

CAPTURA DEL CO₂ EMITIDO POR UNA PLANTA CEMENTERA

Proyecto Industrial

Instituto de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

Integrantes

Campo, Lucía

Cejas, Gonzalo

Daneri, Belén

Duarte, Caterina

Guillamon, Joaquín

Jiménez, Juan

Docentes

Prof. Ing. Química Carina Oddone

Prof. Ing. Químico Raúl R. Prando

2011-2013

Resumen ejecutivo

En un marco global donde el Calentamiento Climático concierne cada vez más a toda la población mundial, el presente informe es un anteproyecto acerca de la factibilidad técnica y económica de una planta de mitigación de emisiones de dióxido de carbono mediante el proceso de captura con amoníaco enfriado.

Es importante mencionar que el proyecto de inversión en estudio debe ser complementado con el transporte por gasoducto del gas presurizado hacia una formación geológica estanca. Luego de un primer análisis comparativo de cuencas geológicas y demás opciones de almacenamiento, se concluye que la cuenca salina del Santa Lucia es la más propicia para el desenvolvimiento de la inyección y almacenamiento del CO₂ en estado supercrítico. Cabe destacar la tendencia actual de sustituir la inyección de CO₂ en formaciones geológicas por empleo del mismo como materia prima para otros procesos industriales, por ejemplo para la producción de polímeros sintéticos.

Para la ejecución del proyecto se crea una empresa de servicios que tiene como objetivo el diseño de ingeniería, instalación, puesta en marcha y posterior mantenimiento de la planta de captura.

Se considera que la demanda de este servicio está conformada por aquellas industrias consideradas grandes emisoras de CO₂, como lo son centrales térmicas, refinerías y cementeras. Particularmente, en la producción industrial de cemento, las emisiones de dióxido de carbono no se deben únicamente a la utilización de combustibles fósiles sino también a la des-carbonatación de la materia prima, lo cual repercute en una mayor concentración de CO₂ en los gases de chimenea en comparación con otras industrias. Por esta razón se decide enfocar los esfuerzos al desarrollo de una planta de captura proveniente de una cementera, en particular para la planta de producción de cemento de ANCAP ubicada en el departamento de Paysandú, cuyas emisiones de CO₂ se estima superen las 60 toneladas/h al 2014.

La captura utilizando amoníaco enfriado es una tecnología desarrollada por la empresa francesa Alstom. El proceso consiste en la absorción por reacción química del CO₂ y el NH₃. La absorción a bajas temperaturas favorece la formación de una solución de carbonato y bicarbonato de amonio (compuestos muy estables), mejorando así la separación del CO₂ de los gases de chimenea. A posteriori es necesaria la aplicación de altas temperaturas para desorber dicha solución y regenerar el CO₂.

El proceso de absorción con amoníaco enfriado pretende obtener como resultado una captura del 90% del CO₂ emitido con una pureza próxima del 99%.

Se decide utilizar el método de captura post-combustión, ya que el mismo permite trabajar en plantas industriales ya establecidas, como es el caso de ANCAP, sin la necesidad de realizar grandes modificaciones en procesos, equipos y materias primas utilizadas.

Actualmente la cementera ANCAP Paysandú cuenta con dos líneas de producción, líneas 1 y 2, con una capacidad de 380 y 750 toneladas diarias de clinker respectivamente. Sin embargo, la empresa se encuentra en el marco de una ampliación que incorporará una

tercer línea con una capacidad de 1800 toneladas diarias de clinker. Se prevé que luego de la mencionada ampliación la planta utilice únicamente las líneas 2 y 3 cuyos flujos de gases de salida son de 55.296 m³/h y 241.884 m³/h respectivamente. Los gases de chimenea salen a 125°C y la concentración de CO₂ es de 32,6 %v/v para la línea 2 y 12,7 %v/v para la línea 3.

El presente estudio se enfoca en la captura de las emisiones generadas por la línea 2, debido a que esta presenta una mayor concentración de CO₂ y menor flujo de gases de salida. Esto repercute en un menor tamaño de la planta de captura, lo cual es conveniente por tratarse de un proceso totalmente novedoso.

La ubicación de la planta de captura se encuentra preestablecida por tratarse de una incorporación a la cementera ya existente. La planta se instalará en el predio de ANCAP a aproximadamente 190 metros de la chimenea de la línea 2, esto considerando los espacios libres permitidos y también los requeridos por el cliente para la ampliación antes indicada.

En primera instancia, los humos provenientes de la chimenea del horno de clinkerización entran al sistema de captura a través de una torre de enfriamiento por contacto directo (TECD), en donde, además de disminuir su temperatura (hasta 20°C) se reduce el volumen de gases y se remueven trazas de contaminantes tales como material particulado y otros componentes ácidos (SO₂).

Luego los gases fríos son enviados al sistema de absorción, donde el CO₂ es retenido en una solución acuosa de amoníaco al 28% m/m (solución pobre).

A diferencia de lo especificado en la patente de Alstom, el sistema de absorción seleccionado consta de 2 etapas consecutivas, operando a 20°C y 10°C respectivamente, dispuestas de este modo con el propósito de disminuir las pérdidas de NH₃ al mínimo y controlar la formación de sólidos.

Se utilizan dos torres de lecho empacado por etapa de absorción, las cuales son refrigeradas mediante una operación de extracción del líquido y enfriamiento en intercambiadores de calor.

Si bien durante el proceso de absorción se da un equilibrio de diversas reacciones químicas, Alstom considera únicamente la reacción de formación de bicarbonato a partir de carbonato de amonio. Sin embargo considerando los cambios en el proceso antes mencionados, se espera que en el sistema se detecte la presencia no solo de carbonato y bicarbonato sino también carbamato de amonio y amonio libre. Las concentraciones respectivas dependen fuertemente de las temperaturas, que al variar desplazan los equilibrios químicos.

Luego del sistema de absorción, los gases libres de CO₂ pasan por una torre de lavado donde se busca recuperar el NH₃ que haya sido arrastrado con los gases tratados en el absorbedor. Se dispone de un separador para desorber el NH₃ recuperado en la torre de lavado. Finalmente, la corriente de gases tratados proveniente de la torre de lavado pasa a través de la torre de calentamiento de contacto directo (TCCD), donde se absorbe gran parte del amoníaco remanente.

Por otro lado, la solución concentrada en CO₂ que sale desde el absorbedor (solución rica) es enviada hacia el regenerador, donde mediante altas temperaturas se desorbe el CO₂. La solución remanente, menos concentrada en CO₂ (solución pobre), se retorna al absorbedor. El gas que arrastra el CO₂ liberado por la reacción de desorción es generado en un reboiler que trabaja a 10 bar y 120°C. Dado que los procesos industriales de fabricación de clinker no incluyen generación de vapor, es necesario incorporar una caldera a biomasa de 60 ton de capacidad de generación horaria a 10 bar.

Para la planta de captura en estudio se utilizarán un total de 9 torres rellenas, de las cuales la mayoría presentan una altura superior a los 30m y un diámetro medio de 2,6m. El relleno a utilizar en la mayoría de los casos es silla intalox de plástico, con el cual se logran torres más esbeltas, favoreciendo la transferencia de calor y masa y disminuyendo la posibilidad de ocurrencia de caminos preferenciales en el lecho.

En vista de las dimensiones de las torres se calculan las fundaciones de forma de asegurar que no se produzca el vuelco de las mismas por acción del viento. Se prevé la instalación de estructuras de acceso para operación y mantenimiento.

Se prevé controlar y monitorear la planta desde una sala de control a través de computadoras equipadas con el software SCADA. Las principales variables de proceso a controlar son temperaturas de gases y líquidos, turbidez, nivel de tanques, concentración de dióxido de carbono y amoniaco.

Los principales insumos requeridos en la instalación son 100.300 toneladas de chips de madera por año para la quema de biomasa en el generador de vapor y 105 toneladas de amoniaco por año para reposición por pérdidas registradas en las torres de absorción y chillers. El agua de río necesaria para el funcionamiento de la instalación es de 4.000 m³ por día, mientras que el consumo de energía eléctrica diario es de 360 MWh, con una demanda de potencia de 15 MW.

El proceso de captura descrito permite la mitigación de aproximadamente 32 ton / h de CO₂. Considerando que la planta trabaja 24 horas al día acompañando la marcha de la línea 2 de producción de clinker y solo para en casos de paradas de mantenimiento de dicha línea (40 días/año), se estima una reducción de emisiones del orden de 250.000 ton de CO₂ anuales, con un consumo energético de 3298 KJ/Kg de CO₂ absorbido.

La empresa que brinda el servicio de diseño, instalación y puesta en marcha de la planta de captura en estudio se constituye como una sociedad anónima cuya razón social es MitiSur S.A. Los requerimientos totales de personal de esta empresa durante los picos laborales son de 12 empleados. Por el lado de la empresa cliente ANCAP, el personal extra requerido alcanza los 15 trabajadores luego de la instalación de la planta.

La inversión estimada por parte de ANCAP para la instalación de esta planta asciende a aproximadamente U\$S 37 millones, con un costo de mitigación anual de aproximadamente U\$S 94/ tonelada de CO₂. Por el lado de MitiSur, la inversión necesaria para la instalación de la empresa es de poco más de U\$S 90.000.

Realizado el estudio económico-financiero para ANCAP, se concluye que la empresa disminuye sus utilidades anuales en un 67% pese a la comercialización de los certificados de reducciones en el mercado de bonos de carbono, considerando la cotización actual de los mismos (U\$S 4 / ton CO₂ mitigado). Del estudio de sensibilidad para ANCAP se desprende que si el precio de los bonos de carbono alcanzara los U\$S 84 / ton CO₂ las ventas superarían los costos obteniéndose utilidades positivas para el proyecto de inversión.

Por otro lado, el proyecto resulta rentable y seguro desde el punto de vista de la empresa que brinda el servicio (MitiSur) siempre y cuando se parta de la base de obtener un cliente como mínimo, alcanzándose una TIR de 155% y un periodo de repago de tan solo un año.

Finalmente, cabe destacar que el proyecto en estudio tiene un impacto ambiental positivo considerando que se logran reducir las emisiones de CO₂ en un 90% aproximadamente, acompañando las políticas de reducción de emisiones que están sucediendo a nivel global.