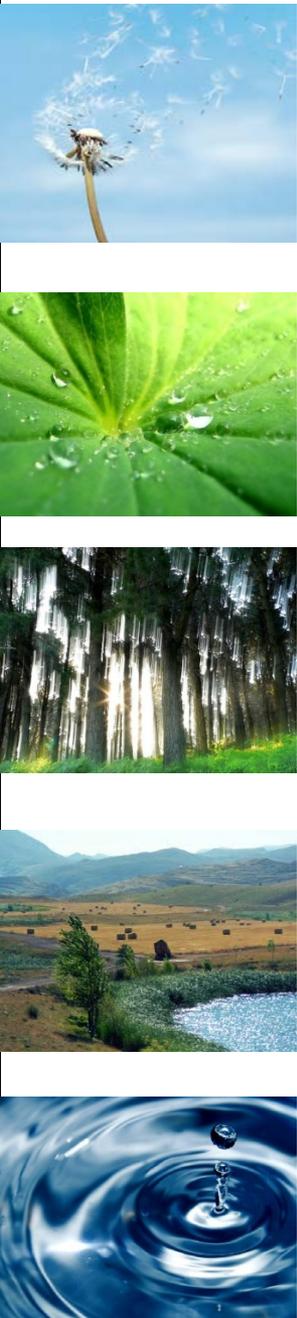


Madrid, 2 de julio de 2019



Asociación de la Plataforma Tecnológica Española del CO₂

Tecnologías de Captura: presente y futuro

Luis Díaz Fernández
Presidente de la PTECO₂
Jefe de Grupo Termoeléctrico de HUNOSA



Contenidos

- 
- **1. Introducción**
 - **2. Sistemas de captura de CO₂**
 - **3. Pre-combustión**
 - Esquema de captura de CO₂ por pre-combustión
 - Obtención de gas de síntesis
 - **4. Oxicombustión**
 - Esquema de captura de CO₂ por oxicombustión
 - Implicaciones energéticas
 - **5. Post-combustión**
 - Esquema de captura de CO₂ por post-combustión
 - Tecnología comercial: Absorción química
 - **6. Tecnologías emergentes**
 - **7. Proyectos**
 - Instalaciones CAUC a gran escala
 - Grandes proyectos de CAUC en operación (19)
 - Proyectos de captura en el mundo y en España
- 
- 
- 

1. Introducción

Captura



trasporte
Almacenamiento

U
sos

CO₂

1^a GENERACIÓN

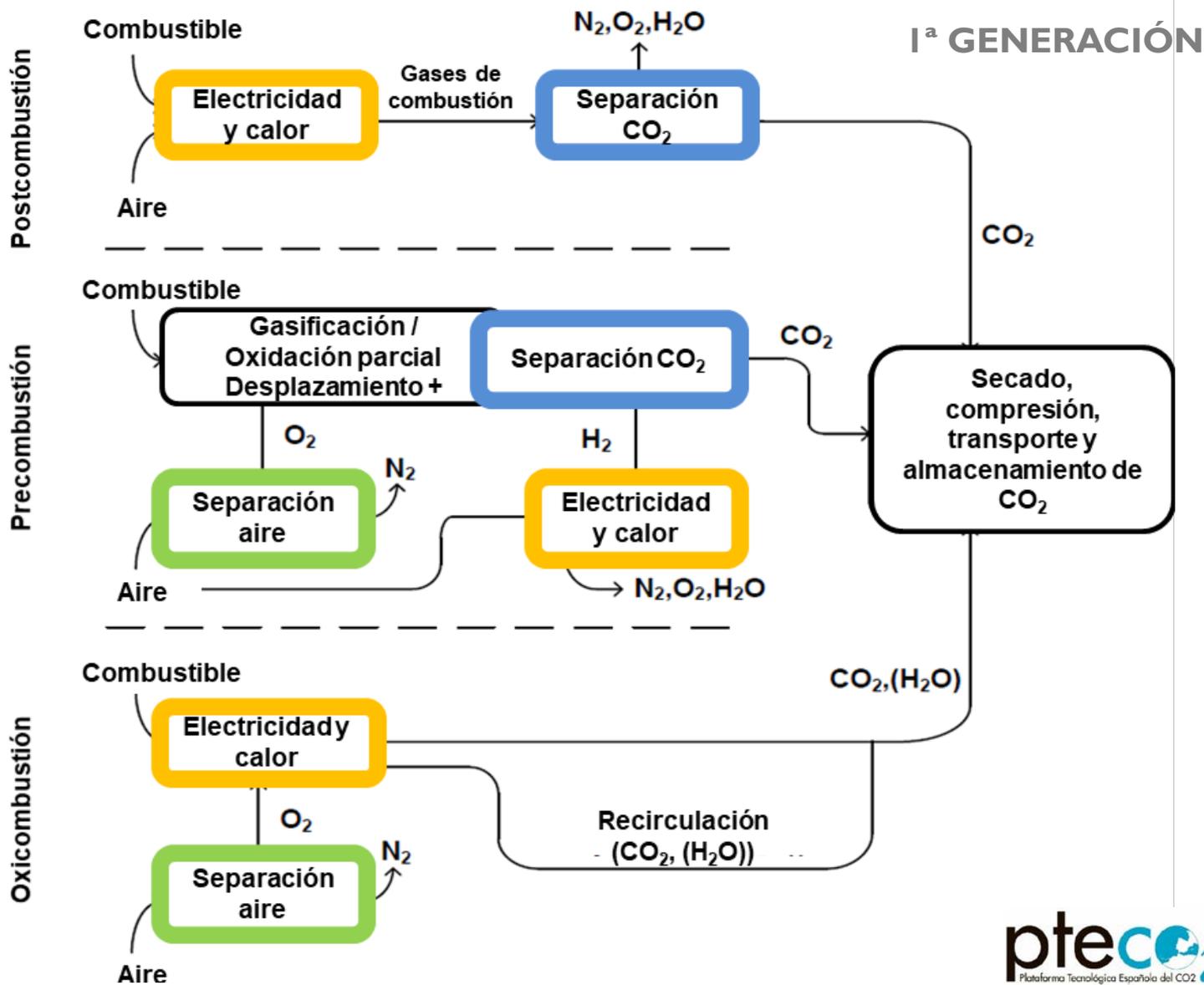
- *Pre-combustión*
- *Oxicombustión*
- *Post-combustión*



2^a GENERACIÓN

- *CLC*
- *Reactores de membrana*
- *Gasificación + carbonatación*
- *Gasificación + calcinación*

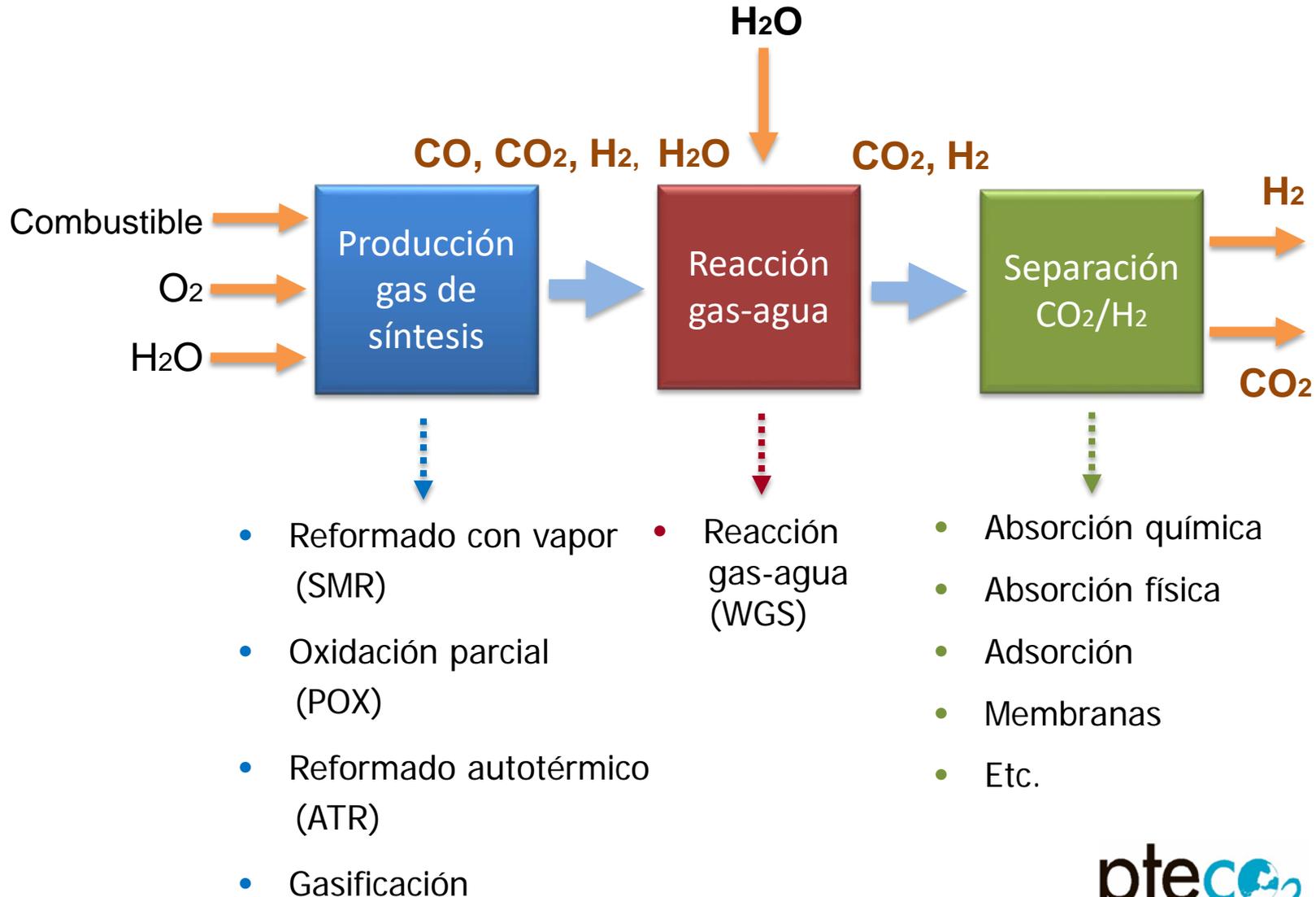
2. Sistemas de captura de CO₂



1ª GENERACIÓN

3. Pre-combustión

Esquema de captura de CO₂ por pre-combustión



3. Pre-combustión

Obtención de Gas de Síntesis

Producción de una mezcla CO-H₂ (gas de síntesis) a partir de un combustible primario. Posteriormente, este gas se hace reaccionar con vapor de agua para generar más H₂ y CO₂

REFORMADO CON VAPOR



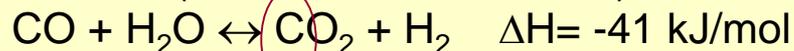
REACCIÓN CON O₂:

*Comb. líq. o gas → OXIDACIÓN PARCIAL

*Comb. sólidos → GASIFICACIÓN



REACCIÓN DE DESPLAZAMIENTO DE GAS DE AGUA
(Water Gas Shift, WGS)



15-60% (base seca) y 2-7 MPa

SEPARACIÓN Y ALMACENAMIENTO

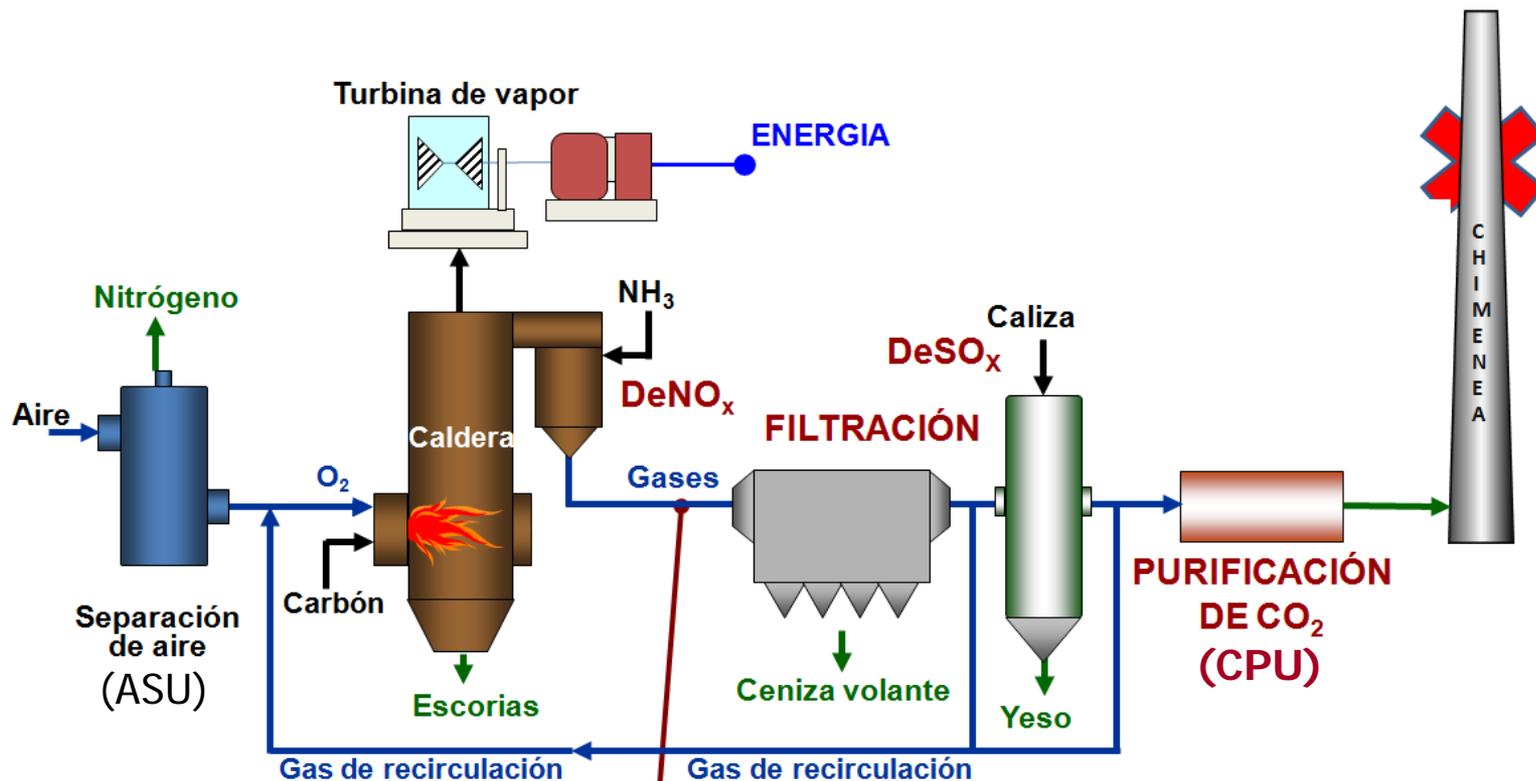
APLICACIONES:

- Obtención de H₂ como combustible
- Reducción del contenido en C de combustibles.

Ej. Gasificación de carbón y obtención de combustibles líquidos por Fischer-Tropsch

4. Oxidación

Esquema de captura de CO₂ por oxidación



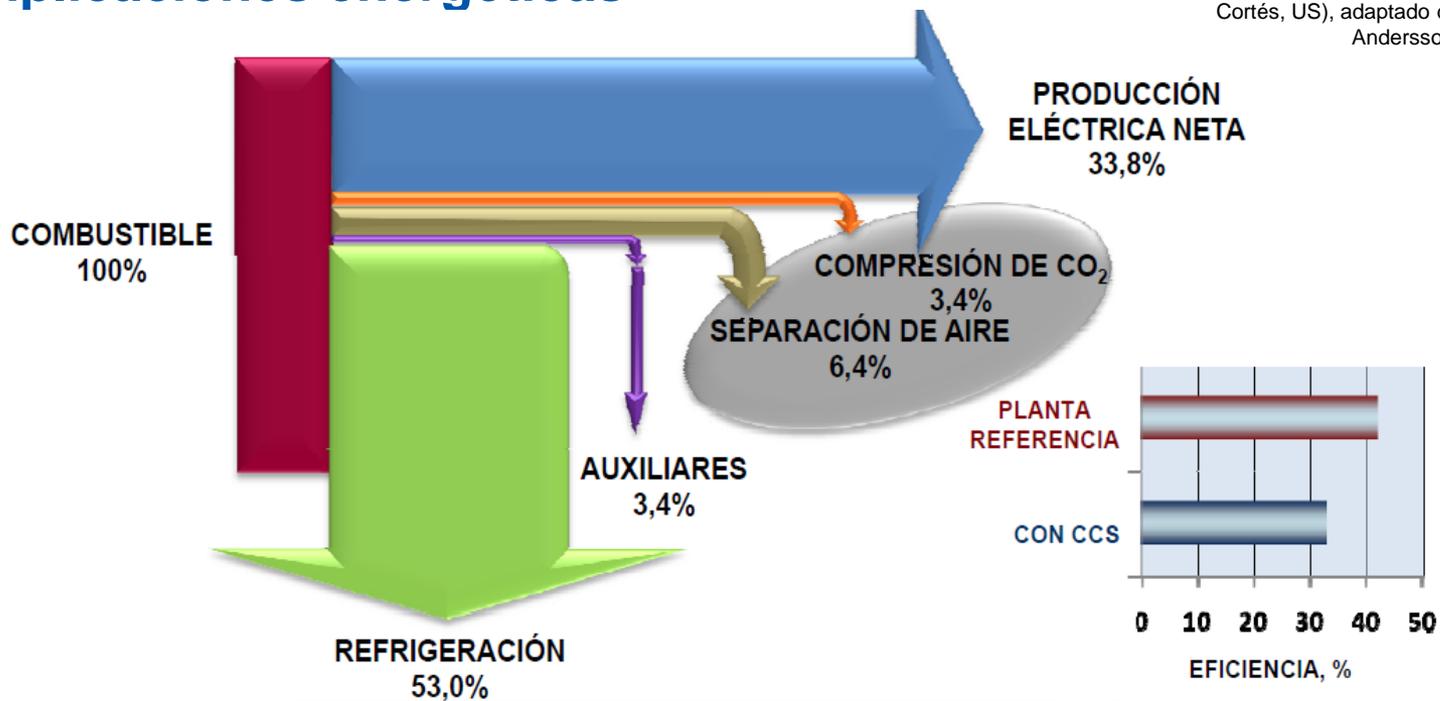
% vol	N ₂	CO ₂	H ₂ O	O ₂	VOL REL	IMPUREZAS
COMBUSTIBLE + O ₂ (30%) + CO ₂	6	83,5	7	3,5	65	SO _x NO _x PARTÍCULAS

Fuente: MIT, Máster de Ingeniería Ambiental (Prof. Vicente J. Cortés, US) y CIUDEN

4. Oxidación

Implicaciones energéticas

Fuente: Máster de Ingeniería Ambiental (Prof. Vicente J. Cortés, US), adaptado de Andersson.



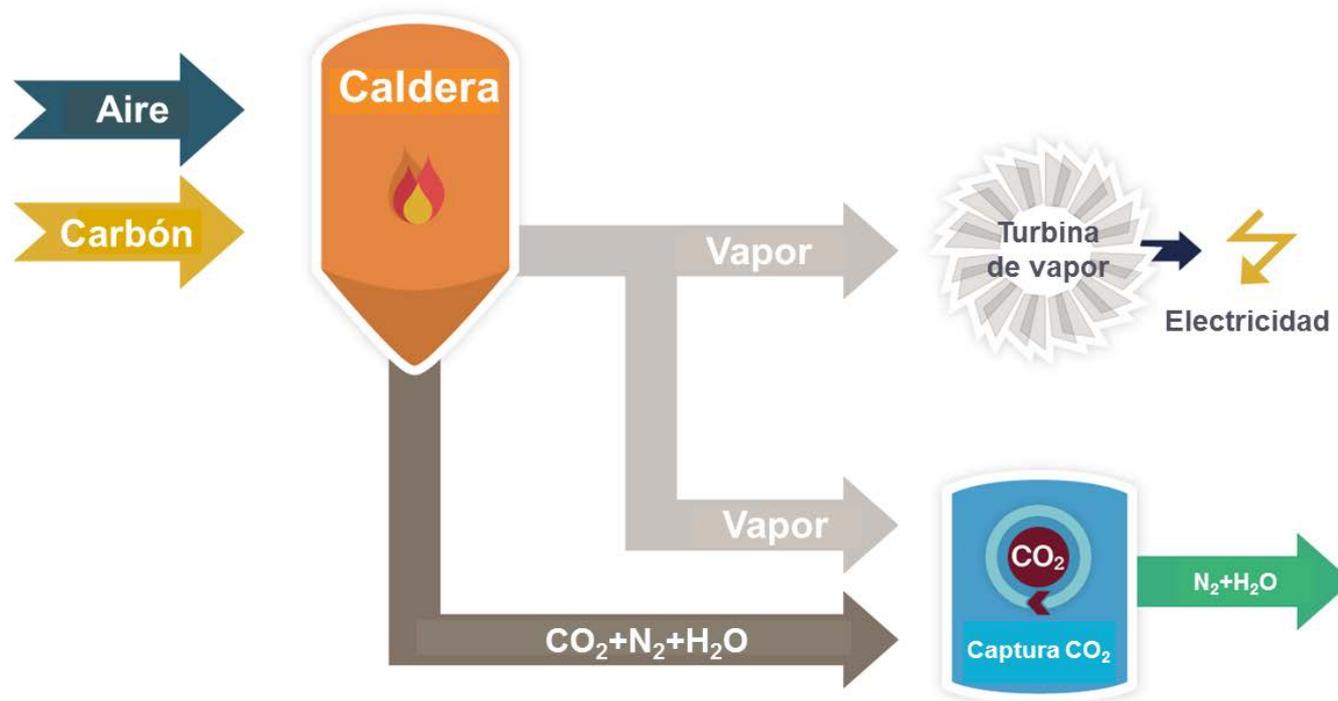
- 0,7 kg de CO₂ por kWh para instalaciones sin tecnología CAUC (producción aprox.)
- 0,9 kg de CO₂ por kWh para instalaciones con tecnología CAUC (producción aprox.)

Teniendo en cuenta una captura en torno a los 0,8 kg por kWh

0,1 kg/kWh

5. Post-combustión

Esquema de captura de CO₂ por post-combustión



PRINCIPALES VENTAJAS

- Son aplicables a plantas ya existentes ("retrofits"), que pueden necesitar CCS antes de finalizar su vida útil (30-50 años).
- Mínima alteración del proceso que genera las emisiones de CO₂

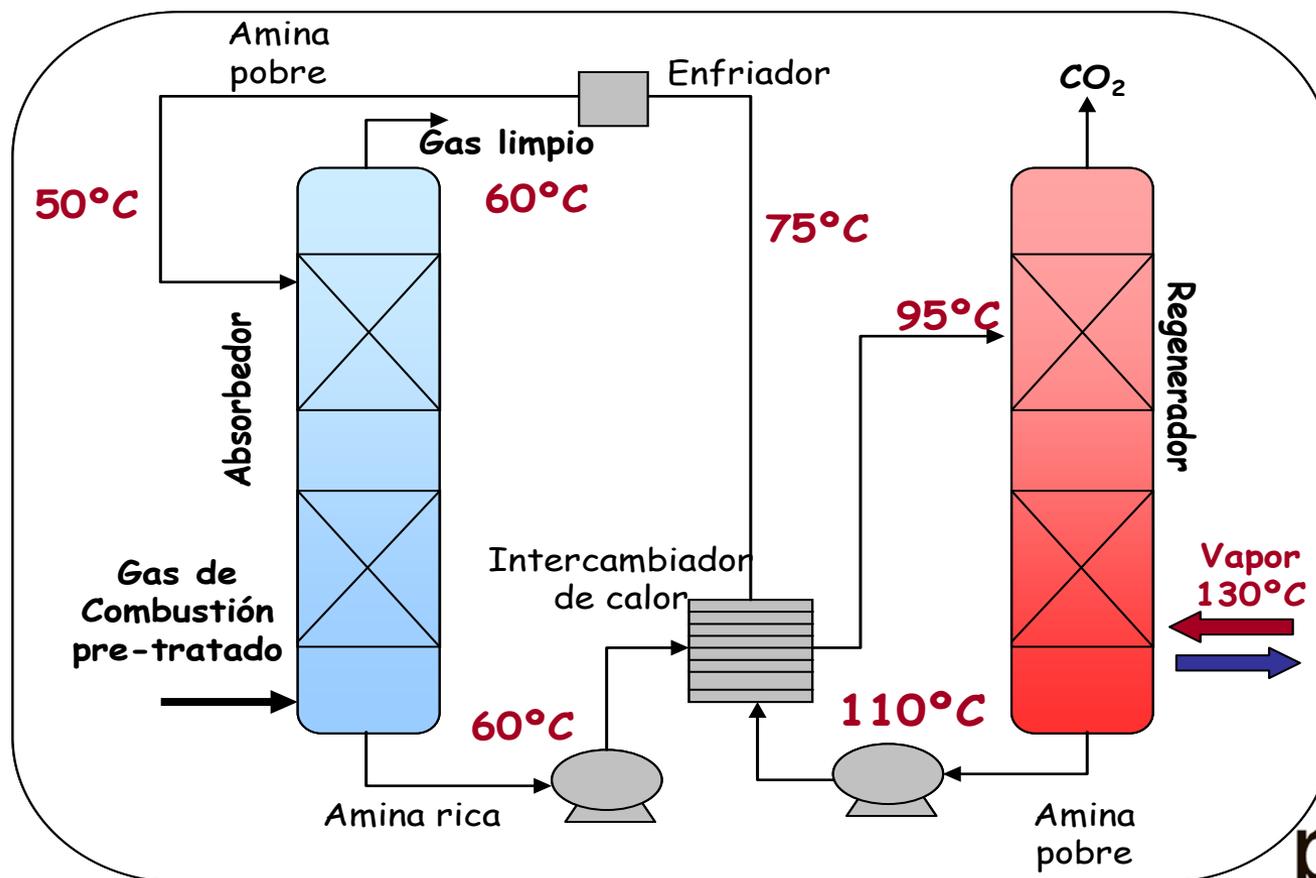
5. Post-combustión

Tecnología comercial: Absorción química

Objetivo

Separar el CO_2 diluido (3 al 30% en vol) del resto de componentes de un gas de combustión, obtenido al quemar con aire un combustible fósil o biomasa.

- Reacción reversible entre un solvente alcalino (amina) y un gas ácido.





6. Tecnologías emergentes

Pre-combustión



REACTOR SMR con ADSORCIÓN CO₂

LECHO CON CATALIZADOR + MATERIAL ADSORBENTE DE CO₂
(hidrotalcitas o silicato de litio) Desplazamiento del equilibrio

→ H₂ puro

--> Regeneración del lecho por
PSA o TSA → CO₂



REACTOR DE MEMBRANA

Separación simultánea del H₂ durante la reacción.
Aplicable a SMR y WGS



DESCARBONIZACIÓN DE HIDROCARBUROS

Basada en la pirólisis de hidrocarburos, fundamentalmente metano (baja relación C/H)



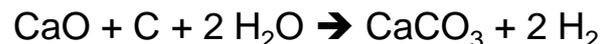
Se produce C como residuo/subproducto → desaparece la necesidad de separación de CO₂
No es necesario realizar WGS.

Descarbonización térmica → 1200°C Descarbonización catalítica → 500-900°C.



ELIMINACIÓN CO₂ EN GASIFICACIÓN

Introducción en el medio de reacción de CaO para la carbonatación directa del CO₂ →
eliminación "in situ"

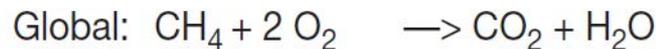
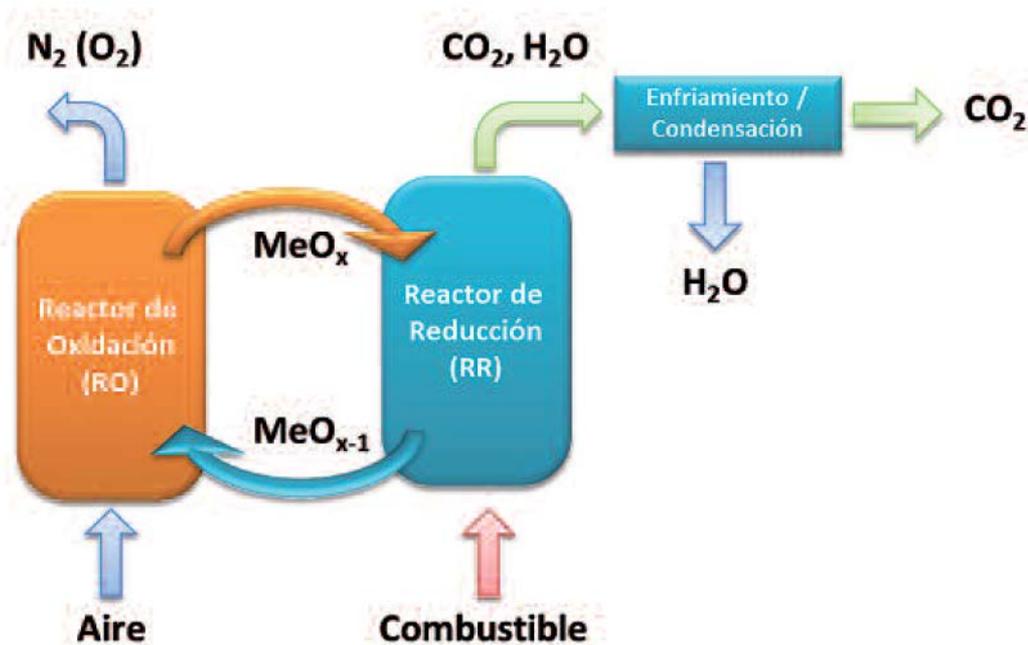


Regeneración del CaO por calcinación (>900°C) del CaCO₃ →
obtención de CO₂ puro

6. Tecnologías emergentes

Oxicombustión

Chemical Looping Combustion (CLC)

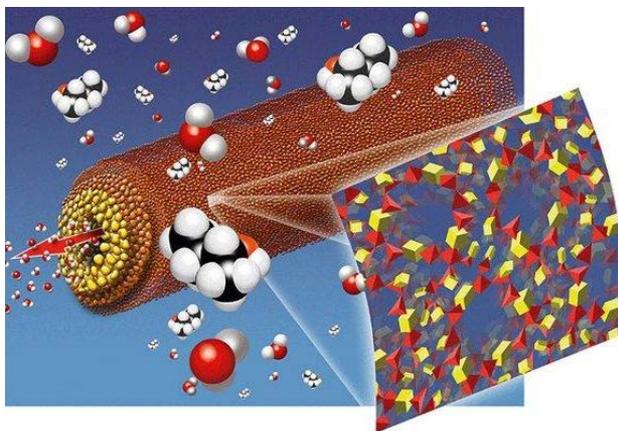


$$\Delta H = \Delta H_r + \Delta H_o$$

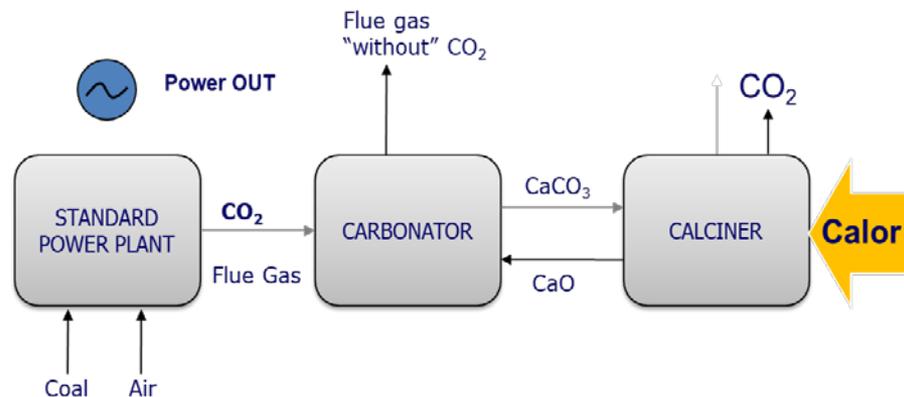
6. Tecnologías emergentes

Post-combustión

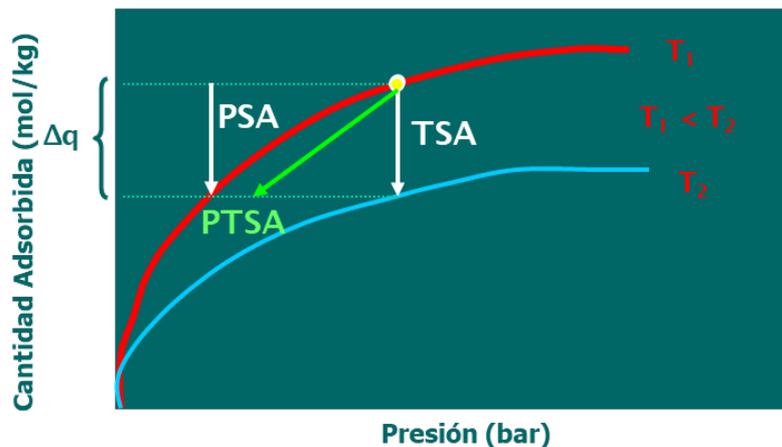
Membranas poliméricas



Carbonatación-calcinación



Procesos avanzados de absorción



• Adsorbentes

- Metal-Organic Frameworks (MOF)*
- Zeolitas*
- Carbonosos*
- Hidrotalcitas*
- Sorbentes biomásicos*

7. Proyectos

Instalaciones CAUC a gran escala

Fuente: Datos Global CCS Institute



- Actualmente hay 19 instalaciones CAUC operando a gran escala
- 4 en avanzado desarrollo (Australia, Países Bajos, Noruega y EE.UU).
- 5 en fase de construcción (China, Canadá y Australia).
- 16 proyectos en desarrollo.

7. Proyectos

Grandes proyectos de CAUC en operación (19)

Fuente: Datos Global CCS Institute

Project Name	Country	Operation Date	Industry	Capture Type	Capture Capacity (Mtpa)	Transport Type	Primary Storage Type
Terrell Natural Gas Processing Plant (Val Verde Natural Gas Plants)	United States	1972	Natural gas processing		1.3	Pipeline	Enhanced oil recovery
Enid Fertilizer CO2-EOR Project	United States	1982	Fertiliser Production	Industrial Separation	0.7	Pipeline	Enhanced oil recovery
Shute Creek Gas Processing Facility	United States	1986	Natural gas processing		7.0	Pipeline	Enhanced oil recovery
Sleipner CO2 Storage Project	Norway	1996	Natural gas processing		0.9	Direct injection	Dedicated Geological Storage
Great Plains Synfuel Plant and Weyburn-Midale Project	Canada	2000	Synthetic Natural Gas	Pre-combustion capture	3.0	Pipeline	Enhanced oil recovery
In salah CO2 Storage	Algeria	2004	Natural gas processing		0.0	Pipeline	Dedicated Geological Storage
Snohvit CO2 Storage Project	Norway	2008	Natural gas processing		0.7	Pipeline	Dedicated Geological Storage
Century Plant	United States	2010	Natural gas processing		8.4	Pipeline	Enhanced oil recovery
Air Products Steam Methane Reformer	United States	2013	Hydrogen Production	Industrial Separation	1.0	Pipeline	Enhanced oil recovery
Coffeyville Gasification Plant	United States	2013	Fertiliser Production	Industrial Separation	1.0	Pipeline	Enhanced oil recovery
Lost Cabin Gas Plant	United States	2013	Natural gas processing		0.9	Pipeline	Enhanced oil recovery
Petrobras Santos Basin Pre-Salt Oil Field CCS	Brazil	2013	Natural gas processing		1.0	Direct injection	Enhanced oil recovery
Boundary Dam Carbon Capture and Storage Project	Canada	2014	Power Generation	Post-combustion capture	1.0	Pipeline	Enhanced oil recovery
Quest	Canada	2015	Hydrogen Production	Industrial Separation	1.0	Pipeline	Dedicated Geological Storage
Uthmaniyah CO2 EOR Demonstration Project	Saudi Arabia	2015	Natural gas processing		0.8	Pipeline	Enhanced oil recovery
Abu Dhabi CCS (Phase 1 being Emirates Steel Industries)	United Arab Emirates	2016	Iron and Steel Production	CO2 compression facility	0.8	Pipeline	Enhanced oil recovery
Illinois Industrial Carbon Capture and Storage	United States	2017	Ethanol Production	Industrial Separation	1.0	Direct injection	Dedicated Geological Storage
Petra Nova Carbon Capture	United States	2017	Power Generation	Post-combustion capture	1.4	Pipeline	Enhanced oil recovery
CNPC Jilin Oil Field CO2 EOR	China	2018	Natural gas processing		0.6	Pipeline	Enhanced oil recovery

7. Proyectos

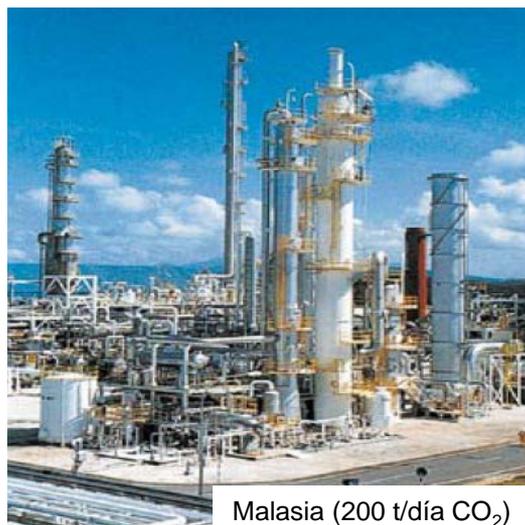
Proyectos de captura en el mundo

Canadá
110 MWe
1Mt CO₂/año



Primera planta comercial de captura de CO₂ en una central térmica de carbón

Dinamarca – 1 t CO₂/h
Central térmica de carbón pulverizado



Malasia (200 t/día CO₂)



Snøhvit (Noruega)
0,7 Mt de CO₂/año

7. Proyectos

Proyectos de captura en el mundo

“Snøhvit” en Noruega (2008)



- **Emplazamiento:** captura en la Isla de Melkøya (norte de Noruega) y almacenamiento situado a 153 km en el Mar de Barents a una profundidad de 2,6 km.
- **Propietarios:** Statoil, Petoro, TOTAL E&P Norge, GDF Suez E&P Norge y RWE DEA Norge.
- **Objetivo:** almacenar unas 0,7 Mt de CO₂/año capturadas en la planta de Snøhvit. En esta planta situada en la Isla de Melkøya se obtiene gas natural licuado que contiene entre 5-8% de CO₂. La captura se produce mediante separación por aminas.
- **Últimas noticias:** a principios de 2010, Statoil anunció que la capacidad de almacenamiento era menor de lo esperado. Por ello, se están tomando medidas para su ampliación. Un programa de monitorización también ha sido puesto en marcha para investigar el comportamiento del CO₂ en el subsuelo.

El Gobierno noruego impuso como condición la aplicación de tecnologías CAUC para aprobar la licencia de puesta en marcha de Snøhvit.

Un incentivo añadido para el almacenamiento de CO₂ vino dado por el impuesto nacional existente para las operaciones petrolíferas realizadas *offshore*: unos 50 \$/t

7. Proyectos



Proyectos de captura en España

- Nuestro país viene teniendo presencia a un nivel muy alto en el desarrollo de las tecnologías CAUC con diferentes proyectos, algunos muy singulares, tales como:



Planta piloto carbonatación-calcinación en La Robla

Planta de 300 kWt con un proceso de carbonatación-calcinación. La planta está conectada a una central de carbón de 655 MWe, La Robla, propiedad de Gas Natural Fenosa.

En esta planta se desarrolla el concepto de "emisiones negativas".

- Algunos ejemplos de infraestructuras que se mantienen en España con potencial de colaboración internacional serían, entre otras, las relativas a:
 - Fundación Ciudad de la Energía, CIUDEN
 - Hulleras del Norte, S.A. (HUNOSA)
 - Instituto Nacional del Carbón (INCAR-CSIC)

7. Proyectos

Proyectos de captura en España



FUNDACIÓN CIUDAD DE LA ENERGÍA, CIUDEN

- CIUDEN se crea en 2006, bajo el auspicio del Gobierno de España para la implementación de la I+D+I en programas de energía y medio ambiente, así como para contribuir al desarrollo económico en la región del Bierzo.
- CIUDEN cuenta con tres infraestructuras:



Planta de captura en Cubillos
Caldera de 30 MWt de lecho fluido circulante (CFB), para el empleo de antracita local y diferentes mezclas de antracita/coque de petróleo. Dos de los principales parámetros en los que la pruebas se han centrado son en el rendimiento de la captura de SO₂ y NO_x utilizando la tecnología de oxidación.



Planta de almacenamiento geológico en Hontomín
Equipada con un pozo de inyección y uno de monitorización de 1.580 m. Ambos están equipados con capacidades que incluyen una red de monitoreo hidrogeológico y un conjunto de herramientas en superficie con 30 estaciones microsísmicas.



Lazo de transporte en Cubillos
De tamaño semi-industrial con 3km, el lazo permite analizar los efectos en los conductos de los siguientes parámetros: composición del CO₂, comportamiento de los materiales, cambios de presión y temperatura, posibles fugas, entre otros.

7. Proyectos



Proyectos de captura en España

HULLERAS DEL NORTE S.A. (HUNOSA): Captura de CO₂ en postcombustión

- El Grupo HUNOSA es una organización empresarial de titularidad pública del sector energético-minero con negocio en España y Latinoamérica desde 1967.



grupohunosa



LA PEREDA CO₂ en Mieres (Asturias)

Planta piloto de 1,7 MW ubicada en La Pereda

que fue construida y puesta en servicio en 2012, bajo el proyecto CaOling dentro del 7PM.

Esta instalación es la planta piloto más grande destinada a la demostración del CLC de lecho fluido circulante y está integrada en una central térmica con una capacidad de instalación de 50 MWe.

La planta piloto está compuesta por dos reactores refractarios interconectados con una altura de 15 m y un diámetro interior de 0,75 m (calcinación) y 0,65 m (carbonatación).

El piloto ha sido diseñado para operar en una amplia gama de condiciones de funcionamiento. Cada reactor está equipado con una junta de bucle que permite controlar la circulación sólida entre los reactores cuando se opera a diferentes velocidades, mediante la desviación de la corriente de sólidos procedentes de la tubería vertical en el mismo reactor (circulación interna) o al reactor opuesto.

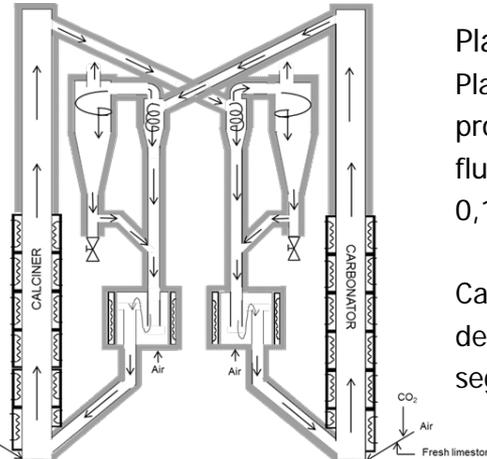
7. Proyectos



Proyectos de captura en España

INSTITUTO NACIONAL DEL CARBÓN (INCAR-CSIC): Captura de CO₂ mediante ciclos de carbonatación

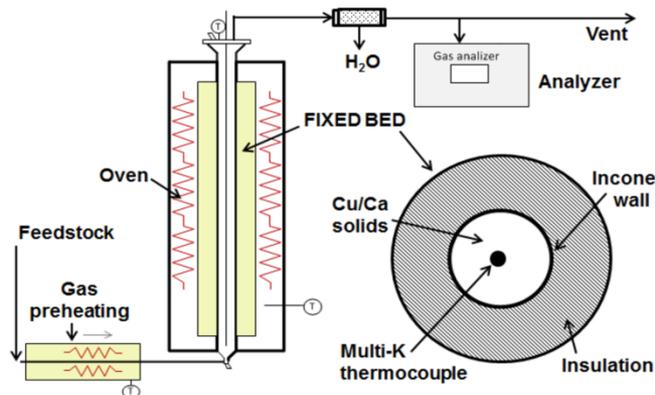
- Estas actividades se concretan en aspectos como la determinación de la cinética del proceso y de las velocidades de desactivación de CaO, el efecto de las impurezas de los gases a tratar (SO₂).
- El INCAR cuenta con dos facilidades:



Planta de captura en Oviedo

Planta a escala piloto de demostración del proceso, de 30 kW que consta de dos lechos fluidos circulantes interconectados (6 m alto, 0,1 m diámetro).

Cada reactor está equipado con un ciclón que devuelve sólidos al reactor opuesto y un segundo ciclón para recuperar las partículas finas.



SER-CLC FIXED BED FACILITY

El elemento principal es un tubo de Inconel (diámetro interno 38 mm x 1000 mm), que puede ser cargado con un peso de sólidos de alrededor de 1 kg. Está instalado dentro de un horno de cerámica (14 kW) para reducir al mínimo las pérdidas de calor. Varios gases, tales como CH₄, H₂, CO, N₂, aire, pueden ser alimentados en el sistema.





¡Muchas gracias!

Síguenos:



@pteco2



facebook.com/pteco2



PTECO2

 YouTube^{ES} PTECO2

Contacto:



www.pteco2.es



secretaria@pteco2.es



+ 34 91 441 89 82