

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UREA

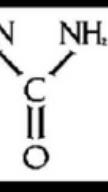
PROYECTO DE FIN DE
GRADO

INGENIERÍA QUÍMICA



Universitat Autònoma
de Barcelona

Enginyeria
UAB

UREALITY 

Maria Barragán Bermúdez
Roger Benavente Anguita
Júlia Cazalla Fernández
Marçal Tarrida Levy
Arantxa Varo Pérez
Sergi Vázquez Yáñez

TUTOR:

Rafael Bosch Palacios

Junio 2024



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UREA

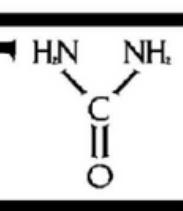
PROYECTO DE FIN DE
GRADO

INGENIERÍA QUÍMICA

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

Enginyeria
UAB

UREALITY 

CAPÍTULO 12

AMPLIACIÓN Y
MEJORAS

Índice

12. Ampliaciones y mejoras	2
12.1. Introducción.....	2
12.2. Ampliaciones y mejoras ya consideradas	2
12.3. Mejoras.....	3
12.3.1. Implantación de estaciones de carga	3
12.3.2. Producción de sulfato de amonio granular	3
12.3.3. Sustitución del formaldehido en el proceso de granulación	4
12.3.4. Alternativas de Stamicarbon.....	5
12.4. Ampliaciones	6
12.4.1. Planta de tratamiento de residuos.....	6
12.4.2. Implantación de caldera de biomasa.....	7
12.4.3. Planta de cogeneración	8
12.4.4. Producción de subproductos a partir de lodos	8
12.4.5. Diseño de proceso Haber-Bosch.....	9
12.5. Bibliografía	11

12. Ampliaciones y mejoras

12.1. Introducción

En el competitivo y dinámico mundo de la producción de fertilizantes, la capacidad de adaptarse y evolucionar es importante para mantener una ventaja competitiva y satisfacer la creciente demanda global.

La urea granulada, debido a sus propiedades físicas superiores y su efectividad como fertilizante nitrogenado, desempeña un papel vital en la agricultura moderna. Sin embargo, la producción de urea enfrenta desafíos significativos, incluyendo la volatilidad en el costo de las materias primas, las estrictas regulaciones ambientales y la necesidad constante de innovación tecnológica.

Para ello, se ha realizado este apartado de ampliaciones y mejoras, diseñado no sólo para aumentar la producción, sino también para reducir los costes operativos y minimizar el impacto ambiental que ésta genera.

Este capítulo proporciona una visión integral a las iniciativas emprendidas para asegurar que UREALITY no sólo mantenga su relevancia en el mercado actual, sino que también esté preparada para los desafíos y oportunidades del futuro. Con un enfoque en la innovación, la eficiencia y la sostenibilidad, las ampliaciones y mejoras están diseñadas para impulsar el crecimiento y la excelencia operativa en los próximos años.

12.2. Ampliaciones y mejoras ya consideradas

En el diseño de la planta de urea, se han visto ciertas alternativas que podían beneficiar la instalación diseñada, siendo una mejora considerable. Las mejoras y ampliaciones ya instaladas son:

- **Producción de sulfato de amonio.** Este primer caso surge como alternativa al tratamiento de ciertos residuos, en concreto un corriente con alto contenido de amoníaco. Como residuo, este corriente tendría que llevarse a tratamiento en la EDAR instalada en la planta. Pero, en cambio, se ha decidido incorporar ácido sulfúrico como materia prima para reaccionar con el corriente rico en amoníaco, mencionado anteriormente, para generar sulfato de amonio.
Este producto, en fase líquida, se trata de otro fertilizante producido en la planta, abriendo más puertas de negocio y sacando un mayor rendimiento de los corrientes de proceso.

- **Captación de CO₂ para enviar a EDAR.** Esta segunda mejora también tiene el origen en el mismo contexto anterior: en este caso, el corriente problemático es un corriente con altos niveles de CO₂ gas. Además de ser un producto muy contaminante, también puede ser una fuente de carbono para microorganismos, como los presentes en la EDAR para el tratamiento biológico.
Por tanto, el CO₂ residual que sale en forma gas se conduce hasta la EDAR, donde se usará como fuente de carbono para el tratamiento biológico, ahorrando la necesidad de otras fuentes.

12.3. Mejoras

12.3.1. Implantación de estaciones de carga

La materia prima de la planta, que son el amoníaco y el dióxido de carbono, vienen por tubería desde proveedor. Pero, en el caso del formaldehido, usado para la granulación, y el ácido sulfúrico, usado en el proceso de producción del sulfato de amonio, se traen con camión periódicamente.

Estos tienen que ser cargados por proveedor a partir de un camión. El problema de estos casos es que, la conexión con esa zona no es la más cómoda, ya que se debe pasar por la zona de carga de producto para acceder a los tanques correspondientes, y eso puede generar problemas en la circulación.

Es por ello por lo que, esta mejora, consiste en el diseño de una estación de carga en una ubicación cercana a los tanques, pero que no dificulte el movimiento de camiones en el resto de las zonas.

En este caso, lo que se contempla sería una aspiración de producto en una ubicación, con las conexiones (y racks de tuberías) correspondientes para poder conectar la estación de carga con los tanques de almacenamiento.

12.3.2. Producción de sulfato de amonio granular

La producción de sulfato de amonio contemplada en la mejora sería en fase líquida, el cual sirve como fertilizante, pero no es su mejor estado. La versión más productiva, y también más cara en el mercado, es la venta de este sulfato de amonio en forma granular.

Para la producción de este producto, se partiría de la base ya establecida, pero desarrollando más etapas posteriores, entre las que destaca un proceso de granulación como el que interviene en el proceso de producción de la urea granular.

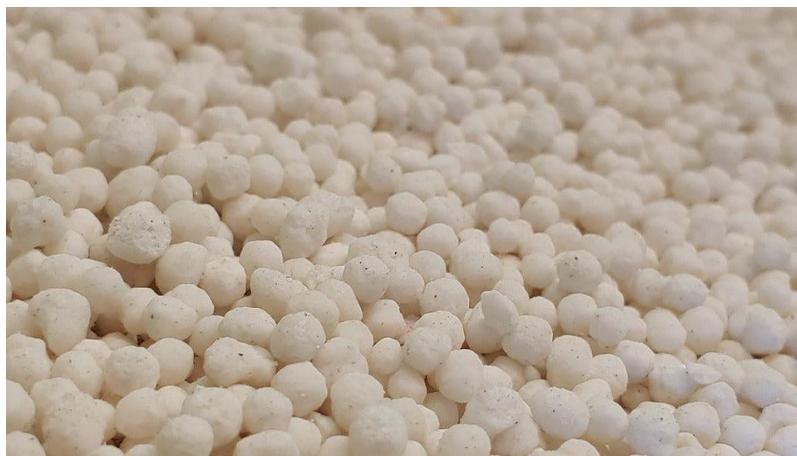


Figura 12.1. Sulfato de amonio granular.

Esta mejora, por tanto, consistiría en realizar un estudio de mercado para ver la viabilidad de esta mejora en el proceso, y la producción de sulfato de amonio granular, o mantener el proceso en las circunstancias actuales.

12.3.3. Sustitución del formaldehido en el proceso de granulación

Como se ha explicado anteriormente, el formaldehido se usa como producto de entrada en la granulación para mejorar el granulado obtenido y las propiedades de este. Pero eso no quita que, como producto químico, sea uno de los productos que se quiere eliminar a toda costa.

Se trata de un producto altamente cancerígeno para las personas, y con elevada contaminación ambiental, la cual cosa ha provocado que se busquen alternativas para sustituirlo, o prohibirlo por parte de los grandes organismos internacionales de la salud.

En este contexto, aparece ThyssenKrupp. ThyssenKrupp es una empresa líder en el sector de la industria siderúrgica de origen alemán, especializada en la forja y fundición de acero. Pero en un deseo de expandir su mercado, han centrado sus esfuerzos, y parte de sus recursos, a la investigación y desarrollo de procesos de fertilizantes, siendo uno de ellos el proceso de urea granular.

Además de presentar sus tecnologías y procesos, también buscan la innovación y mejora de los procesos existentes, y en el formaldehido vio una oportunidad. Esta

empresa ha desarrollado UFT Add, un aditivo incluido en el proceso de la granulación para sustituir el formaldehido para obtener un producto de la misma calidad, pero con unos impactos en la salud y medio ambiente mucho menores.

12.3.4. Alternativas de Stamicarbon

Por último, para saber las mejoras que instaurar en el proceso de urea hay que mirar a la empresa líder en la producción de urea: Stamicarbon. Una empresa dedicada al diseño y desarrollo del proceso de producción de urea como fertilizante.

Gran parte de los equipos diseñados y considerados para el diseño de esta planta se han sacado de Stamicarbon como referencia. Pero el mundo avanza, y con ello las tecnologías.

Stamicarbon, a día de hoy, presenta dos grandes vertientes en su continua mejora del proceso de producción:

- **Proceso de producción ULE (Ultra Low Energy).** Este proceso consiste en un rediseño de la aportación de energía, en los distintos puntos, a partir de vapor a muy alta presión y temperatura, permitiendo usar el mismo corriente de vapor para trabajar en tres equipos, mientras que el mejor diseño actual permitía dos equipos únicamente.

Esta mejora, según la propia Stamicarbon, estaría estimada en una reducción de vapor del 35%, mientras que la reducción de la refrigeración seria de un 16%.

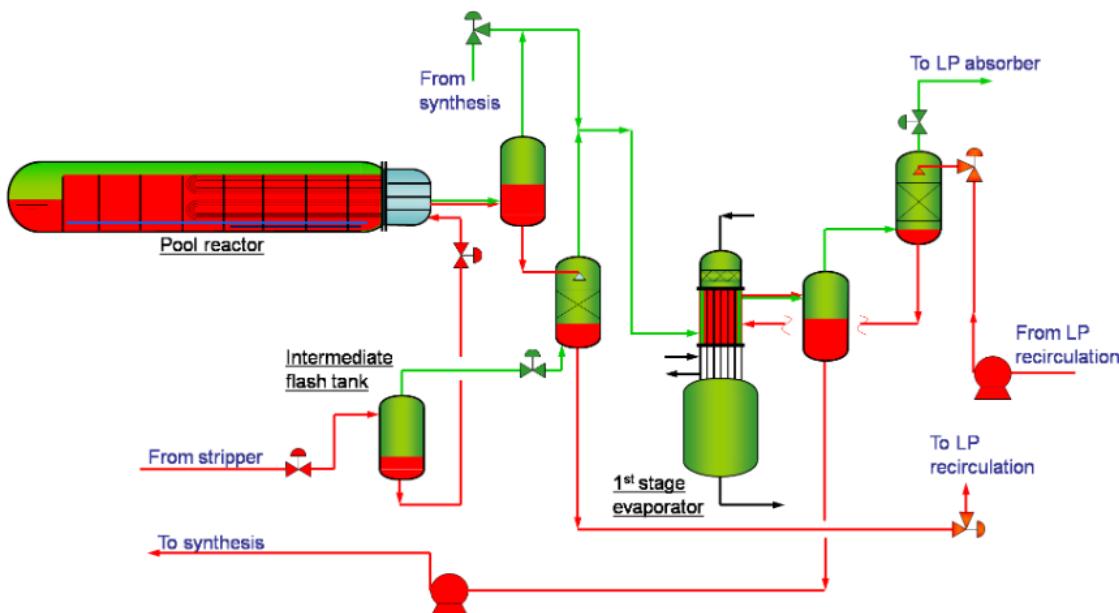


Figura 12.2. Esquema del sistema de aprovechamiento de la energía en el proceso ULE.

- **Mejora en el granulador.** Según ha presentado Stamicarbon, están trabajando en el desarrollo de un nuevo diseño para el granulador, el cual promete mejorar las condiciones del proceso a partir de un menor uso de formaldehido en él (un producto muy nocivo como se ha visto anteriormente) a la vez que produciendo una menor cantidad de polvo en las salidas del granulador.



Figura 12.3. Prototipo del nuevo granulador instalado en una planta de JSC Acron, en Rusia.

12.4. Ampliaciones

12.4.1. Planta de tratamiento de residuos

Uno de los grandes problemas que surgen en las plantas de estas dimensiones son la gran cantidad de residuos, como papel, cartón y plástico, que se generan por el trabajo diario.

Es en los dos primeros en los que se centra esta ampliación, ya que se ha podido ver que se pueden trabajar para generar pellets de papel o cartón como se está probando en plantas piloto.

Aun así, la producción de pellets de cartón y papel sería un sustituto para los pellets de madera necesarios en las calderas de biomasa, de manera que se podría aprovechar estos residuos para la producción de energía en el sistema.



Figura 12.4. Pellets generados a partir de tratamiento, entre otros, del cartón.

Además, según el tamaño de las instalaciones destinadas a ello, se podría llegar a acuerdos con empresas vecinas para hacer el tratamiento de sus residuos a cambio de un precio que permita, además de rentabilizar más rápidamente la planta, generar mayor cantidad de pellets, para su propio uso o algún uso externo.

12.4.2. Implantación de caldera de biomasa

En relación con el punto anterior, donde se planteaba la producción de pellets de cartón y papel, que son material orgánico, la siguiente ampliación para la planta sería instalar una caldera de biomasa.

Las calderas de biomasa son un sistema muy similar a las calderas convencionales, pero la diferencia reside en que, en lugar de usar combustibles fósiles como podrían ser el gas natural o el petróleo, se utiliza materia orgánica para quemar y generar la energía.

Los beneficios que tendría este nuevo sistema serían:

- Menor coste en las materias primas para la generación de energía.
- Aprovechamiento de los residuos generados en la propia planta.
- Menor impacto medioambiental.

Aun así, hoy en día siguen resultando una alternativa que necesita ser estudiada exhaustivamente, ya que hay que tener en cuenta un mayor coste de inversión inicial que en las calderas convencionales, a la vez que hay que asegurar biomasa suficiente para tener el sistema abastecido para su correcto funcionamiento.

Además, esta alternativa tiene sentido en caso de implementar el tratamiento de residuos, mencionado anteriormente, ya que importar la biomasa es otro coste que puede quitar rentabilidad al sistema.

12.4.3. Planta de cogeneración

Siguiendo con un mayor alcance energético, la próxima mejora consistiría en la implantación de un sistema de cogeneración.

Las plantas de cogeneración son instaladas diseñadas para aprovechar la energía térmica para generar energía mecánica, y aprovechar esta energía mecánica para producir electricidad.

Para el sistema que se presenta, las opciones de planta de cogeneración serían dos:

- Cogeneración a partir de turbina de gas (gases de combustión).
- Cogeneración a partir de turbina de vapor (vapor de agua).

En el primer caso, los gases de combustión del sistema se podrían aprovechar de la caldera ya disponible en la instalación o, en el caso de aplicar la ampliación, la propia caldera de biomasa (ya sea destinada a la planta de cogeneración o como caldera de vapor, y reaprovechar los gases de combustión).

En el segundo caso, la turbina de vapor funcionaría con el vapor de la propia instalación, pudiendo desviar una parte de este para la planta de cogeneración, o generando más vapor con el objetivo de usarlo en el proceso de cogeneración.

En cualquiera de los dos casos, esta alternativa nos permitiría aprovechar fluidos ya presentes en la planta, debido al funcionamiento de nuestro sistema, los cuales solo habría que reconducir a cambio de un ahorro energético, ya que la electricidad generada se podría utilizar en diversos puntos de la planta (por ejemplo, para alimentar las zonas comunes como comedor, oficinas, zona de visitas...).

A pesar de ello, son sistemas que requieren una elevada inversión inicial, de manera que hay que asegurarse del correcto diseño de la planta de cogeneración para asegurar que la energía generada, respecto a la energía consumida, sale rentable.

12.4.4. Producción de subproductos a partir de lodos

Como se ha visto, en el diseño de la planta se ha tenido en cuenta un proceso de nitrificación y desnitrificación para el tratamiento de las aguas en la estación depuradora.

Como parte del funcionamiento de esta estación, existe una purga de los microorganismos que se generan en el proceso, los cuales hay que tratar para

estabilizar para que no resulten nocivos para el medio ambiente. El producto resultante de este proceso recibe el nombre de lodos, y son el interés de esta ampliación.

Con los lodos estabilizados, surgen varias vertientes a tener en cuenta:

- Fertilizante orgánico
- Compost de alta calidad, si se mezcla con residuos de materia orgánica adecuados.
- Producción de biogás.

En los dos primeros casos, se contempla aprovechar estos lodos como otro producto agrícola, pudiendo sacarlo al mercado y tener más ventas en la planta de manera directa.

La tercera alternativa requiere un mayor desarrollo. Este proceso de tratamiento de los lodos requiere una digestión anaerobia de los lodos generados en el tratamiento biológico. Este tratamiento serviría como estabilización de los lodos generados, pero lo interesante de este proceso es que, al producirse en condiciones anaerobias, los microorganismos se encargarían de producir biogás.

El biogás, constituido principalmente por metano, podría ser captado para aprovechar como combustible de quema en distintos puntos de la planta, ayudando a la generación de energía, a la vez que reduciendo el consumo de combustibles más nocivos.

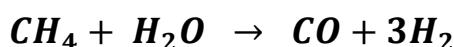
12.4.5. Diseño de proceso Haber-Bosch

En busca de una reducción de los costes de producción, surge la opción de producir nuestras propias materias primas, y es aquí donde aparece el proceso Haber-Bosch como alternativa previa al proceso de producción de urea.

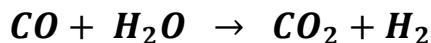
El proceso de Haber-Bosch consiste en un sistema de producción de amoníaco a partir de nitrógeno, atmosférico, e hidrógeno. Se trata de un proceso a altas presiones y temperaturas, y en presencia de un catalizador metálico, como sería el hierro.

El proceso de producción de amoníaco requiere tres etapas principales:

- **Producción de hidrógeno.** La producción de hidrógeno está contemplada partiendo del metano como materia prima, el cual se mezcla con vapor de agua en un proceso de reformado del metano para generar monóxido de carbono e hidrógeno.



Este monóxido de carbono se usa para, gracias a un proceso de desplazamiento de gas de agua, generar dióxido de carbono y más hidrógeno.



- Producción de nitrógeno.** El nitrógeno necesario en el proceso se obtiene del aire atmosférico, a partir de un proceso de tratamiento para separar el nitrógeno del oxígeno.
- Síntesis del amoníaco.** Una vez obtenidos los gases de nitrógeno e hidrógeno se comprimen en el reactor y, en presencia del catalizador elegido, se lleva a cabo la producción de amoníaco.

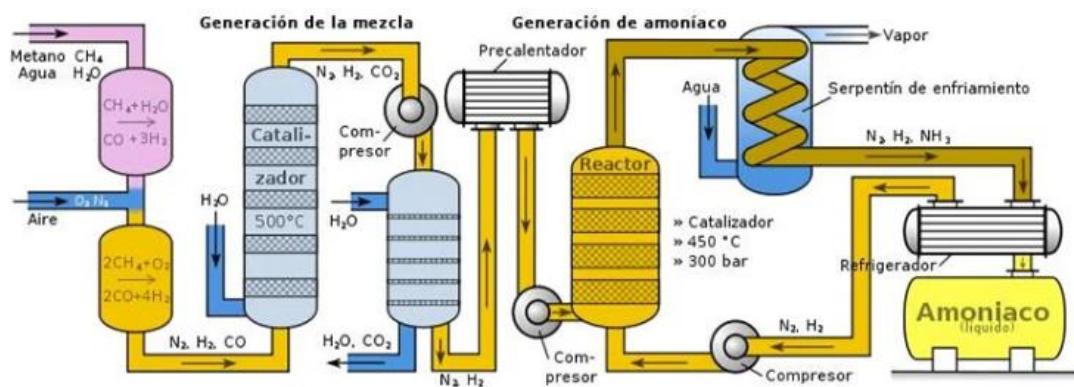


Figura 12.5. Esquema del diseño del proceso de Haber-Bosch para la producción de amoníaco y dióxido de carbono.

Como se puede ver, el desarrollo de este proceso está enfocado a la producción de amoníaco, ya que es el componente principal para la producción de fertilizantes. Pero, en el caso de la producción de urea, se requiere también dióxido de carbono, la segunda materia prima del proceso. Eso permitiría, según las dimensiones de la planta, tener una parte de las materias primas producidas en la propia planta.

El resultado de este proceso se resumiría en un interés económico, ya que eso permitiría depender, en mucha menor cantidad, de las materias primas exportadas por proveedor, abaratando considerablemente (suponen uno de los mayores costes de la planta a nivel de producción) el proceso de producción de urea.

12.5. Bibliografía

[1] Alberto, J., & Moreno, P.-. (s/f). Obtencion de biogas a partir de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante la digestion anaerobia mesofilica. Ecorfan.org.

https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol4num12/Revista_de_Energ%C3%ADa_Qu%C3%A9mica_y_F%C3%ADsica_V4_N12_5.pdf

[2] Digestión anaerobia de lodos en EDAR. (2024, febrero 5). Tecpa.es; Formación de ingenieros. <https://www.tecpa.es/digestion-fango-edar/>

[3] Las etapas del proceso de Haber Bosch. (2023, mayo 19). Tecpa.es; Formación de ingenieros. <https://www.tecpa.es/proceso-haber-bosch/>

[4] Pellets De Cartón: La Invención De Un Proceso Para Convertir El Cartón En Pellets Para Calefacción. (2023, abril 18). David. <https://ecoinventos.com/pellets-de-carton/>

[5] Stamicarbon delivers a new urea granulation plan. (s/f). Stamicarbon.com. <https://www.stamicarbon.com/news/new-milestone-urea-granulation-acrons-second-granulation-plant-using-stamicarbon-technology>

[6] UFT® additives. (s/f). Thyssenkrupp Fertilizer Technology. <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/thyssenkrupp-fertilizer-technology/en/products-and-services/additives>

[7] Ultra-low energy design. (s/f). Stamicarbon.com. <https://www.stamicarbon.com/launch-melt-ultra-low-energy-design>