

ANEXO 1. CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CO₂

1.1.- Descripción Técnica

La tecnología de captura de CO₂ y su almacenamiento comprende 3 elementos: la separación de CO₂ de fuentes industriales y las relacionadas con la generación de energía eléctrica, el transporte hasta el lugar de almacenamiento y el propio almacenamiento, generalmente en formaciones geológicas de diversos tipos.

Hay diversas opciones tecnológicas para estos tres elementos que están en desarrollo tanto su disponibilidad como la viabilidad económica (Fig. A1.1).

De ellas, optamos por la post-combustión por medio de una planta de absorción ya que es la tecnología más madura. Se ha utilizado durante décadas en la industria alimenticia y de producción de urea, aunque no para separar concentraciones de CO₂ tan reducidas como las provenientes de los gases de combustión de una caldera de carbón; el transporte se realiza por medio de tuberías hasta el punto de inyección del gas en almacenamiento geológico.

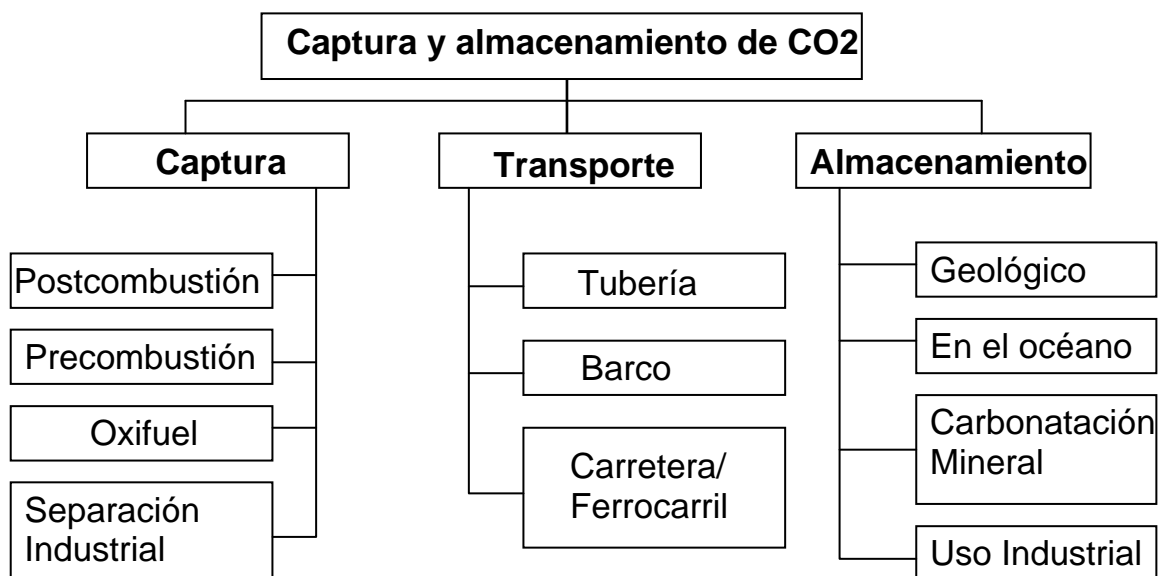


Figura A1.1.- Diversas opciones de tecnología de captura y almacenamiento de CO₂

1.2.- Captura de CO₂

Captura Post-combustión

El sistema de captura post-combustión separa el CO₂ de los gases de combustión generados de la combustión de combustibles fósiles de plantas de generación eléctrica, hornos de producción de cemento y hornos de procesos industriales. Los procesos de absorción en base a disolventes químicos (normalmente una amina, v.g. MEA, MDEA, Sulfinol) son los preferidos para la técnica de captura de CO₂ postcombustión.

El proceso de absorción

El proceso de absorción en post-combustión, hace uso de la reversibilidad química de la reacción de los solventes acuosos alcalinos, normalmente aminas, con un gas ácido. En la Fig. A1.2 está representada de manera esquemática la etapa principal del proceso de captura de CO₂ con absorción química. Después del pretratamiento del gas de combustión (desulfuración y/o enfriamiento), éste se pone en contacto con el solvente en la columna del absorbedor.

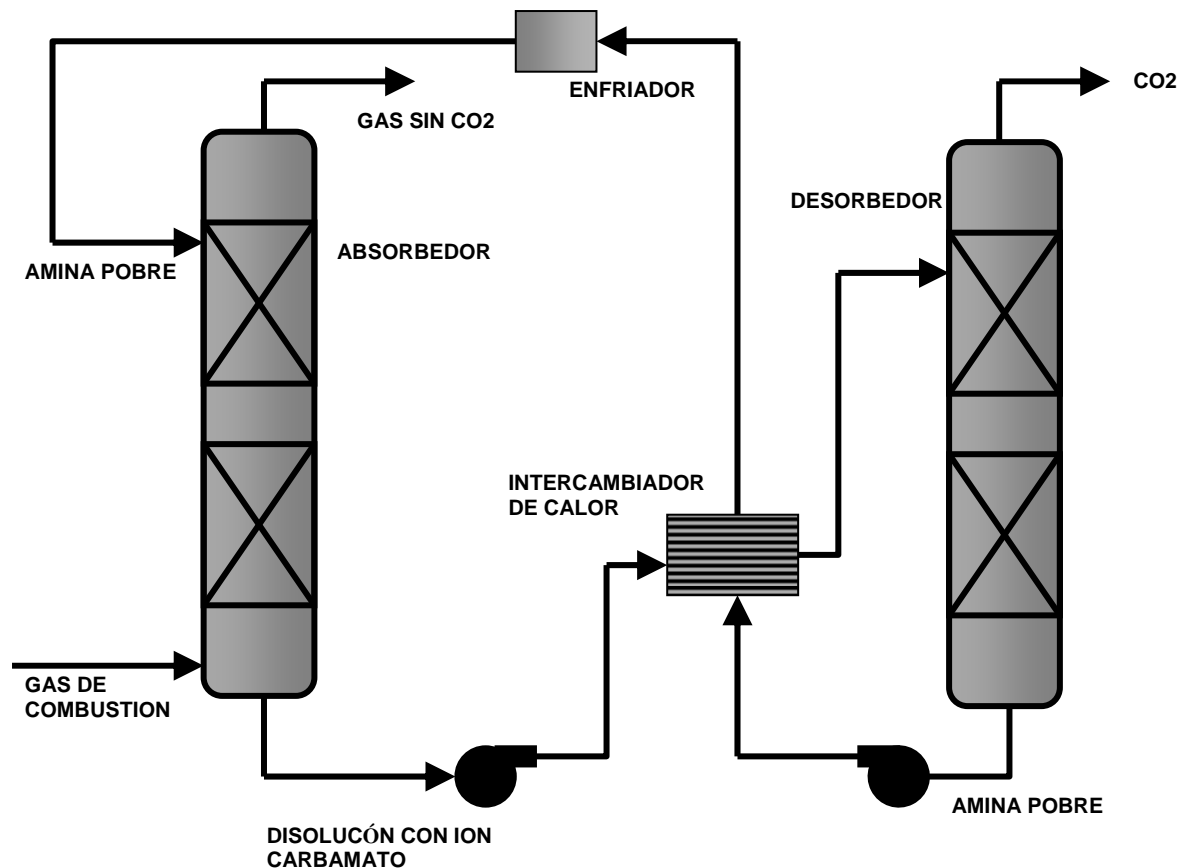


Figura A1.2.- Esquema del proceso de absorción química

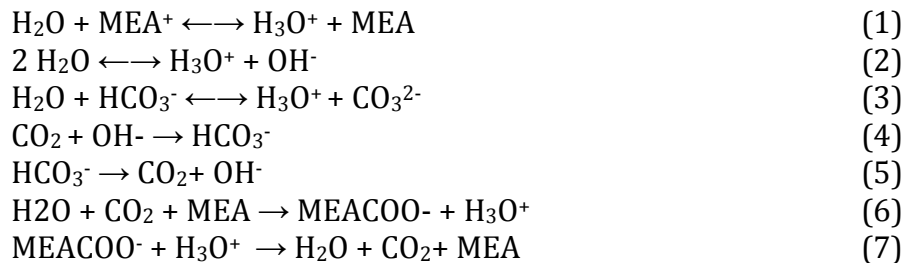
Un soplante impulsa el gas con la suficiente presión para que venza la caída de presión a través de la torre. En ésta, la temperatura típica es de 40°C a 60°C a la entrada.

Por la parte posterior, los gases abandonan la torre por venteo. Es posible reducir la concentración de CO₂ en esta corriente hasta valores cercanos a cero, debido a la reacción química, pero estos valores de concentración, hacen incrementar la altura de la torre y, por tanto, el coste. El líquido con los iones carbamato disueltos, o amina rica, abandona el absorbedor por la parte inferior y es bombeado a la parte superior del desorbedor o *stripper* haciéndolo pasar a través de un intercambiador de calor.

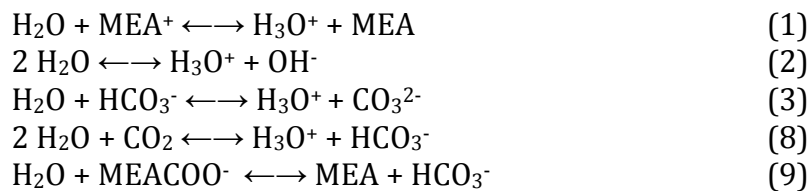
La regeneración del solvente químico tiene lugar en la columna de desabsorción a elevadas temperaturas (100° C-140° C) y a presiones cercanas a la atmosférica. El calor es suministrado por un rehervidor que mantiene las condiciones de regeneración necesarias. Es aquí donde se da el mayor coste energético del proceso. La corriente gaseosa que se produce, compuesta principalmente por CO₂ y

agua, pasa por un condensador, en la parte superior de la torre, donde una pequeña parte de la corriente condensa y es reconducida a la torre. El resto del flujo abandona la columna, para dirigirse a la etapa de licuefacción y la amina pobre, es bombeada de vuelta al absorbedor, a través del intercambiador de calor, (Bolea I, 2006).

Las principales reacciones que tienen lugar en el absorbedor son las siguientes:



Las tres primeras ecuaciones son de equilibrio. Las ecuaciones de la (4) a la (7) son ecuaciones cinéticas. Las reacciones en el desorbedor se muestran a continuación. Se observa que las tres primeras son comunes a ambas columnas:



El CO₂ contenido en los gases de combustión varía entre 3-15% dependiendo del tipo de combustible. La recuperación de CO₂ en este proceso oscila entre el 80-95%. El NO_x y el SO_x son eliminados a valores bajos antes de la captura del CO₂ con el fin de prevenir su reacción con el solvente que conduciría a sales estables causando pérdida en la capacidad de absorción del solvente, consumos extras de químicos para la regeneración del solvente y riesgo de formación de residuos sólidos. En el proceso de captura, el MEA reacciona con el CO₂ para formar MEA carbamato. Esta reacción es reversible, pero a altas temperaturas el MEA carbamato reacciona además a productos de degradación térmica (van Horssen A y Koornneef J, 2010). Las emisiones de NH₃ se producen tanto en el proceso de producción como en la degradación del MEA y es un gran contribuidor al aumento de la acidificación y de la eutrofización.

Además de los equipos básicos, son precisos otros para mantener la calidad de la solución, que se ve afectada por los productos de la degradación, la corrosión por la presencia de partículas. Estos equipos son especialmente filtros, lechos de carbón activo y regeneradores térmicos.

Para las plantas de generación eléctrica de carbón con captura de post-combustión que utilizan MEA como solvente, requiere la eliminación máxima de SO₂ y materia particulada para evitar interferencias con el solvente (Koornneef et al., 2008; Odeh and Cockerill, 2008; Korre et al., 2010; Pehnt and Henkel, 2009). La eliminación del NO_x de la planta de energía eléctrica esta en el rango del 80-86% (Koornneef et al., 2008; Korre et al., 2010; Nie et al., 2011; NETL, 2010b).

La captura por post-combustión requiere la eliminación del NO₂ porque reacciona con el solvente, causando la degradación de la MEA. Una consecuencia inmediata

de la captura de CO₂ es el aumento de las emisiones de SO₂ y NO_x y como resultado un aumento en la Eutrofización y Acidificación.



Unidad de captura de CO₂ (Mitsubishi)



Planta Piloto de Captura CO₂ (Toshiba)

1.3.- Transporte CO₂

Teóricamente, el CO₂ puede ser transportado por tuberías, cisternas (carretera, ferrocarril) y por barco. Sin embargo como las centrales térmicas producen enormes flujos de CO₂, el transporte por tubería es la opción terrestre coste-efectividad si la CAC tiene lugar a gran escala.

Tuberías

En tuberías es el método más consolidado y común de transportar el CO₂. El gas es secado y comprimido hasta 8MPa a 31° C de temperatura para evitar un flujo en dos fases y aumentar la densidad del CO₂, por lo que así es más fácil y menos costoso para su transporte. Son similares a las tuberías de los gasoductos.

Como muestra la experiencia, el CO₂ es transportado en condiciones supercríticas, a presiones de hasta 8 MPa y 31° C de temperatura. Las tuberías van enterradas a 1 m de profundidad.

Por barco

El uso de barcos para el transporte de CO₂ se encuentra en una etapa de desarrollo. El CO₂ puede ser transportado como líquido en buques cisterna que llevan CO₂ en tanques aislados a una temperatura bien por debajo del ambiente y alta presión. El CO₂ líquido se carga desde el tanque de almacenamiento temporal a la presión adecuada y semi-refrigerado al tanque del buque cisterna de CO₂.

Por carretera y ferrocarril

Por carretera y ferrocarril son otras opciones de transporte del CO₂ y se llevan a cabo a unos -20º C y 2 MPa de presión. Sin embargo, resultan poco económicos si los comparamos con el transporte por tuberías o por barco.

1.4.-Almacenamiento de CO₂

Almacenamiento geológico

El almacenamiento geológico del CO₂ puede ser hecho a reservorios agotados de los yacimientos de petróleo y gas, de las formaciones salinas profundas, yacimientos de carbón no explotables etc. Previamente el CO₂ se comprime y luego se inyecta en la formación rocosa a una profundidad por debajo de los 800 m. El CO₂ retenido en la formación rocosa depende de una combinación de mecanismos de captura físicas y geoquímicas.

Almacenamiento en el océano

Podría hacerse mediante la inyección de CO₂ por debajo 1000m a través de una tubería fija o un barco en movimiento, o mediante el depósito del CO₂ a través de una tubería fija o plataforma marina en el fondo del mar a profundidades por debajo de 3000m. El almacenamiento en el océano y sus impactos ecológicos se encuentran todavía en la fase de investigación.

Carbonatación mineral

Carbonatación mineral implica la conversión de CO₂ a carbonatos sólidos inorgánicos utilizando óxidos alcalinos y alcalino-térreos, tales como óxido magnésico (MgO) y óxido de calcio (CaO), que están presentes en las rocas de silicatos de origen natural. Las reacciones químicas entre estos materiales y CO₂, produce sílice y carbonatos que son estables en el tiempo y por lo tanto pueden ser depositados en áreas tales como las minas de silicato o su reutilización en la construcción. La tecnología se encuentra actualmente en fase de investigación.

ANEXO 2.- DEFINICIONES DE UNIDADES Y CATEGORÍAS DE DAÑO

Unidades

(A nivel de daño):

***DALY** (discapacidad-ajustada años de vida), caracteriza la gravedad de la enfermedad, contabilizando la mortalidad (años de vida perdidos por muerte prematura) y morbilidad (tiempo de vida de baja calidad debido a enfermedad).

Los valores por defecto de DALY de 13 para carcinógenos a 1,3 para no-carcinógenos (años/incidencia), (Kéller, 2005).

***PDF.m².año** (Fracción Potencial de Desaparición de especies sobre una cierta superficie de m² durante una cierta cantidad de años) es la unidad que mide los impactos en el ecosistema. PDF.m².año, representa la fracción de especies desaparecidas en 1 m² de superficie terrestre en 1 año.

***MJ** (Mega Julios), mide la cantidad de energía extraída o necesaria para extraer un recurso.

(A nivel de daño normalizado):

***"Puntos" es igual a pers/ año.** Un "punto" representa el impacto medio en una categoría específica causada por una persona durante un año en Europa¹.

Categorías de Punto medio. Categorías de Daño ó Punto final

El Análisis del Impacto del Ciclo de Vida (AICV) convierte desde las extracciones de los recursos naturales hasta las emisiones de sustancias peligrosas y residuos, en la categoría de "**indicadores de impacto**" a nivel del punto medio, tales como la acidificación, cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, ecotoxicidad, etc. Y que extienden la cadena de causa y efecto para evaluar los daños a los impactos de salud humana, a los ecosistemas, recursos y cambio climático. Los indicadores de impacto al nivel del punto medio, se presentan por comparación cualitativa, mientras que en los indicadores de impacto a la categoría de daño a nivel o de punto final se aproximan a la realidad ambiental. (Bare et al. 2002, Hertwich et al. 2002).

Mas información del concepto general de la metodología del AICV, se puede encontrar en Jolliet et al. (2003a).

¹ Este impacto promedio causado por una persona al año en Europa es el impacto total de la categoría específica dividido por la población total europea. El impacto total es la suma del producto entre todas las emisiones europeas y los factores respectivos.

Categorías del Daño

Salud Humana.

Toxicidad Humana (Cancerígenos y no), efectos respiratorios (inorgánicos y orgánicos), radiación ionizante, agotamiento capa de ozono contribuyen al daño a la salud humana, pueden ser expresados en DALY / kg emisión o DALY / Bq emisión para la radiación ionizante.

Calidad del Ecosistema

Acidificación y nitrificación terrestre y ocupación de la tierra fueron tomadas del EI-99 (Goedkoop and Spriensma, 2000) y su impacto se determina en PDF. m². año /kg emisión.

Cambio climático

El daño a la categoría de Cambio climático es la misma categoría que la categoría al punto medio de Calentamiento global.

La categoría de daño al Cambio Climático se expresa como kg CO₂-eq.

Recursos

El daño a la categoría de Recursos es la suma de las categorías del punto medio como la energía consumida en las no-renovables y la extracción de los minerales. Esta categoría de daño es expresada en MJ de energía primaria,(Jolliet et al. 2003).

Normalización

La idea de la normalización es el de analizar la parte respectiva de cada impacto de los daños de la categoría considerada, con el fin de facilitar la interpretación de los resultados comparando las diferentes categorías en una misma tabla/gráfica con iguales unidades.

El factor de Normalización se determina por la relación entre impacto por unidad de emisión y el impacto total de todas las sustancias de la categoría específica para las cuales existe factor de caracterización, por persona y año.

La unidad de normalización punto medio/factor de daño es: Pers.año/unidad emisión.

Factores de normalización para las cuatro categorías de daño para el oeste Europa. (Jolliet et al. 2003).

Categoría de Daño	Factor de Normalización	Unidad
Salud Humana	0,0077	DALY/pers/año
Calidad del Ecosistema	4650	PDF.m ² .año/pers/año
Cambio Climático	9950	Kg CO ₂ /pers/año
Recursos	152000	MJ/pers/año

Ponderación

El paso de ponderación de un análisis de ecoeficiencia transforma y agrega datos de inventarios ambientales, que puede haber una gran cantidad de diferentes parámetros, a un solo índice, expresando la carga total sobre el medio ambiente ejercida por un sistema (Rydh et al 2002). El objetivo es facilitar la fácil interpretación y comunicación ambiental en los procesos de toma de decisiones (Finnveden 1996).

Los factores de ponderación de cada categoría de impacto representan la importancia relativa de cada categoría de impacto para el medio ambiente. Estos factores son subjetivos y pueden variar de acuerdo con el área geográfica sobre la base de criterios socioeconómicos.

El proceso de ponderación consiste en multiplicar los factores de ponderación por el resultado de la normalización para cada categoría de impacto.

Puntuación única

La puntuación única permite observar los resultados desde una perspectiva distinta. Esta opción del software SimaPro, otorga una serie de puntos a cada una de los impactos, sumándolos en una única puntuación, de tal forma que todas las categorías de daño se representan bajo la misma unidad, puntos. Así, se puede observar qué categoría de daño tiene mas carga ambiental. Cuantos más puntos tenga un proceso, mayor será su carga ambiental.

ANEXO 3.- Análisis de la caracterización de los impactos

Dado que el software SimaPro 8.02, nos permite obtener el análisis de los impactos a nivel de punto medio o caracterización de los impactos, se han incluido estos resultados, que refuerzan y complementan los resultados y conclusiones presentados en la memoria, en este Anexo debido a restricciones de espacio, para que el estudio realizado sea mas completo.

Las categorías de impacto se corresponden con las categorías a nivel del punto medio del método IMPACT 2002+, como puede observarse en la Figura 1 de la Memoria. Como se muestra en dicha figura se indica cómo cada categoría de impacto contribuye a cada categoría de daño, (p.ej. la categoría de impacto *calentamiento global* se corresponde con la categoría de daño *cambio climático*).

Las unidades de los distintos impactos indican los "kg de sustancia s-eq" (kg equivalentes de una sustancia s de referencia), y expresan la cantidad de una sustancia de referencia s que es igual al impacto del contaminante considerado dentro de los estudios de categoría del punto medio.

kg C₂H₃Cl eq, kilos de cloroetileno equivalente.

kg PM_{2.5} eq, kilos de materia particulada < de 2,5 micras equivalente.

Bq C-14 eq, Becquerel del C-14 equivalente.

kg CFC-11 eq, kilos de triclorofluorometano equivalente.

kg C₂H₄ eq, kilos de etileno equivalente.

kg TEG agua, kilos de trietilenglicol en agua equivalente.

kg TEG suelo, kilos de trietilenglicol en suelo equivalente.

kg SO₂ eq, kilos de dióxido de azufre equivalente.

m² cultivables, m² de tierra cultivable equivalente.

kg PO₄³⁻, kilos de PO₄³⁻ equivalentes.

kg CO₂ eq, kilos de CO₂ equivalentes.

El análisis de impacto para la caracterización de las categorías de impacto para la central térmica, nos da los valores que se recogen en la Tabla A3.1.

Tabla A3.1.- Análisis de impacto para la caracterización de la central térmica

Categoría de impacto	Unidad	CT*
		Unidad/MWh, 25 años
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	1,67E+01
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	1,39E+01
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	9,84E-01
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	2,10E+03
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	1,84E-05
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	7,80E-01
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	8,74E+04
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	2,38E+04
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	1,37E+01
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	6,42E+00
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	4,02E+00
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	1,08E+00
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	1,55E+03
Energía No-renovable	MJ primary	1,80E+04
Extracción Mineral	MJ surplus	5,39E+00

*CT: Central térmica

En esta tabla se observa que los impactos más importantes son a las categorías de impacto de calentamiento global y a la energía No-renovable.

En la Tabla A3.2, se muestran los análisis de impacto para la caracterización de las categorías de impacto para la planta de captura de CO₂.

Tabla A3.2.- Análisis de impacto para la caracterización de la planta de captura de CO₂

Categoría de impacto	Unidad	Captura CO ₂
		Unidad/MWh, 25 años
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	6,21E+04
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	8,50E+04
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	3,80E+03
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	1,62E+07
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	2,31E-01
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	1,77E+03
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	4,75E+08
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	1,88E+08
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	8,23E+04
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	3,29E+05
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	1,63E+04
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	8,13E+02
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	2,18E+06
Energía No-renovable	MJ primary	5,67E+07
Extracción Mineral	MJ surplus	2,40E+06

En la tabla se muestran que los mayores impactos son a las categorías de impacto calentamiento global, a la energía No-renovable y a la extracción mineral. También se observa que hay un elevado impacto a las categorías de ecotoxicidad acuática y terrestre y de radiación ionizante.

En la Tabla A3.3 se muestran los resultados del análisis de impacto para la caracterización de las categorías de impacto para la central térmica con captura de CO₂.

Tabla A3.3.- Análisis de impacto para la caracterización de la central térmica captura de CO₂

Categoría de impacto	Unidad	CT + CC*
		Unidad/MWh, 25 años
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	2,49E-01
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	2,26E-01
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	1,74E-02
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	1,23E+02
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	1,05E-06
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	6,14E-03
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	6,73E+02
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	1,80E+02
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	3,87E-01
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	7,19E-01
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	9,20E-02
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	4,02E-01
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	2,07E+01
Energía No-renovable	MJ primary	5,63E+03
Extracción Mineral	MJ surplus	1,08E+00

*CT: Central térmica. CC: Captura de CO₂

En esta tabla se puede ver que han disminuido significativamente los impactos en todas las categorías al implementar la planta de captura a la central térmica.

La Tabla A3.4, se muestran los resultados del análisis de impacto para la caracterización de las categorías de impacto de la turbina eólica. En dicha tabla, los impactos más elevados son para las categorías de impacto de la ecotoxicidad acuática y terrestre, calentamiento global, energía no renovable y extracción de mineral.

Tabla A3.4.- Análisis de impacto para la caracterización de la turbina eólica

Categoría de impacto	Unidad	Turbina eólica
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	6,11E+04
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	4,51E+04
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	1,17E+03
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	4,25E+06
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	5,50E-02
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	7,23E+02
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	1,13E+08
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	2,96E+07
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	1,58E+04
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	1,26E+04
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	7,52E+03
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	6,86E+02
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	8,56E+05
Energía No-renovable	MJ primary	1,17E+07
Extracción Mineral	MJ surplus	4,83E+05

Comparación de la caracterización de los impactos de los dos tipos de generación eléctrica.

En la Tabla A3.5, se muestran los resultados de la central térmica con captura de CO₂ y el parque eólico. Para los impactos de las categorías al calentamiento global y energía no-renovable es más elevado en la central térmica con captura que en la generación de tipo eólico.

Tabla A3.5.- Comparación de los dos tipos de generación eléctrica, en la vida útil

Categoría de impacto	Unidad	CT + CC*	693 Turbinas
		Unidad/MWh, vida útil	Unidad/MWh, vida útil
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	2,49E-01	7,65E-01
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	2,26E-01	5,65E-01
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	1,74E-02	1,46E-02
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	1,23E+02	5,31E+01
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	1,05E-06	6,89E-07
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	6,14E-03	9,05E-03
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	6,73E+02	1,41E+03
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	1,80E+02	3,70E+02
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	3,87E-01	1,98E-01
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	7,19E-01	1,57E-01
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	9,20E-02	9,40E-02
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	4,02E-01	8,59E-03
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	2,07E+01	1,07E+01
Energía No-renovable	MJ primary	5,63E+03	1,47E+02
Extracción Mineral	MJ surplus	1,08E+00	6,05E+00

*CT: Central térmica. CC: Captura de CO₂

Comparación en “fase de construcción” de los dos tipos de generación eléctrica.

En la Tabla A3.6, se representan los resultados comparando los resultados de los análisis de las categorías de impacto de la central térmica y del parque eólico en su “fase de construcción”. En ella se observa que los impactos para todas las categorías de impacto son mayores en el parque eólico, explicándose este hecho por el elevado número de turbinas.

Tabla A3.6.- Comparación en “fase de construcción” de los dos tipos de generación eléctrica.

Categoría de impacto	Unidad	CT*	693 Turbinas
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	4,35E+06	4,23E+07
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	3,42E+06	3,13E+07
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	1,82E+05	8,10E+05
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	4,28E+08	2,94E+09
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	5,40E+00	3,81E+01
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	8,63E+04	5,01E+05
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	7,44E+09	7,83E+10
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	2,56E+09	2,05E+10
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	3,60E+06	1,09E+07
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	2,76E+06	8,72E+06
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	8,42E+05	5,21E+06
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	2,19E+04	4,76E+05
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	1,68E+08	5,93E+08
Energía No-renovable	MJ primary	1,48E+09	8,14E+09
Extracción Mineral	MJ surplus	2,61E+07	3,35E+08

*CT: Central térmica.

Comparación en “fase de operación” de los tipos de generación eléctrica.

En la Tabla A3.7, se representan la comparación de los resultados de los análisis de las categorías de impacto de la central térmica y del parque eólico en su “fase de operación”. Los impactos para todas las categorías de impacto son mayores en la central térmica ya que en esta fase los impactos del parque eólico se consideran nulos.

Tabla A3.7.- Comparación en “fase de operación” de los dos tipos de generación eléctrica.

Categoría de impacto	Unidad	CT*	693 Turbinas
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	1,15E+09	0
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	9,56E+08	0
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	6,79E+07	0
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	1,45E+11	0
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	1,02E+03	0
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	5,39E+07	0
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	6,04E+12	0
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	1,64E+12	0
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	9,42E+08	0
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	4,42E+08	0
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	2,77E+08	0
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	7,49E+07	0
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	1,07E+11	0
Energía No-renovable	MJ primary	1,24E+12	0
Extracción Mineral	MJ surplus	3,47E+08	0

*CT: Central térmica.

Comparación de la CT con captura de CO₂ con la CT sin captura.

En la Tabla A3.7, se representan la comparación de los resultados de la central térmica con captura y sin captura. Se puede observar la disminución de los impactos en todas las categorías de impacto en la central térmica con captura de CO₂ comparando con la central térmica sin captura. En la categoría de impacto calentamiento global se muestra una disminución de hasta dos órdenes de magnitud en la central térmica con captura. Parece claro que la planta de captura de CO₂, hace disminuir los impactos.

Tabla A3.7.- Comparación de los resultados del análisis para las categorías de impacto de la central térmica con captura y la central térmica sin captura

Categoría de impacto	Unidad	CT + CC*	CT*
		Unidad/MW h, 25 años	Unidad/MW h, 25 años
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	2,49E-01	1,67E+01
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq	2,26E-01	1,39E+01
Inorgánicos respiratorios	kg PM _{2.5} eq	1,74E-02	9,84E-01
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	1,23E+02	2,10E+03
Agotamiento capa ozono	kg CFC-11 eq	1,05E-06	1,84E-05
Orgánicos respiratorios	kg C ₂ H ₄ eq	6,14E-03	7,80E-01
Ecotoxicidad acuática	kg TEG agua	6,73E+02	8,74E+04
Ecotoxicidad terrestre	kg TEG suelo	1,80E+02	2,38E+04
Acid/nitrif terrestre	kg SO ₂ eq	3,87E-01	1,37E+01
Ocupación de la tierra	m ² cultivables	7,19E-01	6,42E+00
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq	9,20E-02	4,02E+00
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻	4,02E-01	1,08E+00
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	2,07E+01	1,55E+03
Energía No-renovable	MJ primary	5,63E+03	1,80E+04
Extracción Mineral	MJ surplus	1,08E+00	5,39E+00

*CT: Central térmica. CC: Captura de CO₂