

SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES



Academia
de Ingeniería
México



WORLD BANK

INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA CCUS. CURSO CORTO EN LÍNEA.

SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES



Academia
de Ingeniería
México



WORLD BANK

Ponente: Pablo René Díaz Herrera

Tema: Main capture Technologies

INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA CCUS. CURSO CORTO EN LÍNEA.

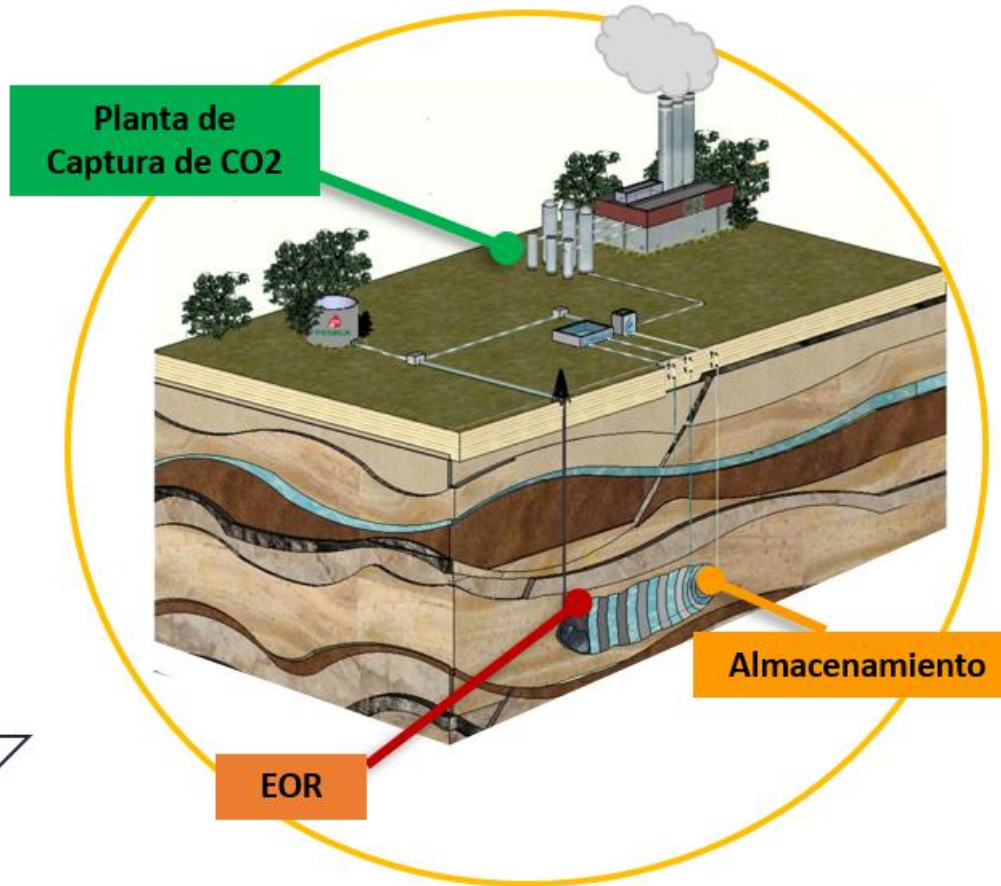
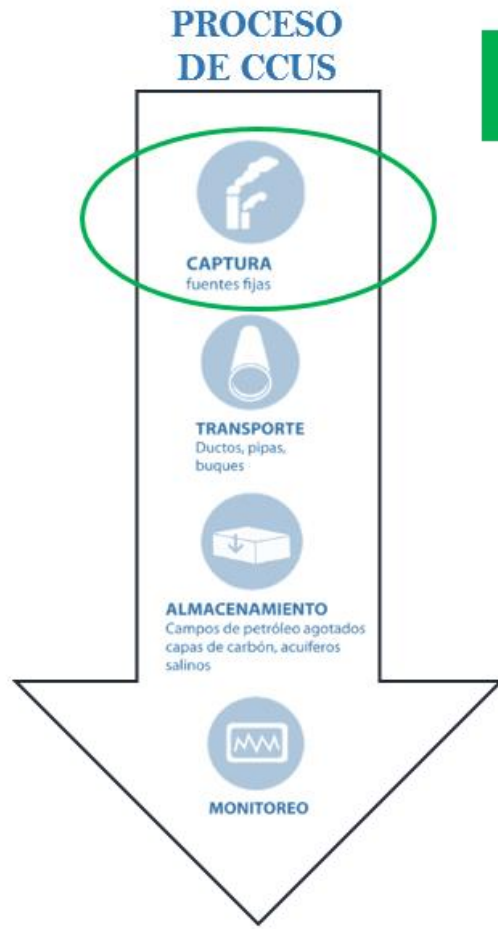
PUNTOS A TRATAR:

- Principales tecnologías de captura de CO₂
- Procesos de separación de CO₂
- Materiales empleados para la captura de CO₂

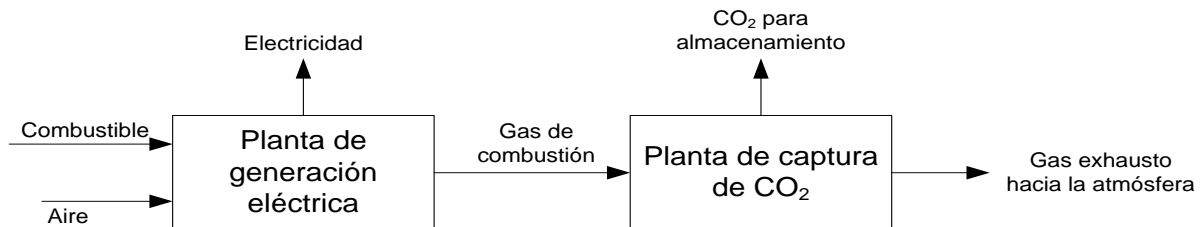




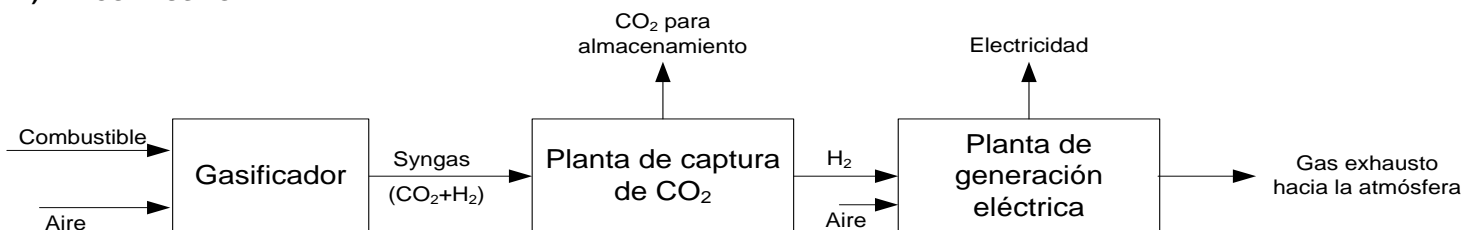
INTRODUCCIÓN



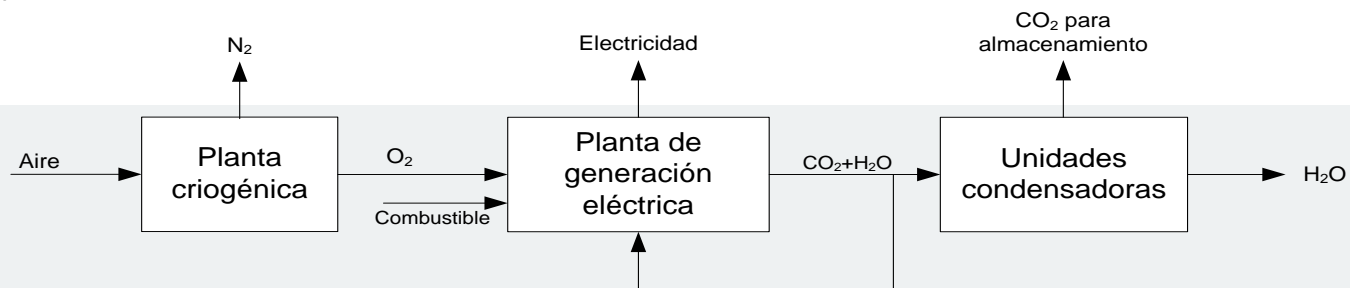
1) POSTCOMBUSTION



2) PRECOMBUSTION



3) OXY-FUEL



Principales tecnologías de captura de CO₂ en función del tipo de central eléctrica (Díaz-Herrera, 2015).

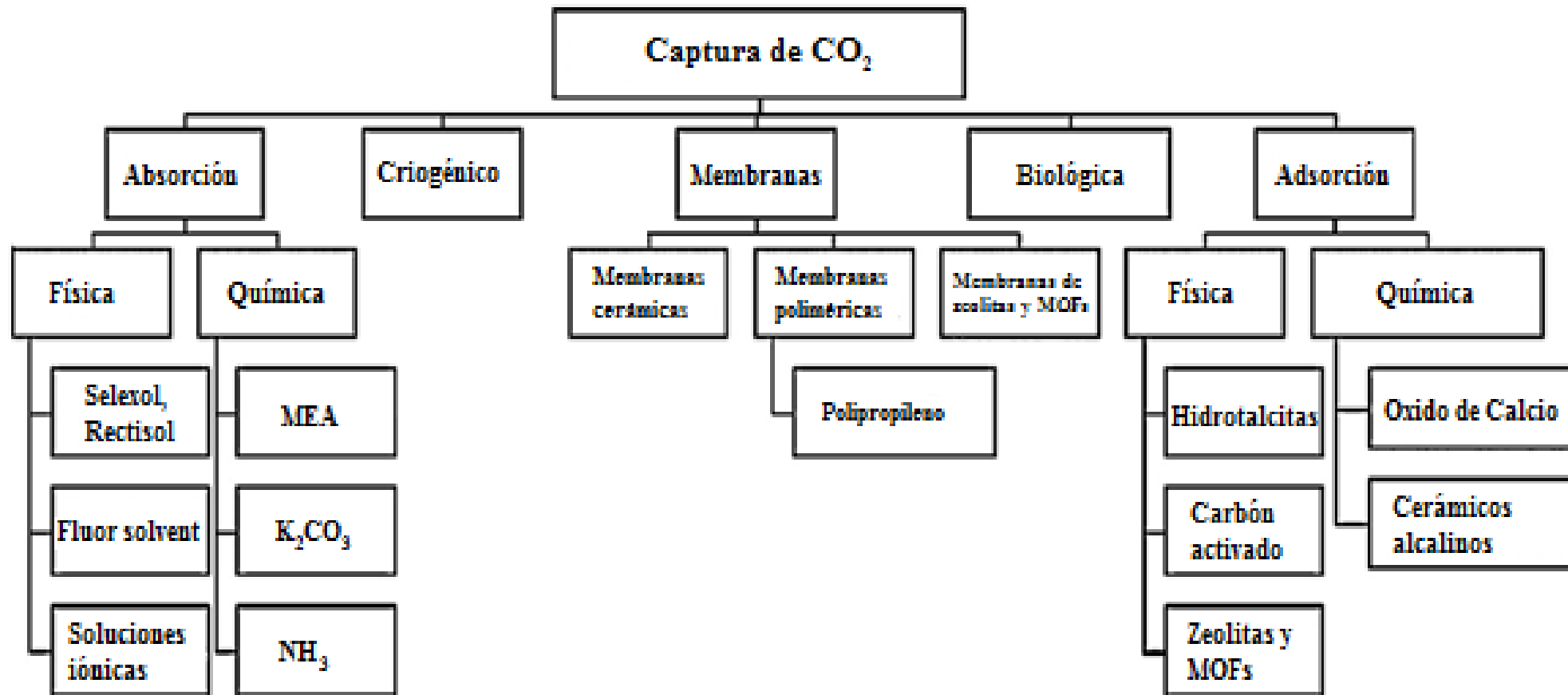
Cuadro comparativo entre las tecnologías de postcombustión, precombustión y oxi-combustion.

Características	Post-combustión	Pre-combustión	Combustión de oxígeno-combustible
Fase de desarrollo de la tecnología	Madura	Demostración	Demostración
Gases removidos	CO ₂ , NO _x y SO _x	CO ₂	CO ₂ y NO _x
Capacidad de volumen de gas a tratar	Alto	Bajo	Bajo
Gases de combustión de central eléctrica comúnmente asociada	Ciclo combinado a base de gas natural (NGCC)	Ciclo combinado a base de gasificación de gas natural (IGCC)	Combustión carbón-oxígeno (Oxy-fuel)
Presión parcial de CO ₂	Baja	Media	Alta
Concentración de CO ₂ (% vol.)	< 4%	15-40	70-95
Presión en corrientes de proceso (psia)	15	950	No disponible
Intervalo de temperatura (°C)	40 – 200	~ 400	No disponible
Complejidad técnica	Baja	Media	Alta
Transformación química del combustible de alimentación	No	Sí	No
Aplicación a centrales eléctricas existentes	Sí	No	No

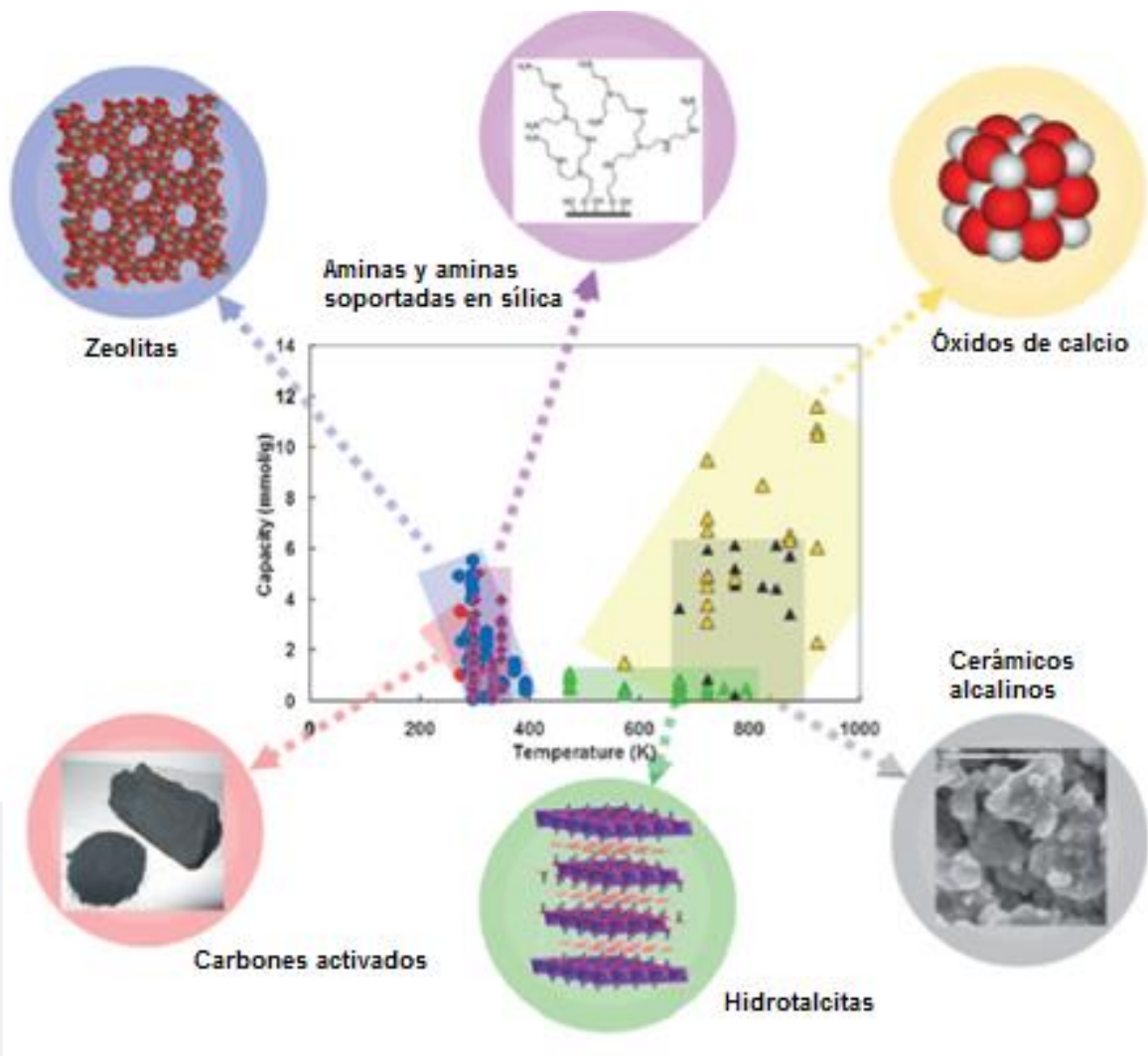
¡Para cada tecnología existen diferentes mecanismos de separación y materiales para capturar el CO₂!



MECANISMOS DE SEPARACIÓN DE CO₂ Y MATERIALES EMPLEADOS



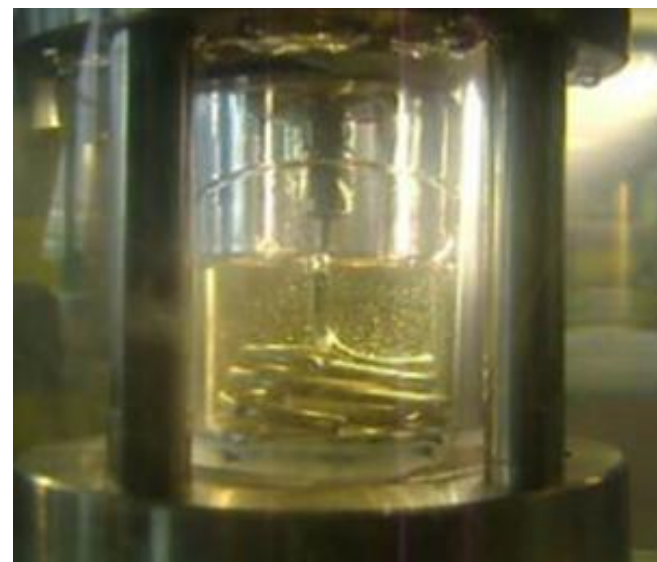
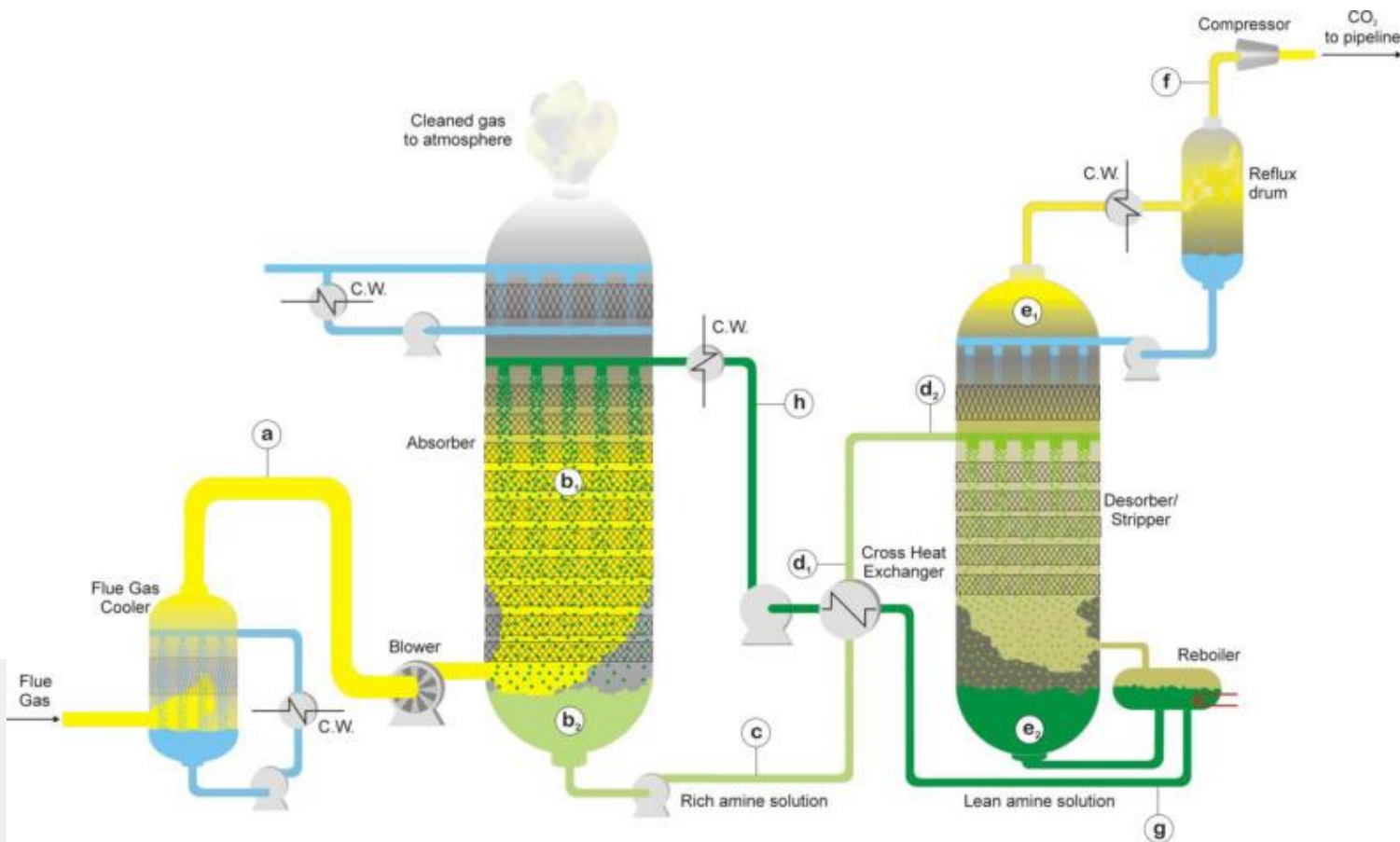
Procesos de separación de CO₂ y principales materiales empleados.



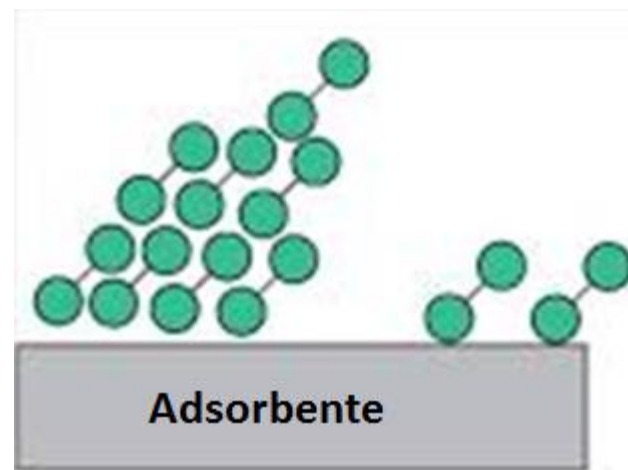
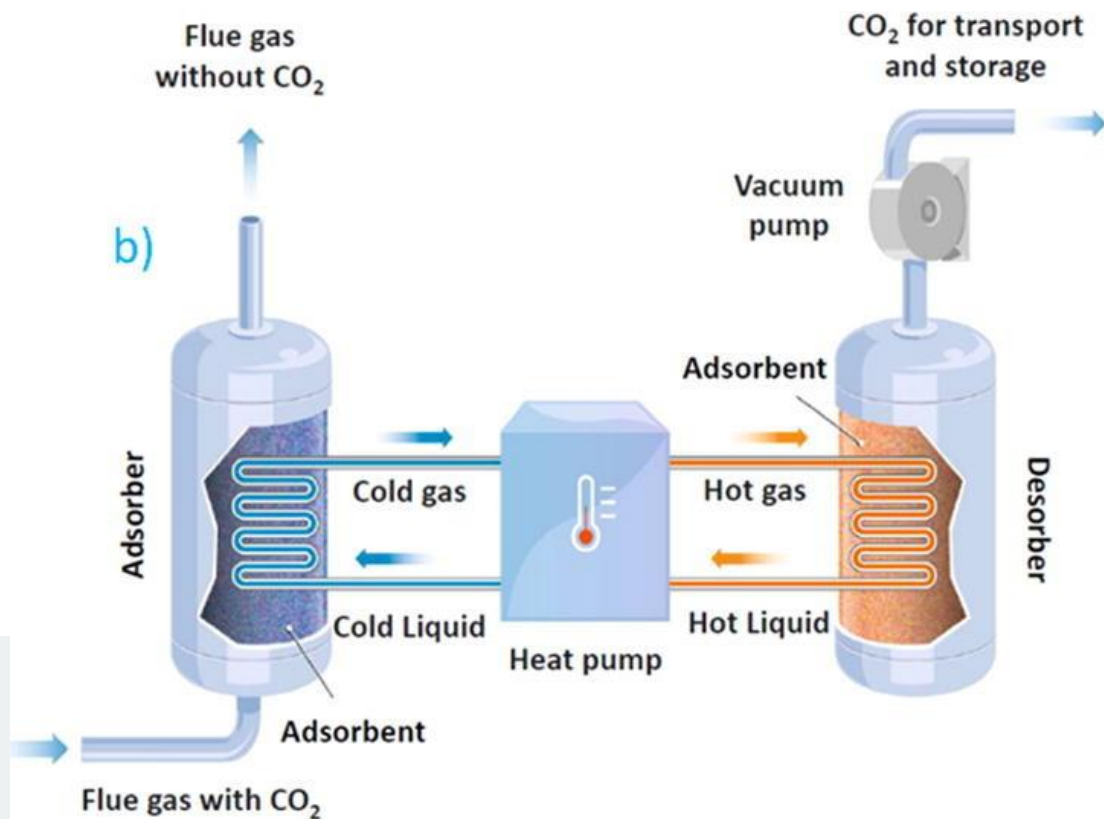
Uno de los principales criterios para decidir sobre uno u otro material en la captura de CO_2 es su temperatura de operación y su capacidad de captura.

Capacidad de captura de CO_2 e intervalo de operación de los materiales disponibles (Choi, 2008).

Separación de CO₂ por absorción con disolventes:



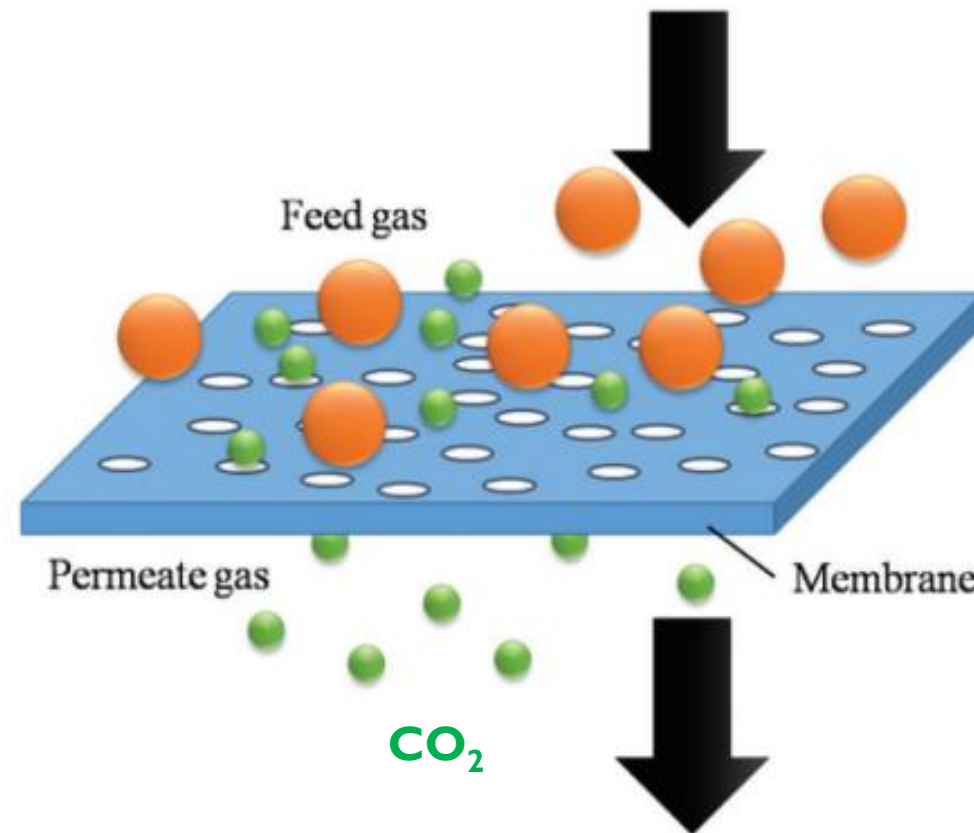
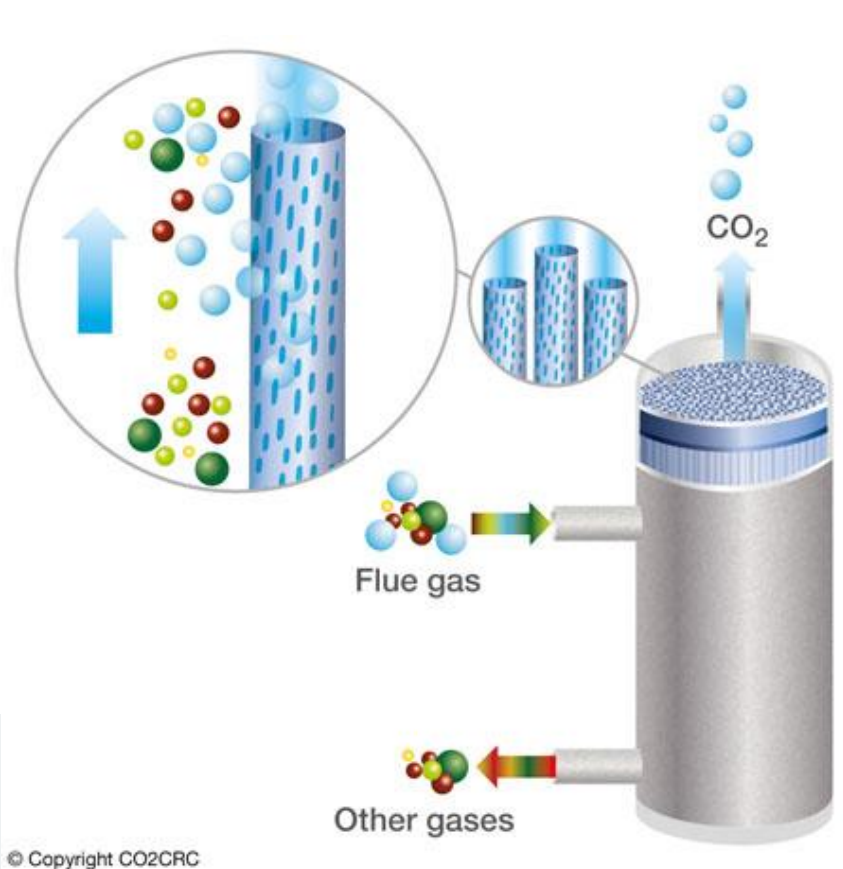
Separación de CO₂ por adsorción con sólidos:



La adsorción es un fenómeno superficial, en donde el CO₂ se adhiere a la superficie del material

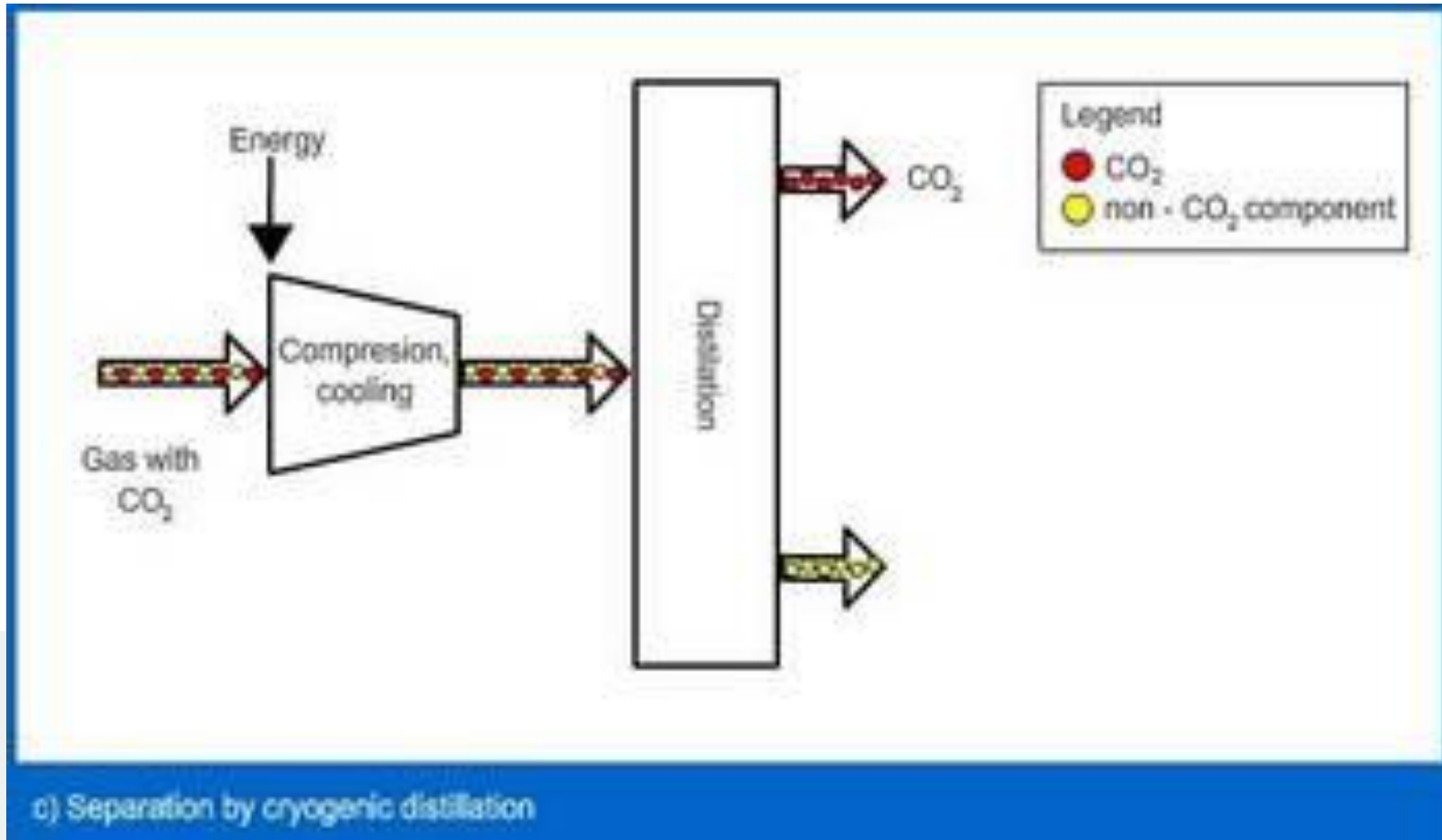
Fuente: Docke et. al. 2020

Separación de CO₂ por permeación con membranas:

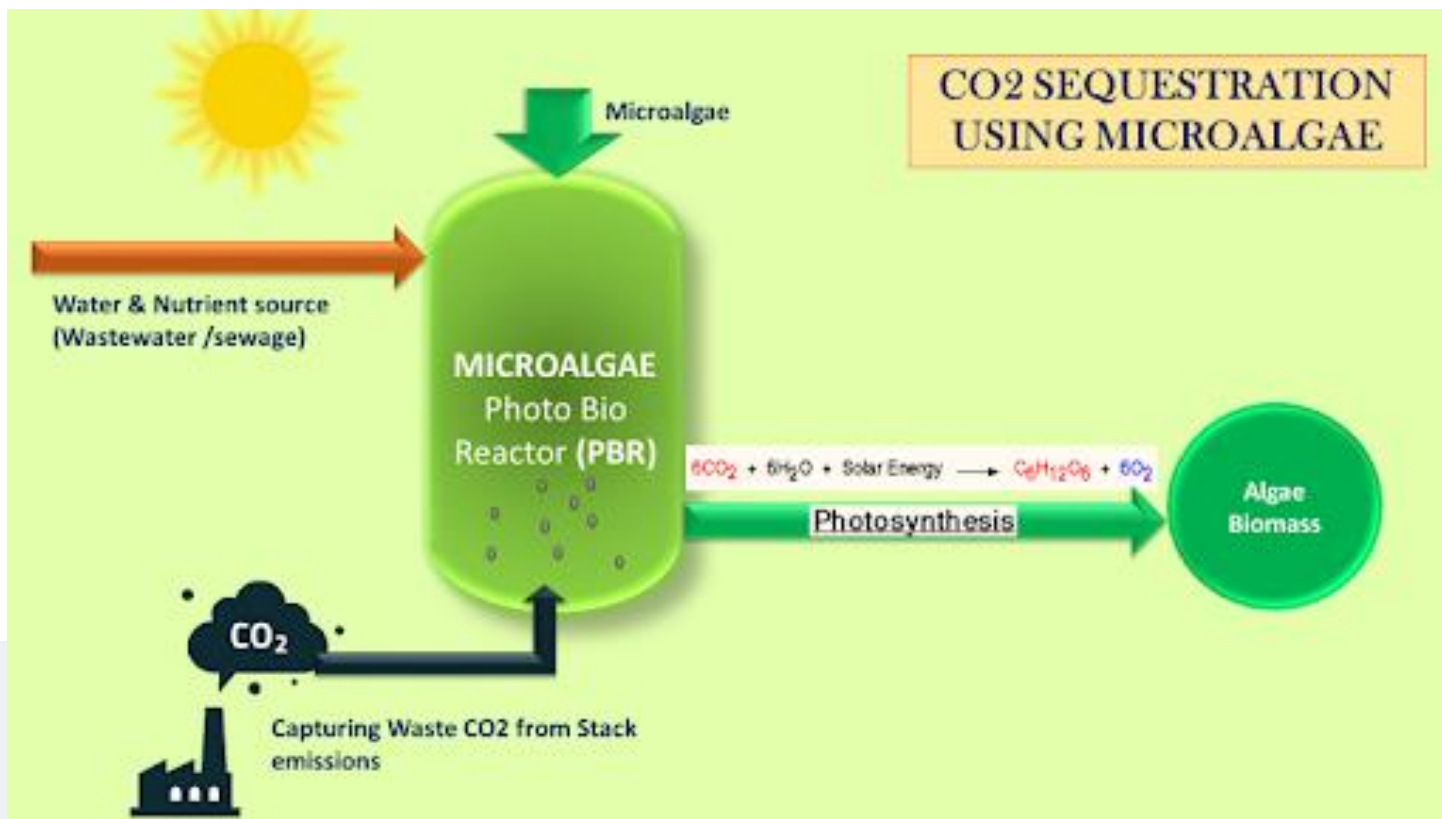


Esquema del principio de separación de CO₂ con membranas (Ji y Zaho, 2017).

Separación de CO₂ por proceso criogénico:



Separación de CO₂ por proceso biológico:



Fuente: <http://greengine.co.in/co2-sequestration-greengine.php>

Comparación entre los procesos de captura/separación de CO₂

Tipo de proceso	Volumen a tratar	Presión parcial	Madurez tecnológica
Absorción con aminas	Alto	Bajo	Alto
Adsorción con sólidos	Bajo	Alto	Bajo
Criogénico	Bajo	Alto	Alto
Membranas	Bajo	Alto	Bajo
Biológica	Bajo	Bajo	Bajo



TECNOLOGÍA DE POSTCOMBUSTIÓN DE CO₂

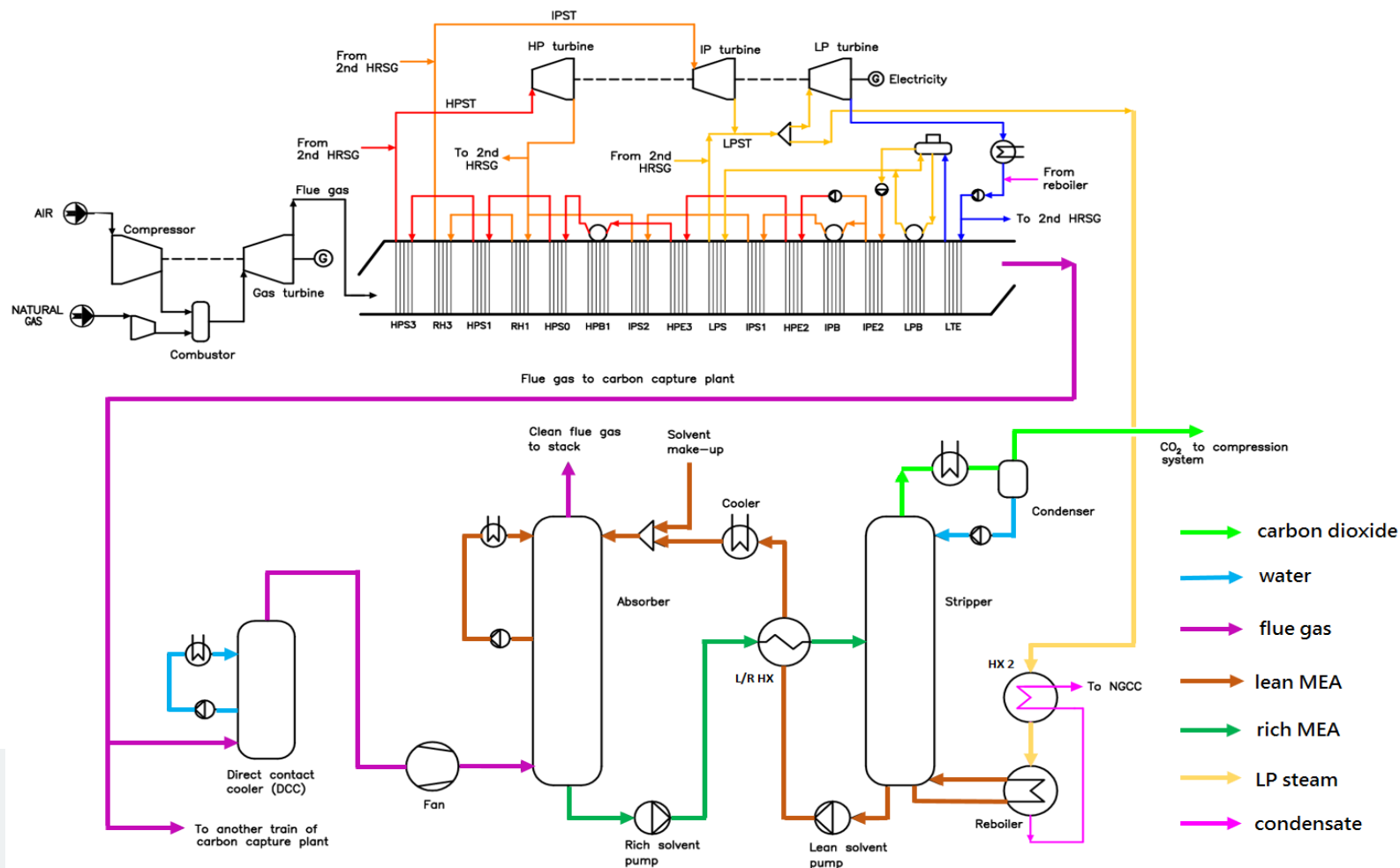


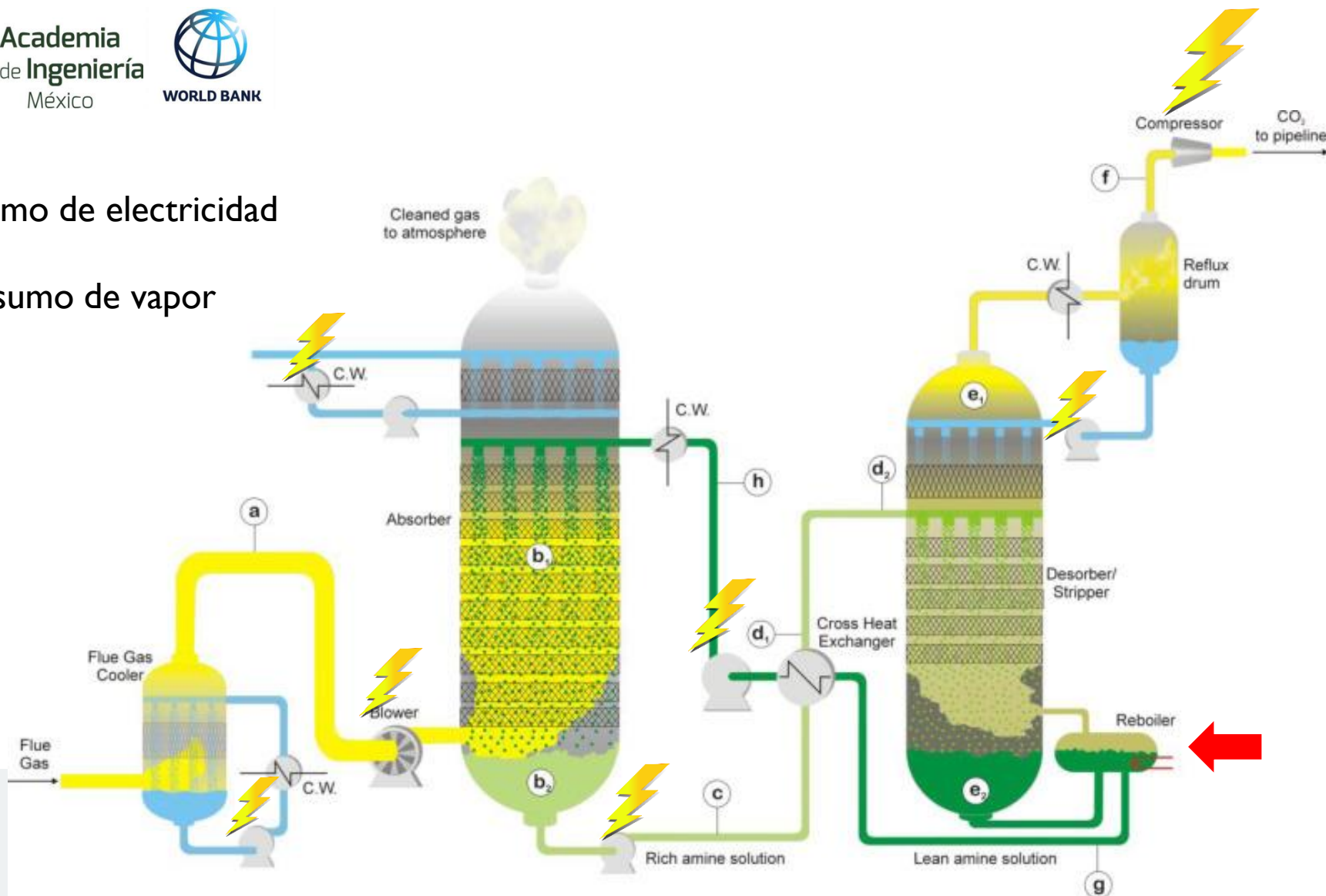
Diagrama de proceso simplificado de un proceso de captura de CO₂ de tipo postcombustión.
(Díaz-Herrera, 2021)



Consumo de electricidad



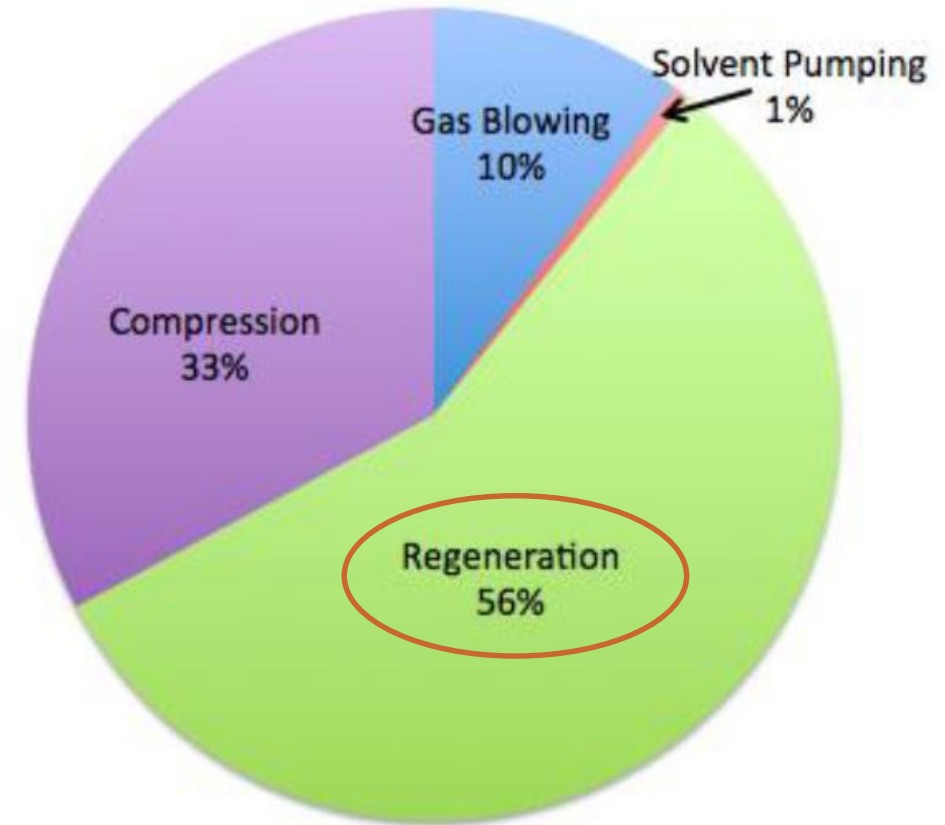
Consumo de vapor



Tecnología de captura de CO₂ por postcombustión con aminas.

“El consumo energético del reboiler es clave”

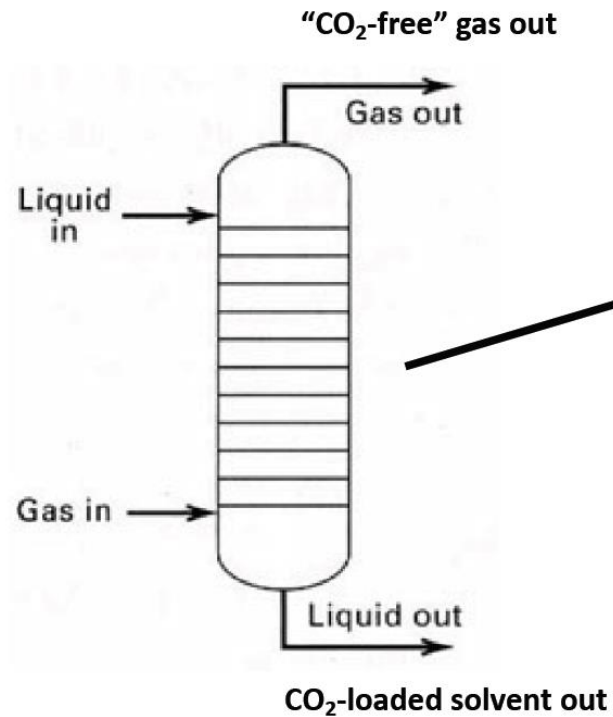
1. Regeneration
2. Compression
3. Blower/Fan
4. Pumping



Distribución del consumo energético de la planta de captura de CO₂.

Wilcox, J. GCEP research symposium (2011).

¿Cómo es realmente una planta de captura de postcombustión?

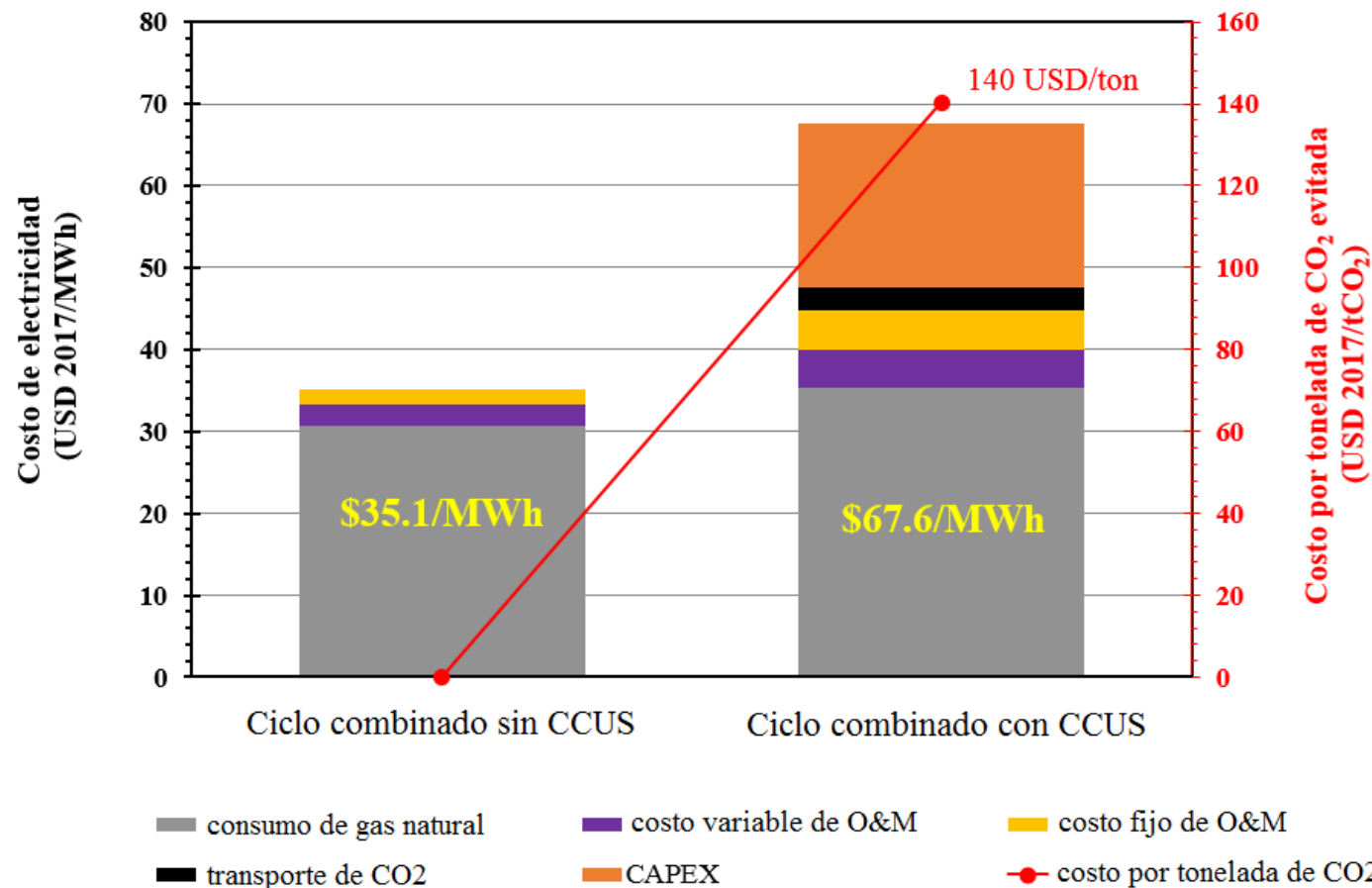


**Petra Nova – 1.4 Mt CO₂/year
115 Meters Tall Absorber**

“La altura del absorbedor del proyecto Petra Nova es equivalente a 2/3 partes la altura de la torre Latinoamericana en México”

Los tres principales problemas asociados a la planta de captura de postcombustión son:

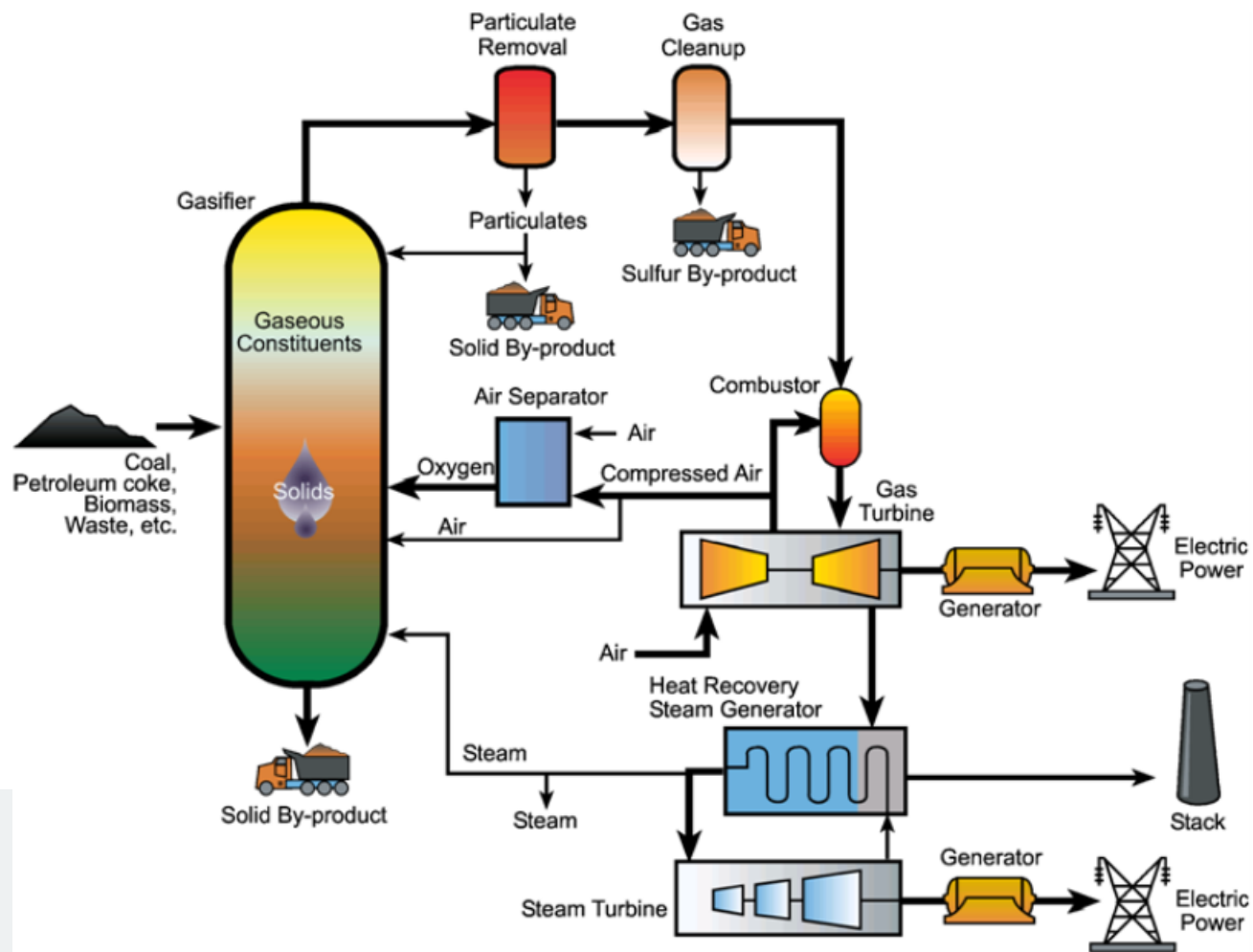
1. El gran volumen de gas de combustión a tratar **aumenta** el costo de capital (**CAPEX**) de la planta y,
2. La baja concentración de CO_2 en el gas de combustión **aumenta** considerablemente la energía térmica para regenerar el solvente, y desde luego, el consumo de combustible = **+ OPEX**.
3. La degradación térmica y oxidativa de la amina, lo que se traduce en mayor reposición de solvente = **+ OPEX**



Costo de electricidad y tonelada de CO₂ evitada para un ciclo combinado con y sin CCUS (elaboración propia).

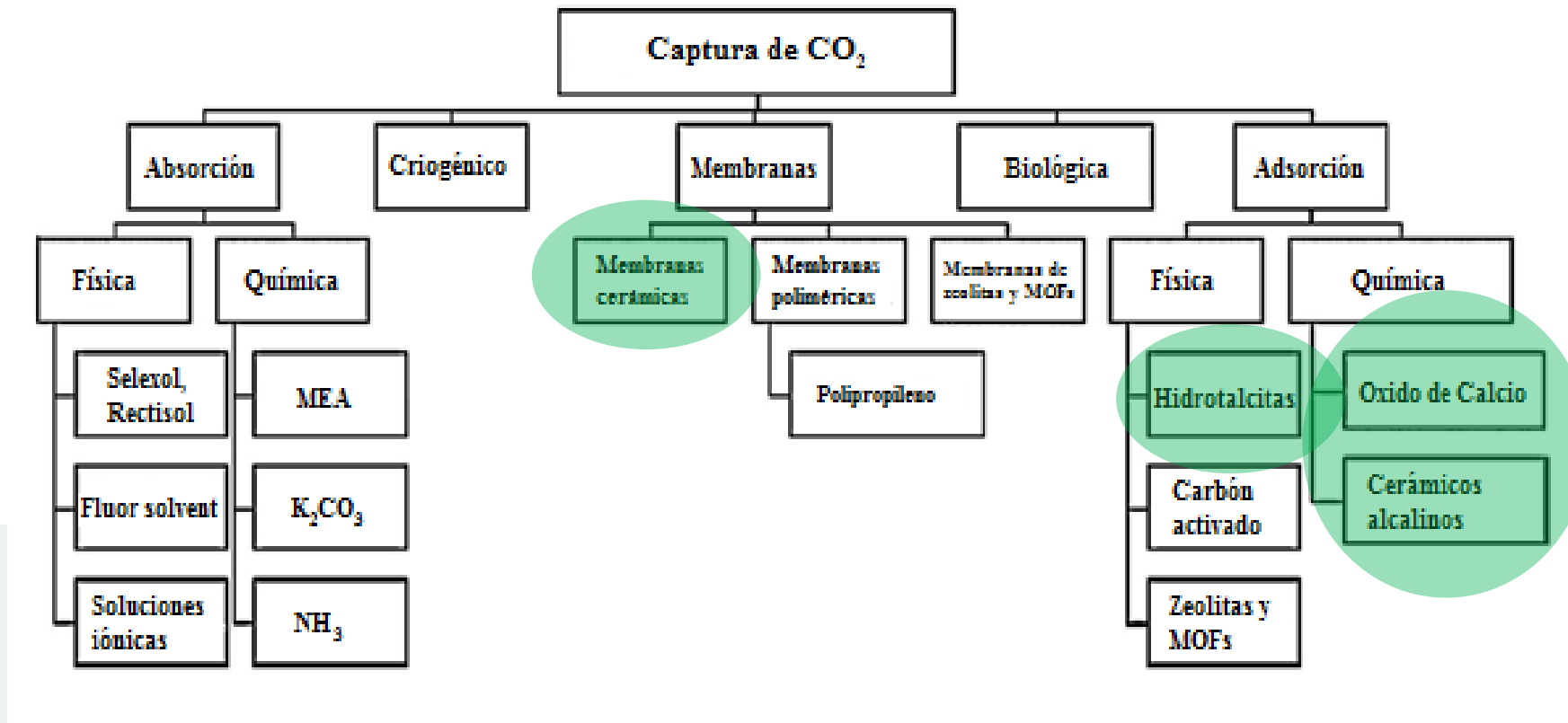


TECNOLOGÍA DE PRECOMBUSTIÓN DE CO₂



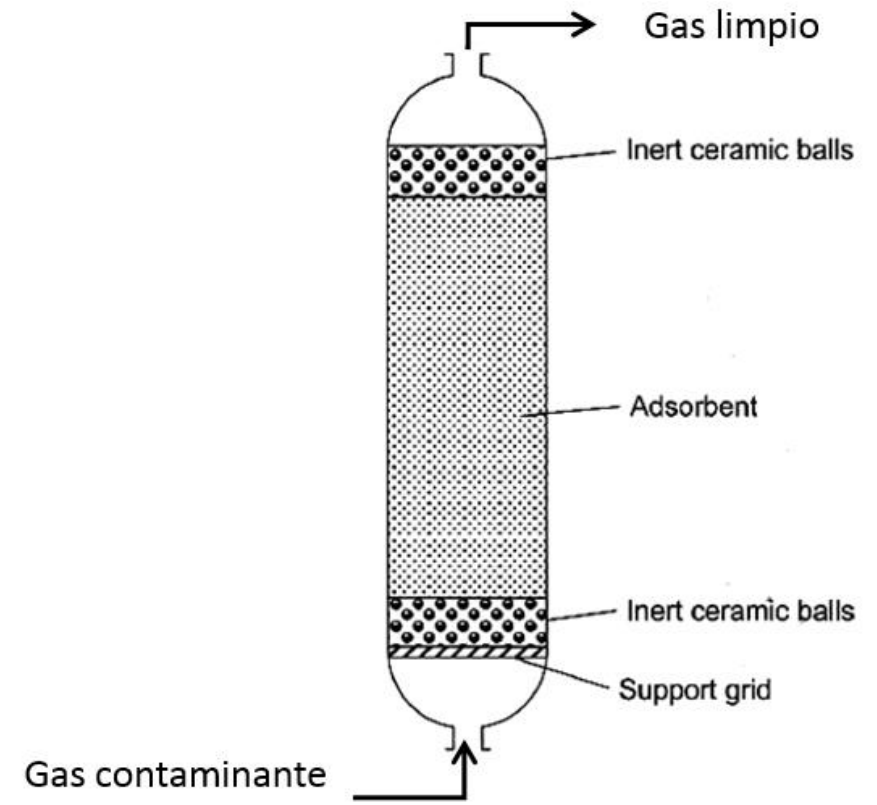
Esquema general de la tecnología de precombustión.

Debido a las temperaturas altas de operación del proceso de postcombustión se emplean materiales térmicamente estables, los cuales pueden variar de acuerdo al mecanismo de separación en:

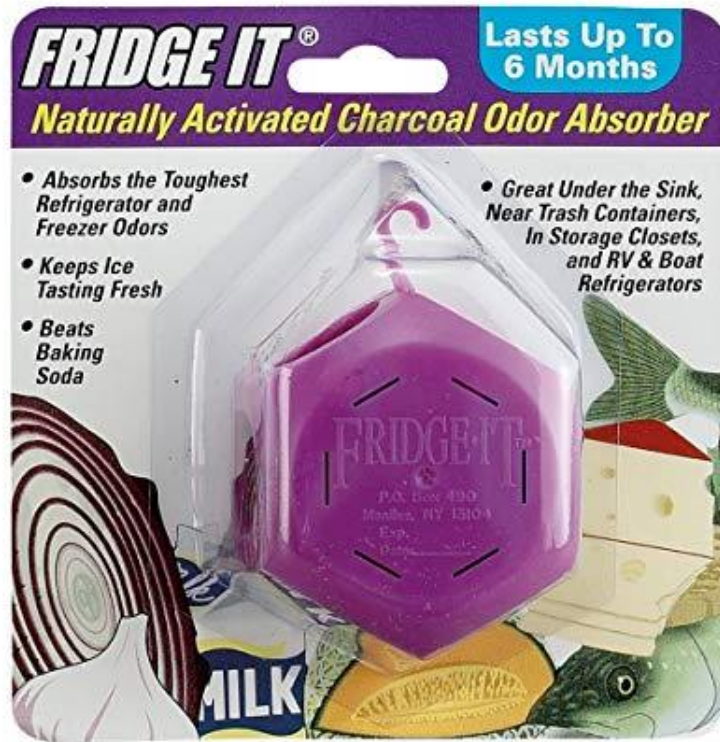


Materiales candidatos para la captura de CO₂ en precombustión.

Los adsorbentes pueden presentarse en forma de polvos o en pellets/granulares. Estos últimos pueden poseer forma geométrica de tipo esférica, cilíndrica y/o aleatoria.



Ejemplos de separación adsorción-gas:

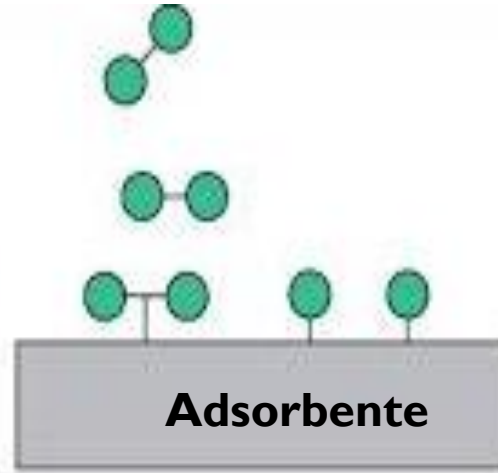


Existen dos tipos de mecanismo de adsorción:

a) Física o fisisorción:

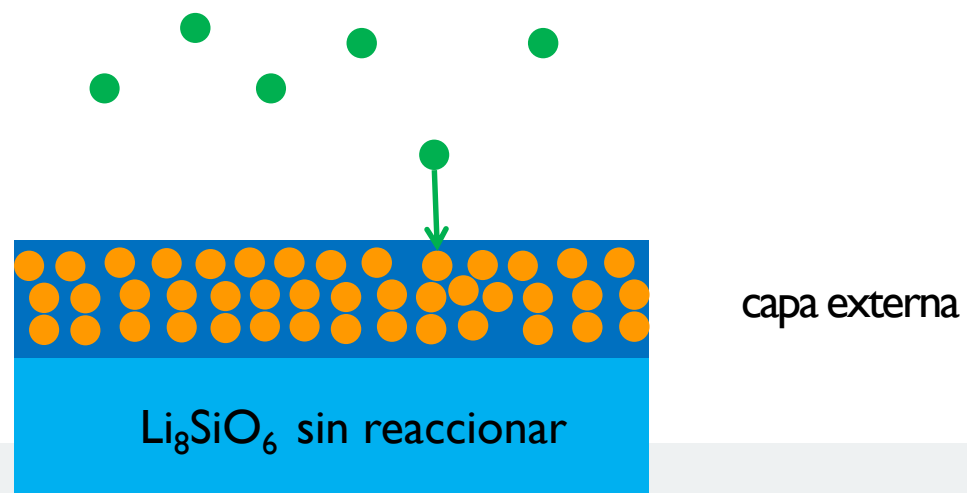
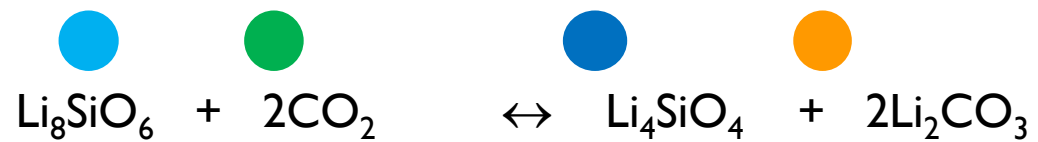


a) Química o quimisorción:

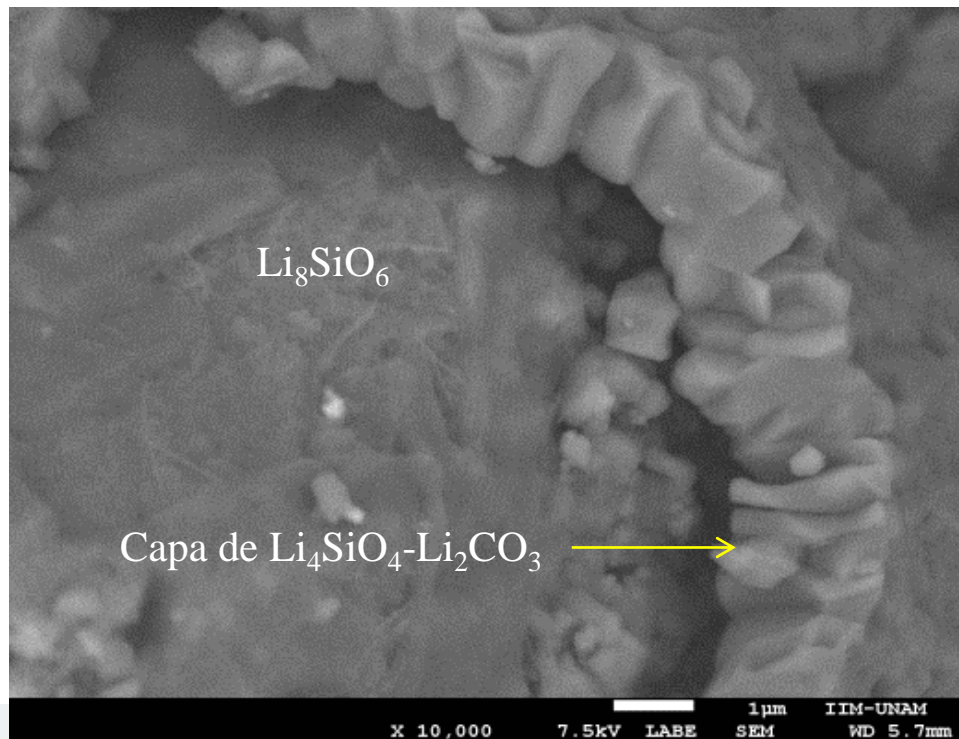
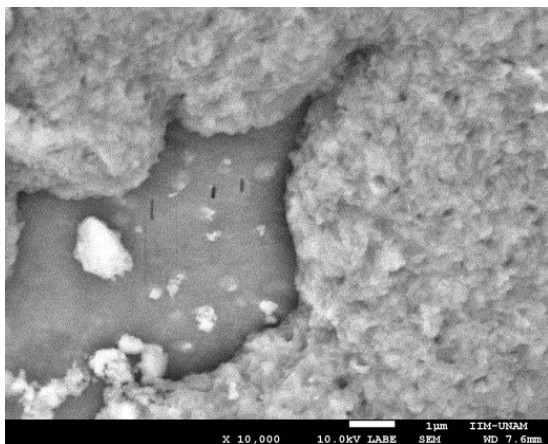


- Adhesión del CO_2 al adsorbente sin reacción química.
- Materiales: carbón activado, zeolitas, hidrotalcitas.
- Baja capacidad de captura a baja presión.

- Adhesión del CO_2 al adsorbente con reacción química.
- Óxido de calcio (CaO) y captores cerámicos.
- Alta capacidad de captura a baja presión.



Mecanismo de reacción del CO_2 con oxosilicato de litio (Li_8SiO_6).



Micrografías de la formación de la capa externa de los productos de adsorción del sistema $\text{Li}_8\text{SiO}_6\text{-CO}_2$ alta presión y temperatura.



Principales factores que alteran el proceso de adsorción de CO_2 :

- Porosidad
- Volumen de poro
- Área superficial
- Presión
- Temperatura
- Velocidad de adsorción de CO_2 con adsorbente (cinética).
- Composición y concentración de diferentes gases y vapores, por ejemplo: humedad.

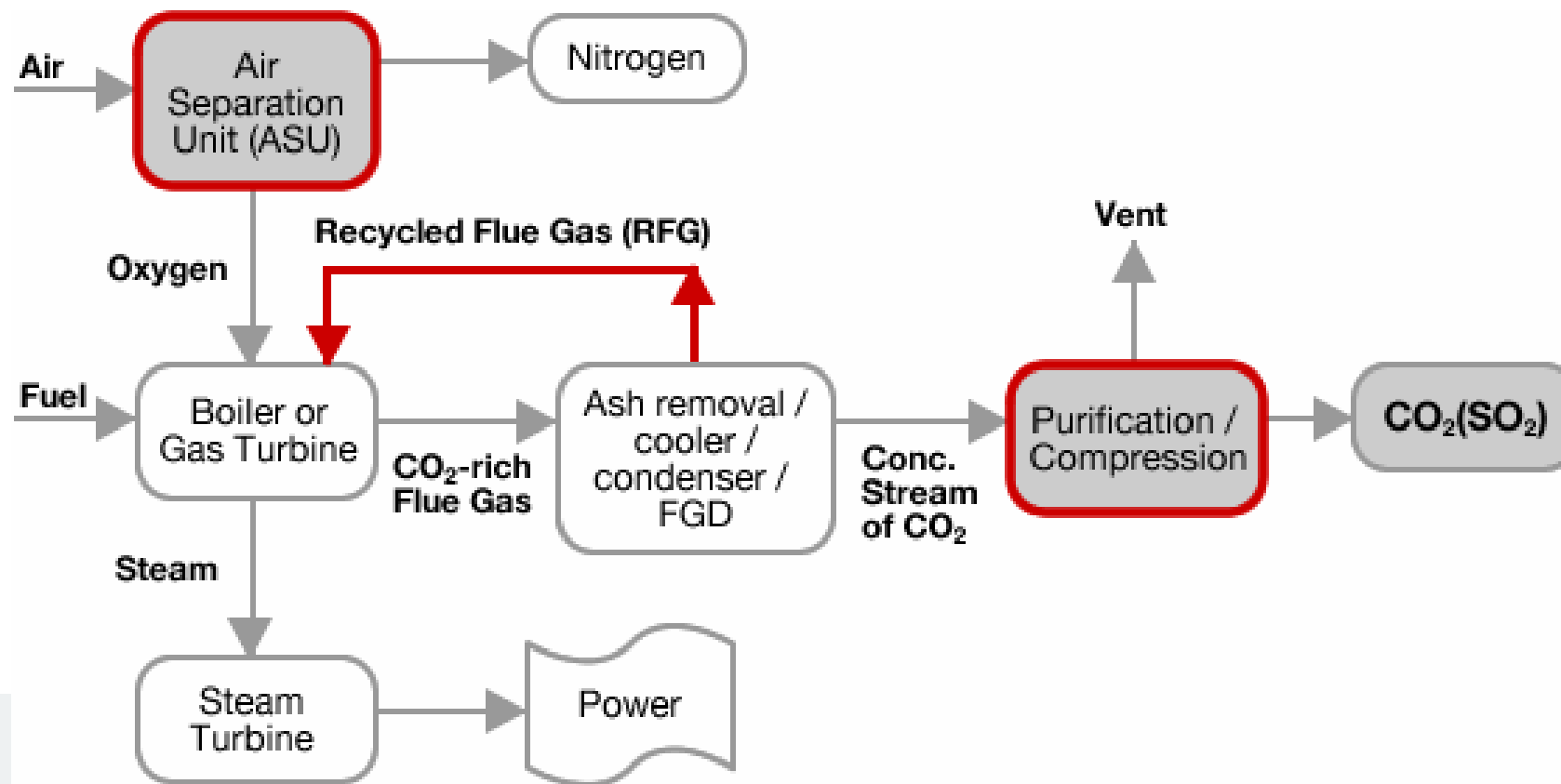


TECNOLOGÍA DE OXICOMBUSTIÓN



¿En qué consiste?

- Es una tecnología mediante la cual se sustituye, en un sistema de combustión, el aire alimentado por una corriente de oxígeno + gases residuales recirculados como mezcla comburente para quemar el combustible.
- El propósito es producir una corriente concentrada de CO_2 que pueda ser purificada para su secuestro mediante procesos de separación físicos.

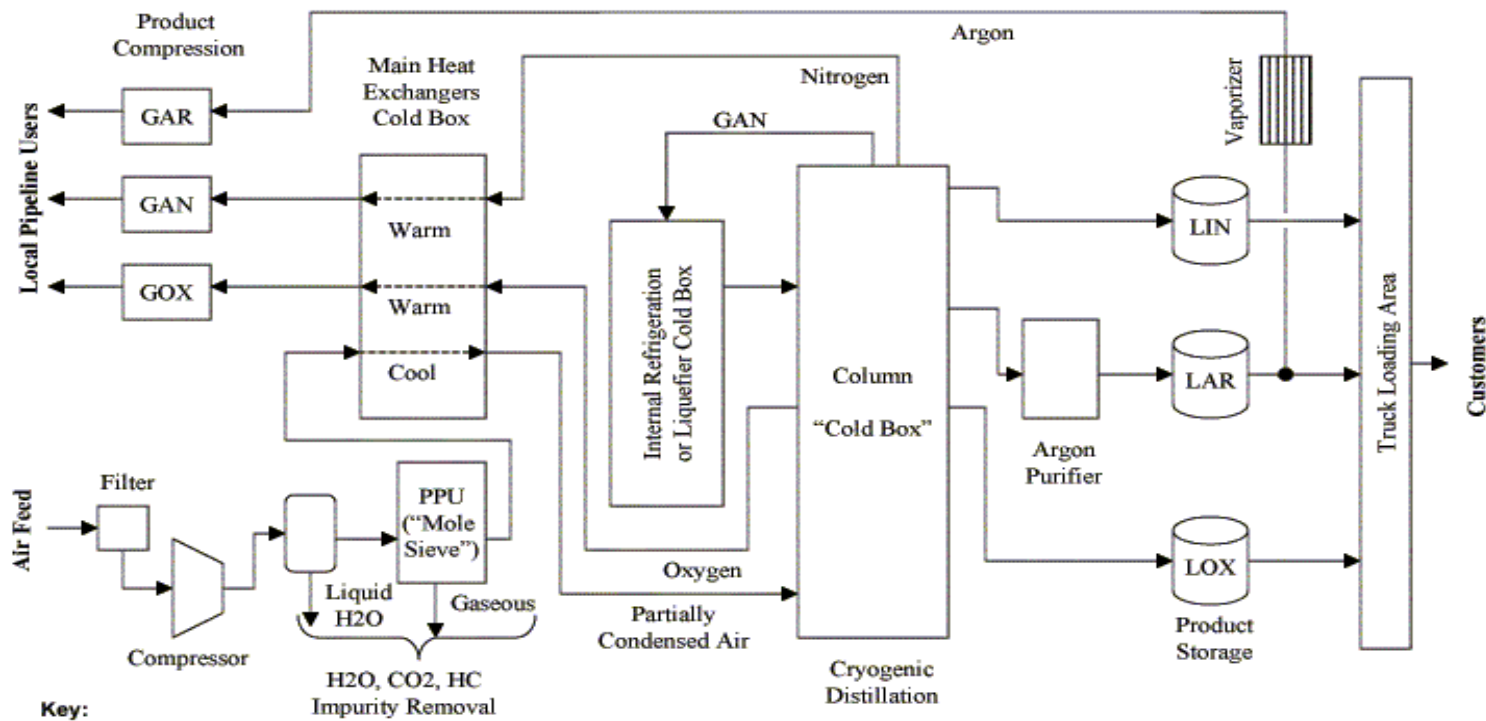


<https://www.newcastle.edu.au/research-and-innovation/centre/energy/research/low-emission-coal/oxy-fuel/oxy-fuel-technology>

Esquema general de la tecnología de oxidación.

ASPECTOS CONCEPTUALES:

- Una planta de generación de oxi-combustión requiere el suministro constante de grandes cantidades de oxígeno (aprox. 20 t/d/MW).
- La separación criogénica de aire es el proceso estándar para la producción de oxígeno a gran escala.
- El gran interés en la oxi-combustión en los últimos años ha estimulado el desarrollo de unidades de separación más grandes y eficientes.
- La separación de aire con base en membranas cerámicas conductoras de oxígeno (como el perovskites) es una tecnología emergente que tiene el potencial de suministrar grandes cantidades de oxígeno con un menor consumo de energía.



Key:

Gaseous	Product	Liquid
GAN	Nitrogen	LIN
GAR	Argon	LAR
GOX	Oxygen	LOX
CO2	Carbon Dioxide	-
H2O	Water	H2O
HC	Hydrocarbons	-

<http://www.uigi.com/cryodist.html>

Generic Air Separation Unit (ASU)

- Shows inter-relationship of major components
- Specific plants will vary

<http://www.uigi.com/cryodist.html>

- Es un proceso físico que se basa en la diferencia en los puntos de ebullición del oxígeno (-183 C) y el nitrógeno (-195 C).
- La compresión de grandes volúmenes de aire en combinación con las pérdidas energéticas asociadas al proceso de separación, hacen de ésta una tecnología de consumo intensivo de energía. Representa el mayor costo energético adicional de la oxi-combustión.
- La tecnología continúa en desarrollo buscando reducir su consumo energético.

Esquema de la unidad separadora de aire



Datos:

- La oxi-combustión se concibió a principios de la década de 1980, como una tecnología para producir CO_2 de alta pureza destinado a la recuperación mejorada de petróleo.
- Debido al creciente interés en CCS, se realizaron en la década de 1990 los primeros estudios a escala piloto, despertando el interés de los fabricantes de calderas.
- Con respecto la captura de CO_2 en plantas de energía, se ha visto rezagada detrás de tecnologías de postcombustión debido al alto costo de la unidad separadora de aire.

SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES



Academia
de Ingeniería
México



WORLD BANK

Muchas gracias !!

Ponente: Pablo René Díaz Herrera.

Dirección Electrónica: pablodiaz@comunidad.unam.mx
pablor.diazh@gmail.com

INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA CCUS. CURSO CORTO EN LÍNEA.