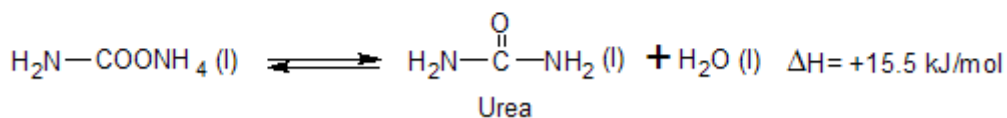
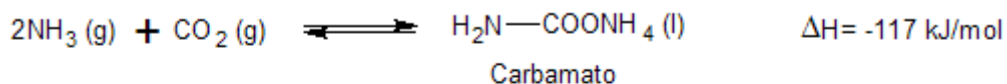


## Producción industrial de urea

La síntesis de urea a nivel industrial se realiza a partir de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) líquido y anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) gaseoso. La reacción se verifica en 2 pasos. En el primer paso, los reactivos mencionados forman un producto intermedio llamado carbamato de amonio y, en la segunda etapa, el carbamato se deshidrata para formar urea.

Surge un problema dado que las velocidades de las reacciones son diferentes. La primera etapa es mucho más rápida que la segunda, con lo cuál el carbamato intermedio se acumula. Además, la primera reacción no se verifica por completo, por lo que también quedan amoníaco y dióxido libres. En adición a esto, debe mencionarse que el carbamato es un producto altamente corrosivo, por lo cuál lo que se hace es degradar la parte de carbamato no convertida a urea en sus reactivos de origen, y luego volver a formarlo.



Vemos que la primera reacción es exotérmica, y la segunda es endotérmica.

Un problema del proceso es que en el segundo paso de la reacción, se forma un producto llamado biuret, que resulta de la unión de dos moléculas de urea con pérdida de una molécula de amoníaco. Este producto es indeseable por ser un tóxico. Por esta razón es necesaria su eliminación.

Según lo expuesto, el proceso completo de producción de la urea puede separarse en las siguientes etapas.

1. Obtención de  $\text{CO}_2$
2. Obtención de amoníaco
3. Formación de carbamato
4. Degradación del carbamato y reciclado.
5. Síntesis de urea
6. Deshidratación, concentración y granulación

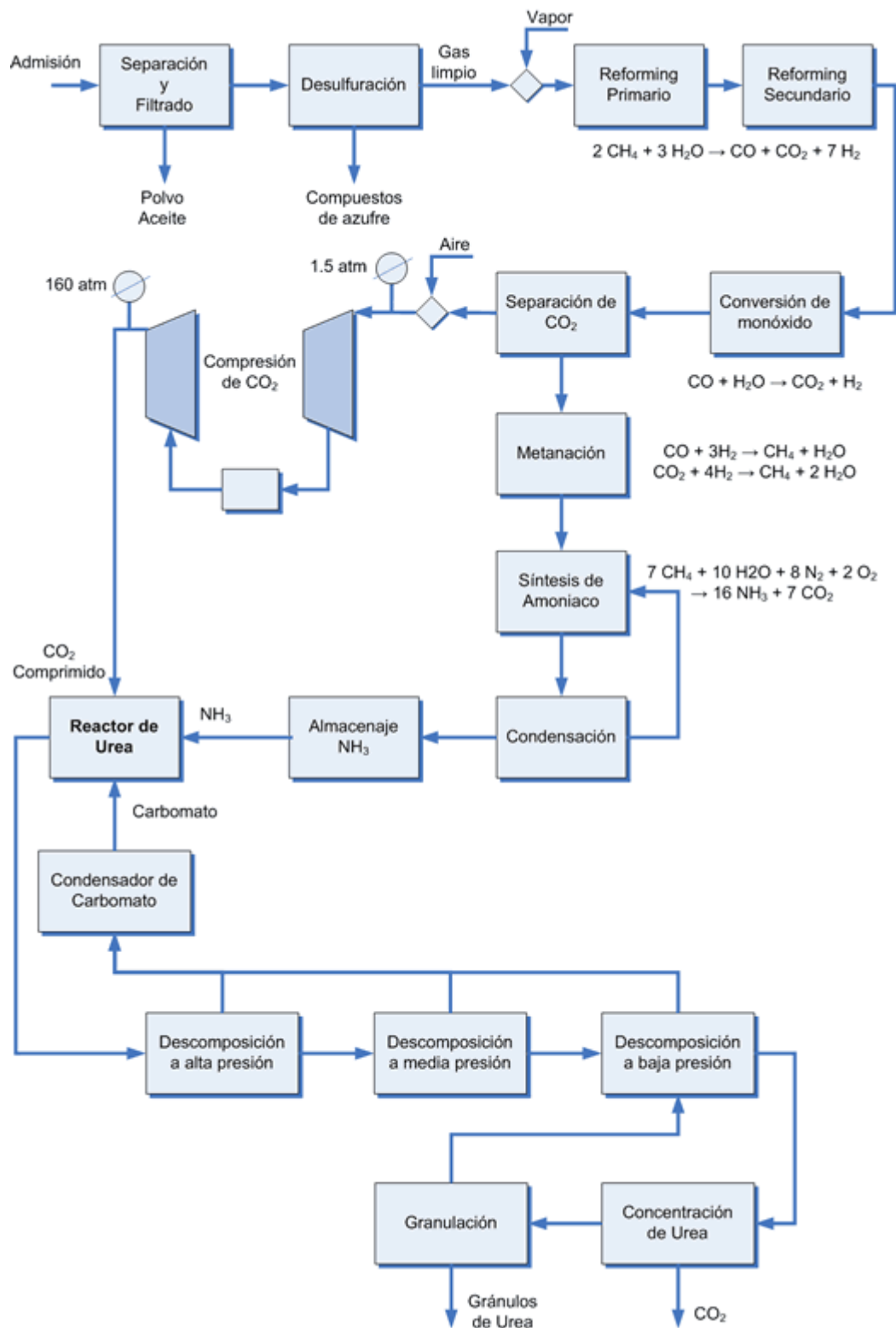
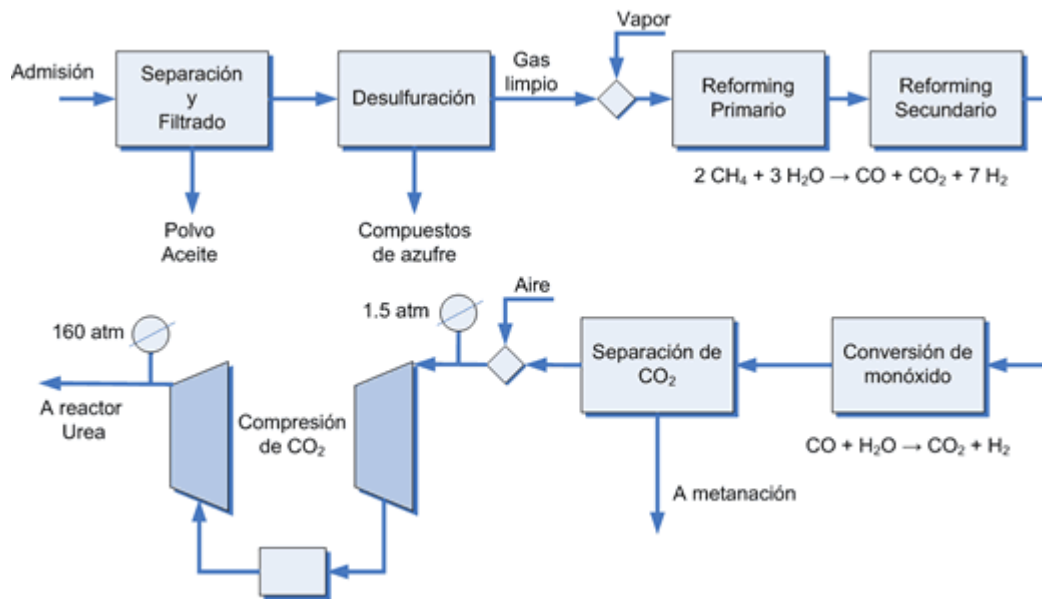


Diagrama del proceso completo de producción de la urea

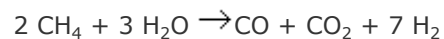
## Obtención de CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub> se obtiene a partir de gas natural, mediante la reacción conocida como reforming.

Antes del reforming, deben separarse las impurezas del gas, tales como gotas de aceite, partículas de polvo, y sobre todo desulfurar el gas, ya que el azufre interfiere con la acción de los catalizadores.



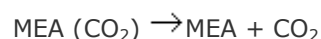
Luego de purificar el gas, se procede a la obtención de CO<sub>2</sub> mediante dos etapas de reforming catalítico con vapor de agua. El calor necesario para la reacción, la cuál es endotérmica, proviene de la combustión del gas natural y de los gases parcialmente reformados. Se deja entrar aire al reactor para obtener la relación necesaria de H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> para la posterior obtención del amoníaco. La reacción es la siguiente



Las dos etapas de reforming se verifican según la reacción expuesta, y a la salida de la segunda etapa, se obtiene un gas con las siguientes proporciones: 56% H<sub>2</sub>, 12% CO, 8% CO<sub>2</sub>, 23% N<sub>2</sub> y menos de 0,5% CH<sub>4</sub>.

Para eliminar el CO y convertirlo en CO<sub>2</sub>, se realiza la conversión de CO haciendo que reaccione catalíticamente con vapor de agua para formar CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> usando hierro y cobre como catalizadores.

Del gas resultante se separa el CO<sub>2</sub> mediante una solución de mono etanol amina (MEA), mediante la siguiente reacción:

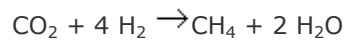
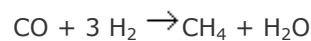


## Compresión del anhídrido carbónico

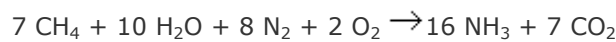
El dióxido resultante es enviado a dos etapas sucesivas de compresión en las cuáles se eleva la presión a 160 atmósferas absolutas. Al dióxido se le agregan pequeñas cantidades de aire pasivante para inhibir la acción corrosiva.

## Obtención de amoníaco

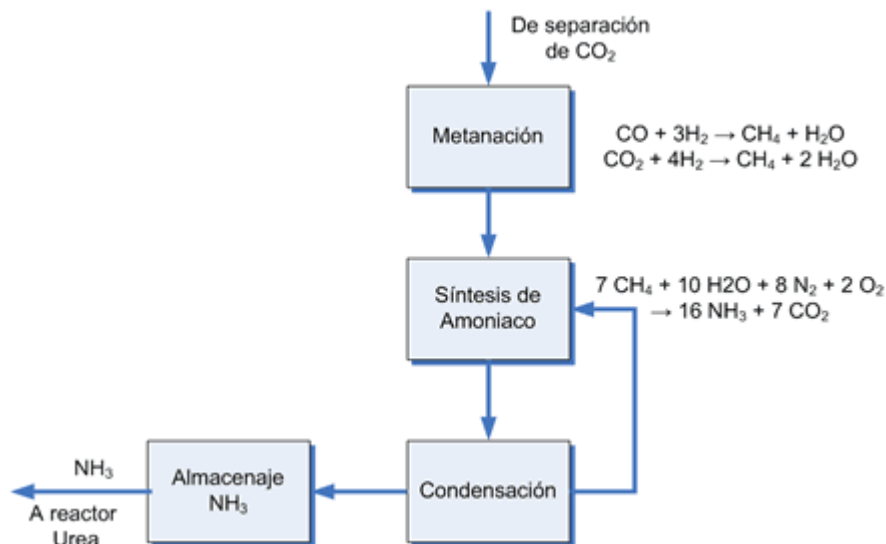
El otro reactivo necesario para la producción de urea es el amoníaco. Éste se obtiene a partir del gas reformado separado del CO<sub>2</sub>. Se produce primeramente una etapa de metanación para convertir a metano las bajas proporciones que quedan de CO y CO<sub>2</sub> en circulación, dado que éstos interferirían en la acción del catalizador en la etapa final de síntesis del amoníaco



Luego de la metanación, el gas circulante se compone de aire, metano y vapor de agua, los cuales reaccionan con catalizador de hierro para formar amoníaco en estado gaseoso según:



el amoníaco gaseoso se condensa por enfriamiento y se separa del gas para almacenarlo a presión de unas 13 atmósferas. El amoníaco gaseoso remanente es recirculado al loop de síntesis.

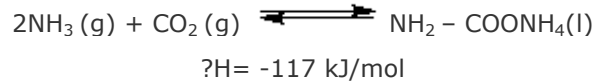


## Formación del carbamato

La reacción de síntesis de Urea se lleva a cabo a altas presiones (200 bar) y el nivel térmico óptimo (190°C) en un reactor construido en acero inoxidable especial.

La reacción se produce entre el amoníaco, el CO<sub>2</sub> y la solución reciclada de carbamato, proveniente de la etapa de absorción.

El carbamato de amonio se forma a partir de CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> según la siguiente reacción (esta reacción genera calor):



Antes de ingresar al reactor, el CO<sub>2</sub> es comprimido hasta 200 atm, mediante un compresor eléctrico y el amoníaco hasta 145 atm.

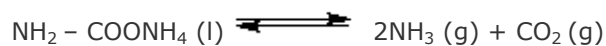
El NH<sub>3</sub> y el CO<sub>2</sub> reaccionan rápida y exotérmicamente, en una primera etapa, para formar el carbamato, que luego se deshidrata a urea + agua. Esta reacción logra cerca del 100% en condiciones normales.

## Descomposición del carbamato.

No todo el Carbamato de Amonio se descompone en Urea y Agua. La fracción que se descompone para formar Urea en relación a la cantidad total que ingresa al reactor se denomina conversión. La conversión de Carbamato en Urea en el reactor está en el orden de 70%. Es decir que de cada 100 Kg de carbamato que se forman, sólo 70 Kg pasan a Urea. El resto debe reciclarse permanentemente y en forma continua al reactor para lograr una conversión total.

Como habíamos visto, el carbamato se forma mucho más rápido que la urea. Al ser altamente corrosivo, su manejo es muy difícil. Por ésta razón, lo que se hace es degradarlo nuevamente a NH<sub>3</sub> y CO<sub>2</sub> para luego volver a formarlo.

La reacción de descomposición:



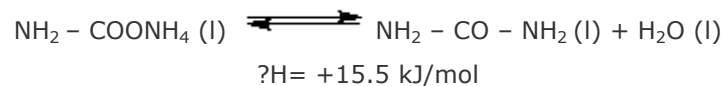
Se logra de dos formas:

1. Bajando la presión y temperatura, se desplaza el equilibrio hacia los reactivos. Luego la mezcla gaseosa se vuelve a comprimir causando su recombinación. Si hay amoníaco en exceso, este se separa en forma gaseosa de la solución de carbamato. Para disminuir los costos totales de la recompresión, esta se realiza en dos etapas.

2. La otra forma es mediante el stripping del amoníaco, desplazando la reacción hacia productos. Al bajar la presión parcial del reactivo, el sistema evoluciona hacia su equilibrio degradando el carbamato. Esta forma tiene la ventaja de poder hacerse a la presión de síntesis, lo que reduce el costo de recompresión.

## Síntesis de urea.

El carbamato se deshidrata a urea mediante la reacción:



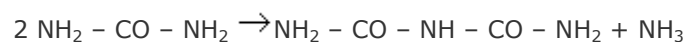
Como se ve, la reacción es endotérmica, y habíamos dicho que es mucho más lenta que la de producción de carbamato. La cinética de la reacción aumenta con la temperatura, con una mayor relación  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$  y disminuye con una mayor presencia de agua.

La producción de la Urea se realiza en un reactor vertical, que opera a 188 – 190 °C y 160 Kgf/cm<sup>2</sup> absoluta, una relación N/C de 3,6 – 3,8, un tiempo de residencia de alrededor de 45 minutos y un grado de conversión (en un paso) del 65 – 70 %.

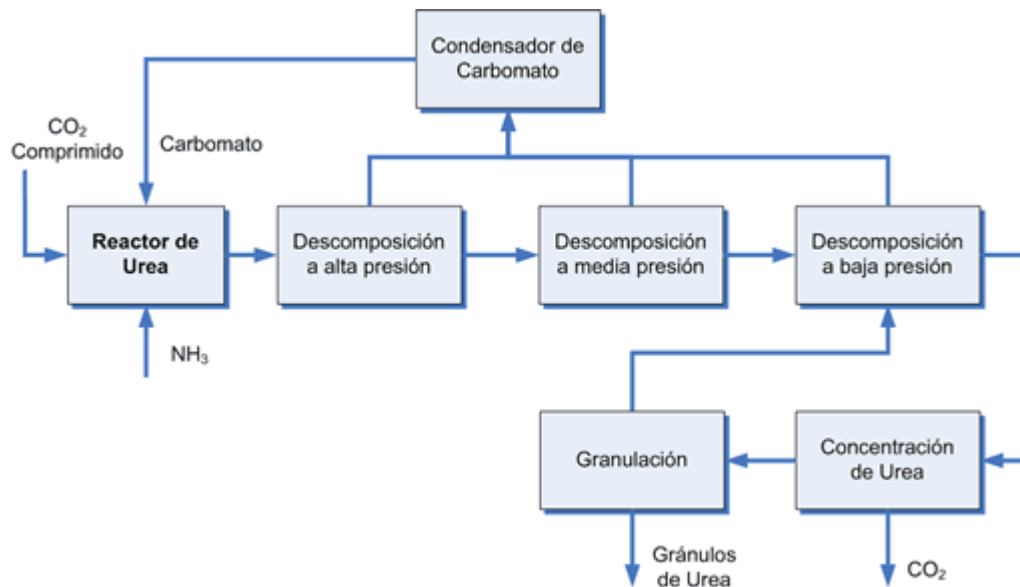
Esta operación combina la formación de carbamato (exot., rápida) en su parte inferior, por la alimentación de  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$  en exceso y la descomposición del carbamato en urea (mucho mas lenta y endotérmica).

## Formación de biuret

El biuret se forma cuando dos moléculas de urea se unen liberando una molécula de amoníaco según



Se trata de una sustancia altamente tóxica para las plantas, por lo cuál su concentración en la urea debe ser muy baja, menor al 0.4%. Para lograr bajas concentraciones se usa un exceso de amoníaco en la síntesis de urea.



## Concentración

La corriente de Urea y agua obtenida en las etapas de Descomposición, la cual contiene aproximadamente 70% de Urea, es concentrada al 80% en un concentrador de vacío mediante la aplicación de calor externo utilizando vapor de agua. Esta corriente se denomina Urea de Síntesis, y es bombeada hacia la unidad de Evaporación.

## Evaporación

La corriente proveniente del Concentrador se sigue concentrando en dos etapas de Evaporación, la primera de ellas (se concentra hasta 95 %) operando a 0.3 Kg/cm<sup>2</sup> absolutos y la segunda (se concentra hasta 99.8 %) a muy alto vacío, para lograr la evaporación del agua sin descomponer térmicamente la Urea. Un equipo clave de esta etapa es un ejector de importantes dimensiones que permite lograr los niveles de vacío requeridos.

Se obtiene de este modo una corriente de Urea fundida a 132 °C con muy bajo contenido de agua, del orden de 0.5%. Esta corriente es enviada a la Torre de Prilling para la formación de perlas de Urea.

## Granulación

Luego se pasa al perlado de Urea (formación de pequeñas perlas del orden de 2 – 4 mm de diámetro) se realiza en la Torre de Perlado (Torre de Prilling).

La Urea fundida es bombeada a la parte superior de la torre de 80 mts de altura y 16 mts. de diámetro. Mediante un canasto giratorio con unas 6000 pequeñas perforaciones se logra obtener una lluvia de Urea fundida, cuyas gotas se van solidificando primero y enfriando luego durante su caída libre, a la vez que se hace circular aire en sentido contrario mediante grandes ventiladores ubicados en la parte superior de la torre.

Se obtiene de este modo el producto final, a unos 40 – 50 °C de temperatura, el cual es transportado mediante elevadores y cintas a los silos de almacenaje.

---

[< UreaarribaAmoníaco >](#)

---

Jue, 11/08/2005 - 21:56



































