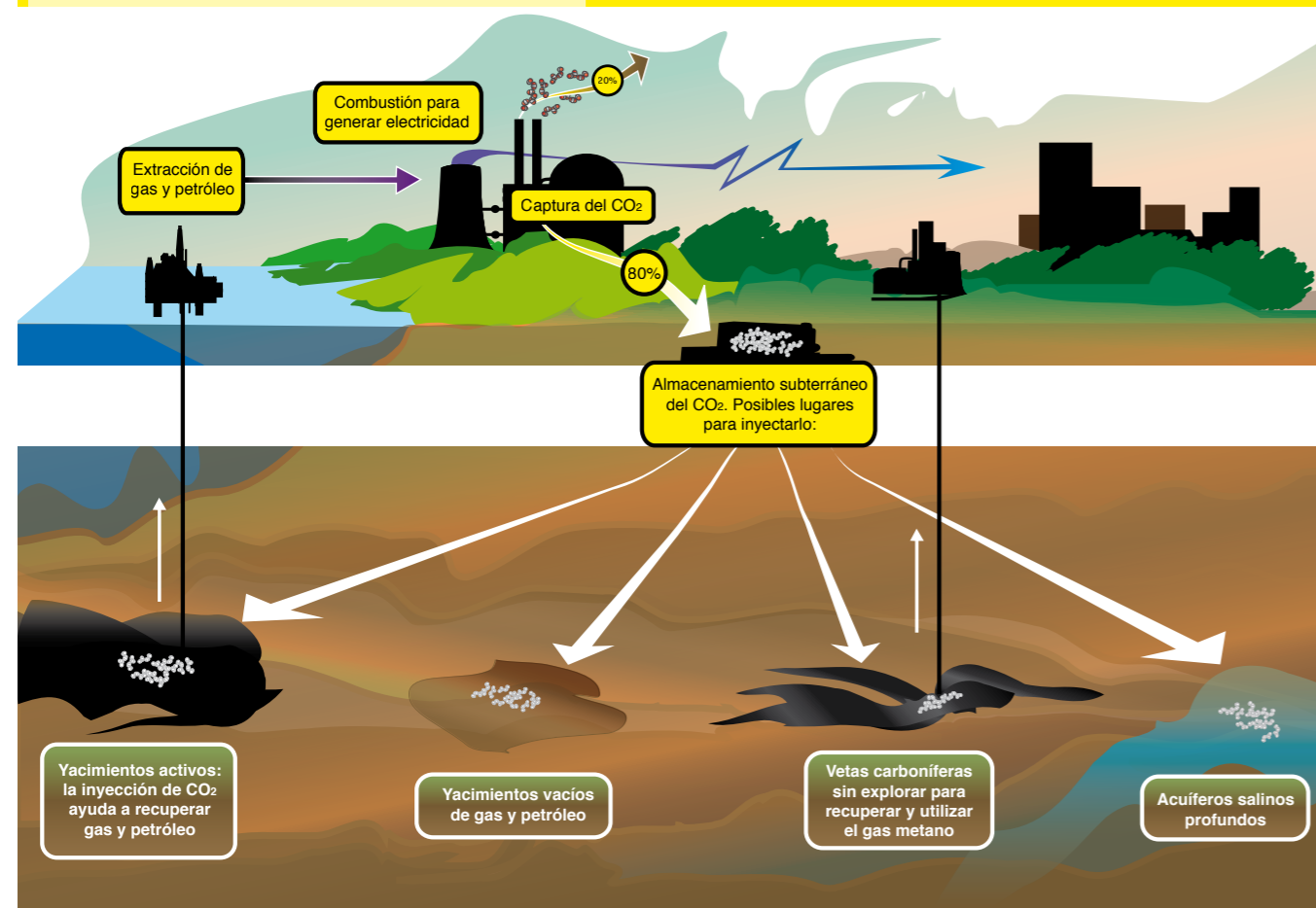
Una vez separado el CO₂, mediante el proceso de adsorción física, el

H₂ se utiliza como combustible en un ciclo combinado o para otro fin, produciendo nuevos combustibles y productos químicos líquidos con mayores ratios H/C a partir del gas de síntesis por medio de un proceso Fischer-Tropsch.

Las ventajas de esta opción son que con la excepción de la turbina de H₂ todos los componentes están demostrados a gran escala en el

La captura y almacenamiento de CO₂ (CAC) podría limitar las emisiones de carbono derivadas de las actividades humanas

Captura y secuestro de CO₂ Aplicación en una central eléctrica



sector químico y que la separación de gases se realiza en una corriente de gas a alta presión que supone un menor consumo energético. Los inconvenientes son que la tecnología de referencia en gasificación integrada con ciclo combinado (GICC) no ha penetrado en el mercado de generación, siendo hoy en día una opción cara y no disponiéndose de buenas referencias sobre disponibilidad en las pocas centrales que se han construido.

La tercera opción es el proceso de oxidación y consiste en llevar a cabo la combustión con oxígeno puro, en lugar de aire. De este modo se obtienen menores caudales de gases de escape, al haber eliminado el nitrógeno del aire, y por tanto una concentración muy elevada de CO₂, facilitando y aumentando la eficiencia de la captura del CO₂. La

oxidación presenta el inconveniente del incremento de las temperaturas, hoy por hoy a valores muy superiores a los límites impuestos por los materiales de la caldera en centrales o de la cámara de combustión en turbinas de gas. Es por ello que resulta necesario controlar las temperatura de gases mediante la recirculación de una fracción importante de los gases de salida de la combustión hasta la caldera o la cámara de combustión (CO₂ principalmente).

En las plantas de la primera generación de oxidación el dimensionamiento de la recirculación es tal que las temperaturas de gas son las mismas que en un caldera alimentada con aire.

La tecnología de la oxidación se usa en industrias como la del aluminio, vidrio, acero, aunque para



Parque de carbón de una central térmica.

la implantación comercial de la tecnología en los procesos de captura de CO₂, aún se necesita bastante desarrollo. Se considera, por lo tanto, la opción más incipiente de las tres técnicas de captura precomerciales.

Transporte y almacenamiento. La etapa de captura de CO₂ propiamente dicha da paso al transporte y posterior almacenamiento de CO₂. En ambas etapas, la tecnología tiene un grado de desarrollo mayor y los temas pendientes se consideran resolubles en el corto plazo. Así, existen experiencias en transporte de CO₂ en largos recorridos en EE UU, donde el CO₂ se inyecta como elemento de presión que permite empujar al petróleo hacia arriba y proseguir con la explotación de campos petrolíferos casi agotados. Aún así, aspectos como la pureza del CO₂ transportado,

su alta densidad y su contenido de agua en relación con los materiales a ser usados y su coste son cuestiones de debate actual de cara al diseño de

Gas Natural
Fenosa participa
en un proyecto de
demostración de
captura de CO₂ en
post-combustión y
su almacenamiento

las nuevas redes o "ceoductos" que conectarán los puntos de emisión de CO₂ con los almacenamientos.

En la etapa final de almacenamiento, la tecnología a utilizar es relativamente sencilla y es fácilmente incorporable de otros campos de aplicación similares. La clave aquí está en la identificación de las capas geológicas idóneas y de sus cierres, de manera que el CO₂ quede perfectamente atrapado. En general, se buscan capas a profundidades mayores de 800 metros formadas por rocas porosas salinas y con buen aislamiento de la capa. En ellas, el CO₂ inyectado, prácticamente en estado líquido, ocupará los poros de la roca y quedará atrapado en ellos. A largo plazo, el CO₂ reaccionará con la propia roca en el poro para formar carbonatos y quedar atrapado también químicamente.