

1. Industria Química

• Introducción

La industria química es el sector que se ocupa de las transformaciones químicas a gran escala. La industria química se ocupa de la extracción y procesamiento de las materias primas, tanto naturales como sintéticas y de su transformación en otras sustancias con características diferentes de las que tenían originariamente.

Las industrias químicas se pueden clasificar en industrias químicas de base e industrias químicas de transformación. Las primeras trabajan con materias primas naturales, y fabrican productos sencillos semielaborados que son la base de las segundas. Las industrias de base están localizadas en lugares próximos a las fuentes de suministros. Las industrias químicas de base toman sus materias primas del aire (oxígeno y nitrógeno), del agua (hidrógeno), de la tierra (carbón, petróleo y minerales) y de la biosfera (caucho, grasas, madera y alcaloides).

Las industrias de transformación convierten los productos semielaborados en nuevos productos que pueden salir directamente al mercado o ser susceptibles de utilización por otros sectores.

Tradicionalmente, las operaciones de la industria química se basaban en una simple modificación o en un aumento de las dimensiones de los aparatos utilizados por los investigadores en los laboratorios. En la actualidad, todo proceso químico se estudia cuidadosamente en el laboratorio antes de convertirse en un proceso industrial y se desarrolla gradualmente en instalaciones piloto, no implantándose a gran escala hasta que no queda demostrada su rentabilidad.

La transición desde el laboratorio hasta la fábrica es la base de la industria química, que reúne en un solo proceso continuo llamado cadena o línea de producción las operaciones unitarias que en el laboratorio se efectúan de forma independiente. Estas operaciones unitarias son las mismas sea cual fuere la naturaleza específica del material que se procesa.

1.2. Requerimientos básicos fundamentales de la industria

Las materias primas pueden ser minerales o no minerales. Las minerales pueden ser metalíferos o no metalíferos pero en todos los casos son agotables. Los no minerales pueden ser animales o vegetales, pero siempre su producción esta regulada por las personas.

Las fuentes de energía pueden ser las alternativas o las de mayor consumo hoy que son las que provienen de fuentes no renovables. Las fuentes alternativas son renovables (hidráulica, solar, eólica, geotérmica, maremotos) además no contaminan el ambiente pero hay un excepción dentro de estas fuentes alternativa que es la de la biomasa que a diferencia de las otras contamina. Las fuentes de mayor consumo hoy en día son las que no son renovables (gas, petróleo, carbón) estos elementos son contaminantes y contribuyen para crear energía nuclear.

1.3. Análisis del proceso químico

El cálculo de un proceso químico lleva consigo tres tipos de problemas que, aunque relacionados entre sí, dependen de principios técnicos completamente diferentes. El primer tipo de problemas se encuentra en la preparación de los balances de materia y energía del proceso, y en el establecimiento de las misiones que han de cumplir las diferentes partes de la instalación. El segundo tipo es la determinación de las características específicas de las instalaciones necesarias para cumplir su función. El tercer tipo de problemas incluye los de la selección de aparatos y materiales, y la integración de los diferentes medios dentro de un plan coordinado. Estos tres tipos de problemas pueden designarse como problemas de proceso, operaciones básicas y problemas de cálculo de planta, respectivamente. Los problemas de proceso son en su mayoría químicos, las operaciones básicas son principalmente de tipo físico y los problemas de cálculo de planta son en gran parte mecánicos. En el diseño de un proceso industrial estos problemas no se pueden separar y tratar cada uno individualmente sin considerar los otros.

1.4. Industrias químicas de interés

Las industrias químicas de productos inorgánicos más importantes son la de fabricación del ácido sulfúrico, la industria del vidrio, la de producción de aluminio, cobre, hierro y acero, la de obtención de amoníaco y abonos nitrogenados, y la de fabricación de sosa solvay, entre otras. Las industrias químicas de productos orgánicos más importantes son la industria carboquímica, cuya materia prima es el carbón, la industria petroquímica, cuya materia prima es el petróleo, y como derivadas de éstas las industrias de los plásticos y resinas sintéticas, y las de fabricación de detergentes.

2. Inconvenientes de la Industria Química

2.1. Residuos tóxicos

Los residuos tóxicos son los materiales sólidos, líquidos o gaseosos que contienen sustancias dañinas para el medio ambiente, para el ser humano y para los recursos naturales. Los principales componentes que dan a los residuos su carácter peligroso son: metales pesados, cianuros, dibenzo-p-dioxinas, biocidas y productos fitosanitarios, éteres, amianto, hidrocarburos aromáticos policíclicos, fósforo y sus derivados, y compuestos inorgánicos del flúor.

Pueden estar contenidos en recipientes que son destinados al abandono o se utiliza la eliminación mediante vertido controlado que es el método más utilizado. El resto de los residuos se incinera y una pequeña parte se utiliza como fertilizante orgánico. Los residuos peligrosos no se eliminan, se almacenan dentro de contenedores en lugares protegidos. Otros métodos más adecuados son su almacenamiento en silos de hormigón o en formaciones geológicas profundas, aunque ninguno es del todo fiable a largo plazo.

Los residuos más peligrosos son las sustancias biológicas, los compuestos químicos tóxicos e inflamables y los residuos radiactivos.

Las sustancias radiactivas son peligrosas porque una exposición prolongada a su radiación daña a los organismos vivos, y porque las sustancias retienen la radiactividad durante mucho tiempo.

2.2. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es la que se produce en la atmósfera, según su nombre indica, y es producida por residuos o productos secundarios gaseosos sólidos o líquidos, que pueden poner en peligro la salud del hombre y la salud y bienestar de las plantas y animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

Cada año, los países industriales generan miles de millones de toneladas de contaminantes. Muchos contaminantes proceden de fuentes fácilmente identificables; el dióxido de azufre, por ejemplo, procede de las centrales energéticas que queman carbón o petróleo. Otros se forman por la acción de la luz solar sobre materiales reactivos previamente emitidos a la atmósfera. Por otra parte, el descubrimiento en la década de 1980 de que algunos contaminantes atmosféricos, como los clorofluorocarbonos (CFC), están produciendo una disminución de la capa de ozono protectora del planeta ha conducido a una supresión lenta de estos productos.

2.3. Dióxido de carbono

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera ha sido uno de los impactos que el uso de combustibles fósiles ha producido sobre el medio ambiente terrestre. La cantidad de CO₂ atmosférico había permanecido estable, aparentemente durante siglos, pero en los últimos 100 años ha ascendido. Lo significativo de este cambio es que puede provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a

través del proceso conocido como efecto invernadero. El dióxido de carbono atmosférico tiende a impedir que la radiación de onda larga escape al espacio exterior; dado que se produce más calor y puede escapar menos, la temperatura global de la Tierra aumenta.

Un calentamiento global alto en la atmósfera tendría graves efectos sobre el medio ambiente. Aceleraría la fusión de los casquetes polares, haría subir el nivel de los mares, cambiaría el clima regional y globalmente, alteraría la vegetación natural y afectaría a las cosechas. Estos cambios tendrían un enorme impacto sobre la civilización humana.

2.4. Efecto invernadero

La Tierra se calienta gracias a la energía del Sol. Cuando esta energía llega a la atmósfera, una parte es reflejada de nuevo al espacio, otra pequeña parte es absorbida, y la restante llega a la Tierra y calienta su superficie.

Pero cuando la Tierra refleja a su vez la energía hacia la atmósfera, ocurre algo diferente. En lugar de atravesarla y llegar al espacio, los gases de la atmósfera absorben una gran parte de esta energía. Esto contribuye a mantener caliente el planeta.

De esta manera, la atmósfera deja que la radiación solar la atraviese para calentar la Tierra, pero no deja salir la radiación que la Tierra irradia hacia el espacio. En un invernadero ocurre lo mismo, salvo que en el invernadero se utiliza cristal, en vez de gases, para retener el calor. Por eso llamamos a este fenómeno efecto invernadero.

Los gases invernadero de la atmósfera cumplen la función de mantener la temperatura media adecuada para la Tierra, a pesar de que las temperaturas varíen mucho de un lugar a otro. Si estos gases aumentaran, retendrían demasiado calor. Esto provocaría el recalentamiento del planeta.

2.5. Lluvia ácida

La lluvia ácida se forma cuando los óxidos de azufre y nitrógeno se combinan con la humedad atmosférica para formar ácidos sulfúrico y nítrico, que pueden ser arrastrados a grandes distancias de su lugar de origen antes de depositarse en forma de lluvia. Adopta también a veces la forma de nieve o niebla, o precipitarse en forma sólida. Un término científico más apropiado sería "deposición ácida". La forma seca de la deposición es tan dañina para el medio ambiente como la líquida.

La lluvia ácida puede erosionar estructuras, dañar los bosques y las cosechas, y poner en peligro la vida en los lagos y los ríos.

2.6. Destrucción del ozono

La actividad humana está teniendo un impacto negativo sobre la capa de ozono. Los estudios muestran que la capa de ozono está siendo afectada por el uso creciente de CFC que se emplean en refrigeración, aire acondicionado, disolventes de limpieza, materiales de empaquetado y aerosoles. Este CFC está haciéndole a la capa de ozono un gran agujero que hace que las radiaciones ultravioletas del sol entren con más facilidad y esos rayos afectan mucho al medio ambiente y al hombre, que le puede producir cáncer de piel.

Debido a la creciente amenaza que representan estos peligrosos efectos sobre el medio ambiente, muchos países trabajan en el proyecto de suprimir la fabricación y uso de los CFC. No obstante, los CFC pueden permanecer en la atmósfera durante más de 100 años, por lo que la destrucción del ozono continuará representando una amenaza durante décadas.

3. El Ácido Sulfúrico

3.1. Historia

Su preparación, quemando Azufre con Salitre, la describió por primera vez Valentinus, en el siglo XV.

El Anhídrido sulfúrico (o trióxido de azufre) fue aislado por Bussy en 1824.

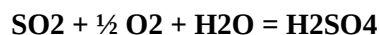
En 1746, Roebuck de Birmingham, Inglaterra, introdujo el proceso de cámaras de plomo. El proceso de contacto fue descubierto por primera vez en 1831 por Phillips, un Inglés cuya patente incluía las características esenciales del proceso de contacto moderno, en particular el paso de una mezcla de Dióxido de Azufre y aire sobre un catalizador, seguido por la absorción del Trióxido de Azufre en Ácido Sulfúrico de 98.5 al 99%.

3.2. Obtención

Las tres materias primas empleadas por las industrias son: azufre, aire y agua.

Cámaras de plomo:

Actualmente se utilizan dos procesos para obtener Ácido Sulfúrico. En las etapas iniciales ambos requieren el uso de dióxido de azufre, que se obtiene quemando piritas de hierro, FeSO_2 , o azufre, en aire.



(Anhídrido sulfuroso + Oxígeno + Agua = Ácido Sulfúrico)

En este primer proceso, denominado método de las cámaras de plomo, la reacción se lleva a cabo en grandes torres de ladrillos recubiertas de plomo. En estas torres, reaccionan dióxido de azufre gaseoso, aire, vapor de agua y óxidos de nitrógeno, produciendo ácido sulfúrico en forma de gotas finas que caen al suelo de la cámara. Casi todos los óxidos de nitrógeno se recuperan del gas que sale y se vuelven a introducir en la cámara para ser utilizados de nuevo. El Ácido Sulfúrico producido de esta forma, y el ácido etiquetado, sólo contienen de un 62 a un 70% de H_2SO_4 ; el resto es agua. Actualmente, casi un 20% del ácido sulfúrico se produce por el método de las cámaras de plomo, pero este porcentaje está disminuyendo.

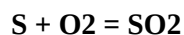
Método de contacto

Una vez que ingresa el azufre a la planta, es depositado en un sitio denominado patio de azufre, labor que realizan ayudantes contratados por el conductor y personal de la planta. Posteriormente se inicia la transformación del azufre. Una persona denominada Operario del Fundidor, tiene la función de trasladar azufre a un compartimiento denominado Fundidor de Azufre, en donde de su estado sólido se torna líquido viscoso ya que es sometido a altas temperaturas (150°) con ésta iniciación de transformación del azufre se da comienzo al ciclo de producción de Ácido Sulfúrico.

Los pasos principales de proceso son:

1. Combustión del azufre:

Para generar dióxido de azufre (SO_2)



(Azufre + Oxígeno = Anhídrido Sulfuroso)

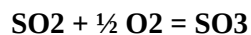
El azufre para la planta se recibe en forma sólida. El azufre se funde y clarifica antes de transferirlo a una fosa de almacenamiento de azufre limpio. Luego se bombea a un quemador de azufre donde se quema con aire suministrado por un soplador para formar Dióxido de Azufre. Antes de entrar al quemador, el aire pasa por la torre de secado, donde se lava con ácido para retirarle el vapor de agua que contiene. La humedad del aire, si no se elimina, causará problemas en el proceso. Por ejemplo: problemas de corrosión en conductos y torres.

El aire pre-secado que entra al quemador contiene aproximadamente 21% de Oxígeno (O₂) y 79% de Nitrógeno (N₂). En el quemador de azufre se utiliza solamente una parte del Oxígeno del aire para quemar el azufre. La composición del gas que sale del quemador varía de acuerdo a la proporción de aire y azufre que se utilice.

Al quemar el azufre se genera una gran cantidad de calor, el cual eleva la temperatura del gas en el quemador. La temperatura alcanzada va en proporción a la concentración del gas (es decir, el porcentaje de SO₂ en el gas) y también depende de la temperatura del aire que entra al quemador, así como de la cantidad de calor que se pierde en el quemador de azufre, debido a radiación del casco.

2. Combinación de dióxido de azufre con oxígeno:

Para formar trióxido de azufre (SO₃)



(Anhídrido Sulfuroso + Oxígeno = Anhídrido Sulfúrico)

El SO₂ que se encuentra en el gas se combina con parte del Oxígeno remanente para formar Anhídrido Sulfúrico (SO₃). Para este paso, el gas debe estar a una temperatura menor que la de salida del quemador de azufre. Es necesario, por lo tanto, enfriar el gas de salida del quemador de azufre. El enfriamiento se consigue mediante una caldera de recuperación que contiene agua; el gas (SO₂) caliente, que sale de la caldera de recuperación, pasa a través del filtro de gas caliente para extraerle el polvo que puede contener. Este se convierte en (SO₃) en el convertidor, el cual contiene cuatro capas de catalizador que hace que la reacción química se produzca a velocidad mucho mayor que si no se utilizara el catalizador, éste no se afecta ni se agota.

Esta reacción es exotérmica y también reversible (es decir, que no llega a completarse), la temperatura de entrada del gas a cada a paso del convertidor debe mantenerse en el nivel correcto con el fin de conseguir la conversión requerida. El gas es enfriador entre cada paso para mantener la temperatura correcta de entrada a cada paso.

Después del segundo paso el gas pasa a través del intercambiador caliente de paso intermedio, el cual enfría el gas y también sirve para precalentar el gas que retorna de la torre de absorción intermedia hacia el cuarto paso de catalizador. Después del tercer paso el gas es conducido a la torre barredora (para extraerle el selenio), y luego a la torre de absorción intermedia, donde el SO₃ que contiene el gas es absorbido en Ácido Sulfúrico del 98%. El gas es enfriado antes de la torre en el intercambiador frío; el intercambiador frío de paso intermedio también sirve para calentar el gas que retorna de la torre de absorción intermedia, para lograr la temperatura correcta al cuarto paso. El SO₂ que queda en el gas es luego convertido en SO₃ en el cuarto paso, el gas que sale del convertidor pasa a través del economizador supercalentador, donde es enfriado antes de pasar a la torre de absorción final, donde el SO₃ remanente es absorbido en Ácido Sulfúrico del 98%.

3. Combinación del trióxido de azufre con agua:

Para formar una solución que contiene 98 a 99% de Ácido Sulfúrico.



(Anhídrido Sulfúrico + Agua = Ácido Sulfúrico)

El gas SO_3 producido en el convertidor, aunque adecuadamente enfriado, no se combinará directamente con agua, sino que debe combinarse indirectamente mediante absorción en Ácido Sulfúrico de 98–99%. En estas condiciones el SO_3 se une fácilmente con el agua contenida en el Ácido. Esta operación se lleva a cabo en las torres de absorción donde se efectúa la absorción del SO_3 en dos etapas, la primera antes que la conversión a SO_3 se haya completado, denominado interabsorción. El SO_3 absorbido en la torre intermedia sigue hacia adelante y el restante es absorbido en la torre de absorción final (segunda etapa).

El Ácido que recircula por la torre de secado se debilita con el vapor de agua que le quita el aire, mientras que en las torres de absorción el Ácido se refuerza mediante la absorción del gas SO_3 ; el Ácido más débil se combina con el Ácido reforzado proveniente de las torres de absorción antes de ingresar a la torre de enfriamiento. La adición de agua a las corrientes combinadas también es necesaria para mantener la concentración adecuada del Ácido para lograr la absorción del SO_3 y un buen secado.

El flujo de Ácido combinado es bombeado a través de los enfriadores de Ácido antes de recircular el Ácido a la torre de secado y las torres de absorción. La absorción del vapor de agua por el Ácido circulante de secado, además de la adición de agua a las corrientes combinadas de Ácido de las torres de secado final y paso intermedio, ha aumentado constantemente el volumen del Ácido dentro del tanque común de bombeo; como resultado de esto, constantemente se bombea Ácido de 98–99% desde el sistema común de secado final e intermedio al tanque de almacenamiento.

4. Absorción del selenio y producción del oleum:

La corriente de gas SO_3 proveniente del tercer paso contiene selenio que entra en el proceso con el azufre volcánico alimentado al quemador de azufre.

El Ácido Sulfúrico puede disolver su propio anhídrido SO_3 y dar una serie de productos que contienen más anhídrido de lo normal. Estos líquidos oleosos, frecuentemente de color pardo por la carbonización de polvos orgánicos, reciben el nombre de oleums o ácidos fumantes; al aire desprenden humos y van depositándose unos cristales de ácido piro-sulfúrico $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$; se trata de un sólido incoloro que funde a 36°C . La remoción del selenio es necesaria para poder cumplir con las especificaciones para ácido sulfúrico (producto).

El Oleum, Ácido Sulfúrico fumante, o ácido Nordhausen, es una disolución de anhídrido sulfúrico (SO_3) en ácido sulfúrico 100% (H_2SO_4). Se utiliza principalmente en los procesos de "sulfonación". La producción se realiza en una instalación complementaria de la unidad productora de ácido sulfúrico 98%.

Sus materias primas son: Ácido Sulfúrico 98% y SO_3 gaseoso, ambos productos son tomados de los circuitos correspondientes en las unidades de sulfúrico de la planta.

Las reacciones químicas involucradas son:



|--- ácido 98%---| ácido 100%



anhídrido sulfúrico disuelto en ácido = oleum

Nota: la x, y, z representan números arbitrarios de moléculas.

El en sí consta de una torre de absorción rellena con material cerámico especial, una bomba de recirculación del producto, un sistema de refrigeración para eliminar el calor generado y una cuba de recirculación. Debido a que la absorción del SO_3 es de bajo rendimiento, el gas que sale de la torre debe retornarse al circuito de gas de la planta de Ácido Sulfúrico, a fin de evitar la contaminación ambiental.

El producto final contiene de 22 a 24% de SO_3 disuelto en Ácido Sulfúrico y la riqueza teórica en H_2SO_4 equivale a un ácido sulfúrico de 105% de concentración. El producto es necesario para algunas reacciones de química orgánica, pero su gran inconveniente es su alta peligrosidad, ya que tiene una gran afección por el agua, extrayendo inclusive la combinada, por lo cual carboniza instantáneamente cualquier materia orgánica, tal como la piel humana.

3.3. Propiedades

Tiene una densidad relativa de 1.85, un punto de fusión de 10.36°C , un punto de ebullición de 340°C y es soluble en agua en cualquier proporción.

El ácido sulfúrico es un líquido viscoso e incoloro. En el ácido sulfúrico líquido puro existen moléculas H_2SO_4 en equilibrio con SO_2 y H_2O . Es mal conductor de la corriente eléctrica. En el agua es un electrolito fuerte, debido a una intensa ionización. Lo mismo ocurre en los disolventes como el amoníaco o el HF líquido.

El ácido sulfúrico tiene una fuerte acción deshidratante y no sólo extrae el agua de las sustancias químicas y de los tejidos animales y vegetales, sino que por contacto directo causa la destrucción de éstos; además de sustancias como azúcares, papel y fibras textiles vegetales. Es por esto por lo que se utiliza para desecar sustancias.

El ácido sulfúrico es un ácido fuerte, diprótico. En disoluciones diluidas, la primera disociación es prácticamente completa pero después la disociación del hidrógenosulfato es relativamente pequeña.

El ácido concentrado y caliente actúa como un agente oxidante, reduciéndose a dióxido de azufre. De este modo puede disolver metales sin embargo no ataca a metales nobles.

3.4. Aplicaciones

El Ácido Sulfúrico es un producto industrial fundamental : sus aplicaciones son numerosísimas y su consumo es extraordinario. Los usos del ácido sulfúrico son tan variados que el volumen de su producción proporciona un índice aproximado de la actividad general industrial. Este Ácido es un producto que directa o indirectamente está presente en toda industria, y su consumo es el termómetro de la industria de un país.

Sus principales usos son:

- Producción de superfosfato de calcio (fertilizantes).
- Potabilización de agua: para producir sulfato de aluminio a partir de bauxita.
- Detergentes: en la sulfonación de dodecibenceno, que es la materia prima básica para la mayoría de los detergentes utilizados en el hogar y la industria. También para esto se utiliza oleum 22%.
- Fábricas de Papel: En el proceso de producción de la pulpa de papel, e indirectamente en el uso de – sulfato

de aluminio. Este también se utiliza en la depuración de aguas residuales y en la potabilización.

- Agro-Fito Sanitario: en la producción de sulfato de cobre.
- Refinación de Petróleo: para las calderas y procesos químicos.
- Generación térmica de energía: para el tratamiento de las calderas.
- Metalurgia: para el decapado de metales.
- Producción de ácido para baterías eléctricas.
- Producción de sulfato de aluminio: se lo utiliza en reacción con hidróxido de aluminio. El sulfato de aluminio producido se utiliza principalmente en potabilización de aguas, curtidos al alumbre (curtiembres), producción de papel y sales de aluminio.
- Producción de sulfato de cromo: se lo utiliza en reacción con dicromato de potasio y un agente reductor.
- El sulfato de cromo se utiliza principalmente para el curtido de cueros (curtido al cromo).
- Fabricación de productos orgánicos, pinturas, pigmentos y rayón.