

SUSTANCIAS INORGÁNICAS DE INTERÉS INDUSTRIAL

Indice

- 9.1- Introducción
- 9.2- Cuerpo de conocimientos de la Ingeniería química
- 9.3- Materias primas de la industria química
- 9.4- El hidrógeno
- 9.5- Metales
- 9.6 -Obtención industrial del aluminio y del hierro
- 9.7--Obtención industrial del amoniaco y del ácido nítrico
- 9.8- Obtención industrial del ácido sulfúrico
- 9.9- Obtención del carbonato de sodio. Método Solvay
- 9.10-Obtención del cemento y del vidrio
- 9.11- Residuos químicos

9.1- Introducción

Uno de los objetivos de la Química es la transformación de unas sustancias en otras mediante procesos que se conocen con el nombre de reacciones químicas.

La Química en el laboratorio.

El trabajo del químico en un laboratorio consiste en obtener sustancias procedentes de la Naturaleza y convertirlas en otras diferentes o también a partir de sustancias no naturales conseguir otras que presenten propiedades diferentes. Este trabajo se realiza en un lugar adecuado llamado laboratorio. El método de trabajo es discontinuo y en general con cantidades pequeñas de materia. Las operaciones que puede realizar un químico en el laboratorio normalmente son realizadas por sí mismo sin necesidad de maquinaria de transporte, así puede medir la masa, moler un sólido, filtrar, llenar un reactor etc. Los materiales se llevan de un lugar a otro del laboratorio por medios humanos.

La Química en la industria

La sociedad actual demanda cantidades enormes de ciertos productos químicos, como por ejemplo: ácido sulfúrico, fertilizantes, polímeros etc, los cuales obviamente no pueden obtenerse en un laboratorio sino en una industria. Con el nombre genérico de *Química Técnica* se conoce al cuerpo de doctrina que permite obtener y poner en el mercado estos materiales. De entrada nos encontramos que los problemas técnicos de obtener grandes cantidades de sustancias exige un cuerpo de conocimientos que está a caballo entre la Ingeniería y la Química. Las operaciones que un químico realiza en el laboratorio tienen el mismo nombre en la industria (moler, filtrar, concentrar, destilar, secar, etc) pero este es prácticamente el único parecido. Se comprende que los problemas mecánicos que implica destilar miles de litros de una sustancia deben ser muy diferentes a realizar esa misma operación con cantidades inferiores a un litro que es el volumen con el que se suele trabajar en un laboratorio.

La industria química, casi de modo natural, hizo emerger la figura de un científico-técnico, que tuviese por una parte conocimientos de química como ciencia y por otra de ingeniería ya que la conjunción de estos dos saberes es lo que puede llevar al éxito en el campo de la industria.

La planta piloto

La obtención de cualquier producto químico a escala industrial exige como base de partida conocer la reacción o reacciones químicas que nos llevan a la obtención de ese producto, este estudio puede concretarse en dos aspectos la termodinámica y la cinética del proceso. Ya se ha dicho que la escala de trabajo de un laboratorio es muy diferente al de una planta industrial, por esta razón no es posible resolver los problemas a escala industrial simplemente aumentando la escala de laboratorio, es necesario un paso intermedio que recibe el nombre de planta piloto. La planta piloto permite el estudio completo de un proceso industrial de manera que los conocimientos que en ella se obtienen, tanto en el aspecto ingenieril como en el químico, son transferidos casi de forma directa a la planta industrial.

La economía y el impacto ambiental

Finalmente y sobre todo en la época actual el diseño de una planta industrial química debe tratar el problema de la contaminación ambiental y naturalmente en el proyecto económico debe figurar este aspecto.

9.2- Cuerpo de conocimientos de la Ingeniería química

Las operaciones de carácter físico o físico-químico que son comunes a distintas industrias químicas independientemente del producto que se vaya a obtener reciben el nombre de operaciones básicas. El número de ellas es elevado y aquí mencionamos solamente las más importantes:

- 1) **Transporte de fluidos**. Es una operación física que consiste en determinar los caudales, las pérdidas de energía en las conducciones, la potencia de las bombas, el diámetro de las tuberías, etc.
- 2) **Alto vacío**. La producción de alto vacío su medida y control son las características de esta operación que a veces es necesaria en la industria química ya que algunos productos químicos no deben estar en contacto directo con la atmósfera y otros, como son las sustancias orgánicas, no se pueden destilar a la presión ordinaria ya que se carbonizarían.
- 3) **Producción de altas presiones**. Consiste en producir presiones superiores a la atmosférica. Algunas reacciones químicas se favorecen con el empleo de altas presiones como por ejemplo la síntesis del amoníaco. La industria química puede trabajar hasta con presiones de 1000 atmósferas.
- 4) **Refrigeración y licuación de gases**. La refrigeración estudia los procesos que permiten obtener temperaturas inferiores a la ambiente y la licuación de gases que consiste en el paso de una sustancia del estado gaseoso al líquido.
- 5) **Transmisión del calor**. El calor se transmite de tres modos por conducción, convección y radiación. El objeto de esta operación es el análisis de estos tres procedimientos..

6) **Evaporación** .Operación que consiste en eliminar por ebullición parte o la totalidad del líquido de una disolución. Esta operación puede realizarse a presión ambiente o a presión reducida.

7) **Trituración** .- Operación que consiste en reducir el tamaño de los sólidos. Las máquinas que realizan estas operaciones se llaman quebrantadoras si reducen al tamaño de una avellana , trituradoras al tamaño más fino y molinos si reducen a polvo.

8) **Filtración** .- Método para separar los sólidos finamente divididos de los fluidos en los que están suspendidos.

9) **Destilación y rectificación**.- Consiste en la separación de distintas fracciones de una mezcla líquida en función de los diferentes puntos de ebullición. La rectificación que viene a ser una destilación continua tiene su mayor aplicación en la industria petrolífera.

10) **Absorción**.- La captación de un gas por un líquido se llama absorción. Para este proceso se utilizan altas torres cilíndricas por las que el gas circula de abajo hacia arriba y el líquido en sentido contrario, el proceso se verifica en contracorriente. Para mayor eficacia las torres están rellenas de material como pueden ser trozos de coque , arcilla , vidrio o incluso metales.

9.3- Materias primas de la industria química

En la ciencia química se distingue la química inorgánica que trata de todos los elementos y compuestos conocidos excepto del carbono y la orgánica que se dedica en exclusiva a los compuestos de este elemento. Esta división se mantiene en la química industrial, la cual obtiene sus productos por reacciones sucesivas entre materias primas que suministra la naturaleza.

Para la industria inorgánica son materias primas:

1.- El aire que es una mezcla de diferentes gases principalmente oxígeno y nitrógeno. También existen gases nobles y dióxido de carbono. Del aire, en estado líquido se obtiene por separado el oxígeno, el nitrógeno y los gases nobles. Para ello el aire se pasa al estado líquido y a continuación se destila para separar el oxígeno del nitrógeno basándose en el distinto punto de ebullición de estas sustancias. El nitrógeno es a su vez materia prima para la obtención de amoníaco, nítrico y sales derivadas. El oxígeno es materia prima para la industria metalúrgica y para las combustiones

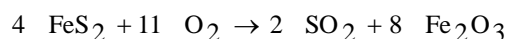
2.- Coque.- Los carbones naturales sometidos a calentamiento en ausencia de aire eliminan una serie de sustancias y dejan un residuo que se llama coque. El coque procedente de la hulla es el más importante de todos y es materia prima de la industria siderúrgica. Los destilados de la hulla contienen materias primas valiosas para la industria orgánica

3.-Agua .- El agua es materia prima para la producción de hidrógeno, gas de agua y disolvente para ácidos y bases. Se emplea como sustancia refrigerante, para la producción de vapor y como medio material separador de la mena y de la ganga en ciertos minerales

4.-Caliza.- Es una roca cuyo contenido principal es carbonato de calcio. Por calentamiento da lugar al óxido de calcio y a dióxido de carbono.

5.- Sal gema.- Es cloruro de sodio impurificado. Es materia prima para la obtención de cloro, ácido clorhídrico, sodio y sus compuestos. La electrólisis de una disolución concentrada de cloruro de sodio proporciona gas cloro, hidrógeno y disolución básica de hidróxido de sodio.

6.- Pirita.- Es una combinación de azufre y hierro (FeS_2), se emplea en la fabricación del sulfúrico, aunque está siendo desplazada por el azufre contenidos en yacimientos petrolíferos. La tostación de la pirita es una reacción redox



7.- Minerales de hierro.- Son la materia prima para la obtención del hierro

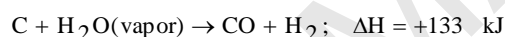
8.- Bauxita.- Es la materia prima para la obtención del aluminio

9.- Minerales que contienen distintos metales.- Son las materias primas para la obtención de esos metales.

Prácticamente todos los países tienen como materias primas **1, 2, 3, 4**. El resto está distribuido de manera desigual

9.4- El hidrógeno

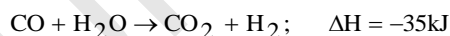
La industria produce este gas haciendo reaccionar coque* con vapor de agua a una temperatura de unos 1000°C mediante la reacción



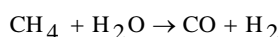
La mezcla de gases recibe el nombre de *gas de agua*. Esta reacción es endotérmica, por tanto, el coque se enfría a medida que transcurre este proceso, para evitarlo se alterna con la reacción exotérmica



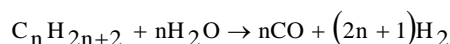
A su vez el monóxido de carbono formado puede proporcionar más hidrógeno mediante la reacción:



El método del gas de agua está siendo desplazado por la utilización de gas natural, mediante la reacción:



o por la utilización de fracciones de hidrocarburo procedentes de la destilación del petróleo:



El hidrógeno es un subproducto en la producción industrial de cloro. Este gas se produce por electrólisis de disoluciones acuosas de cloruro de sodio. En el cátodo se produce hidrógeno y en el ánodo cloro.

El hidrógeno también puede producirse en la electrólisis del agua cuyo proceso da lugar a los gases hidrógeno y gas oxígeno. Este proceso está limitado a países con energía eléctrica barata.

La demanda actual de hidrógeno se debe a que es materia prima para la síntesis del amoníaco y a las cantidades que necesita la industria petrolífera para adicionarlo a fracciones de hidrocarburos procedentes del craqueo del petróleo y para la eliminación del azufre del petróleo mediante su conversión en H₂S.

La demanda futura de hidrógeno parece que se incrementará notablemente. Las razones son:

a) es válido para usarlo directamente en motores de combustión interna en sustitución de la gasolina y el diesel, con la ventaja de que el producto de la combustión es agua.

b) es materia prima para alimentar celdas de combustible, las cuales sirven para la propulsión de vehículos, sustituyendo al motor de combustión tradicional.

c) puede utilizarse en turbinas para generar otros tipos de energía.

d) puede transportarse a través de gaseoductos y a partir de ciertas distancias competir económicamente con el transporte de electricidad.

9.5.- Metales

El número de metales es de aproximadamente 80. Unos son muy escasos y por tanto muy caros, otros aun siendo abundantes se encuentran dispersos y son por eso de difícil obtención. De importancia industrial son aproximadamente una docena. Los métodos industriales para beneficiar los metales consisten, casi de forma general, en obtener sus óxidos y reducir, siempre que sea posible, el óxido con un reductor barato como es el carbón.

Existen metales que se pueden obtener de sus óxidos por calentamiento, esto ocurre por ejemplo con el metal plata y el mercurio.

A temperaturas altas, pero asequibles a la tecnología actual, el carbono puede reducir a los óxidos de hierro y níquel y obtener los correspondientes metales. Hay metales que no pueden reducirse por el carbono, como por ejemplo el aluminio o los metales de los grupos 1 y 2 por lo que es menester recurrir a la acción de la corriente eléctrica.

La obtención de los metales a escala industrial sigue unas pautas generales, a saber:

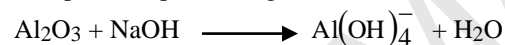
- 1- *Preparación del mineral.* Cuando se extrae el mineral de la mina debe someterse a un proceso de preparación que consta de dos partes: *trituración* y *concentración*. La primera consiste en reducir a un tamaño adecuado el mineral y la segunda separar la mena* de la ganga*. Hoy día se emplea un procedimiento llamado *flotación* cuyo fundamento es que un material sólido puede flotar en un líquido aun siendo más denso. Para ello al líquido se le insufla aire y se le añade agentes humectantes que mojan a la ganga del mineral y la envían al fondo mientras que la mena permanece seca y queda en la superficie.
- 2- *Proceso de reducción del metal.*- La mena se pasa al estado de óxido, por ejemplo, si es un sulfuro oxidándolo con oxígeno del aire, operación que recibe el nombre de tostación y luego reduciendo dicho óxido, bien por medio del carbón que es un reductor barato, bien por medio de la corriente eléctrica si no es posible la reducción química.
- 3- *Refino del metal.* Muchos metales se obtienen con impurezas y estas afectan a sus propiedades. Si el metal es de bajo punto de ebullición se refina mediante licuación (paso al estado líquido del metal y separación de las impurezas) o

mediante destilación fraccionada aprovechando la diferencia de su punto de ebullición respecto de las impurezas. En otros casos se recurre a la electrólisis. Por ejemplo, el metal cobre impuro se coloca como ánodo de una cuba electrolítica con lo que el cobre se oxida a catión cobre (2+) este catión se reduce en el cátodo y se deposita como cobre puro. En algunos casos especiales en donde se necesita un elevado grado de pureza se recurre a la técnica de refinado por el método de la *zona fundida*. Consiste en utilizar una barra de metal y fundirla mediante un horno de inducción que se desplaza por la barra lentamente. Las impurezas se disuelven en el metal fundido y el metal vuelve a cristalizar en un gran estado de pureza. Otro procedimiento consiste en preparar compuestos volátiles del metal y luego someterlos a la acción de un filamento incandescente con lo que se logra el depósito del metal puro. Por ejemplo, con el níquel impuro se forma el compuesto volátil $\text{Ni}(\text{CO})_4$, el cual se descompone en níquel puro y monóxido de carbono.

9.6 - Obtención industrial del aluminio y del hierro

El **aluminio** no se puede reducir su óxido por la acción del carbón por lo que es preciso recurrir a la corriente eléctrica.

La mena de este metal es la *bauxita*, un mineral de óxido de aluminio Al_2O_3 que contiene óxido de hierro. La primera operación es la separación de ambos óxidos. Para ello el mineral molido se somete a la acción de una disolución concentrada de hidróxido de sodio caliente y a presión, con lo que se consigue disolver el óxido de aluminio mediante el proceso químico siguiente:

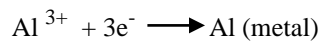


El óxido de hierro no se disuelve por lo que una filtración permite eliminarlo.

La disolución se enfría y el aluminio precipita en forma de óxido de aluminio, ya libre del hierro.

El punto de fusión del óxido de aluminio es muy alto por lo que se disuelve en un fundente, fabricado artificialmente a partir de ácido fluorhídrico y carbonato de sodio, dando un producto con una proporción parecida a la del mineral criolita (Na_3AlF_6) y este fundido es el que se usa como líquido electrolítico en una cuba electrolítica especial, que consiste en una carcasa de acero de unos 12 cm de espesor rodeada por el interior de una capa de ladrillos refractarios en cuyo interior y en la parte baja se deposita una capa de carbón de unos 25 cm de espesor que actúa de cátodo. El ánodo es de grafito móvil y se mantienen a una distancia fija del cátodo.

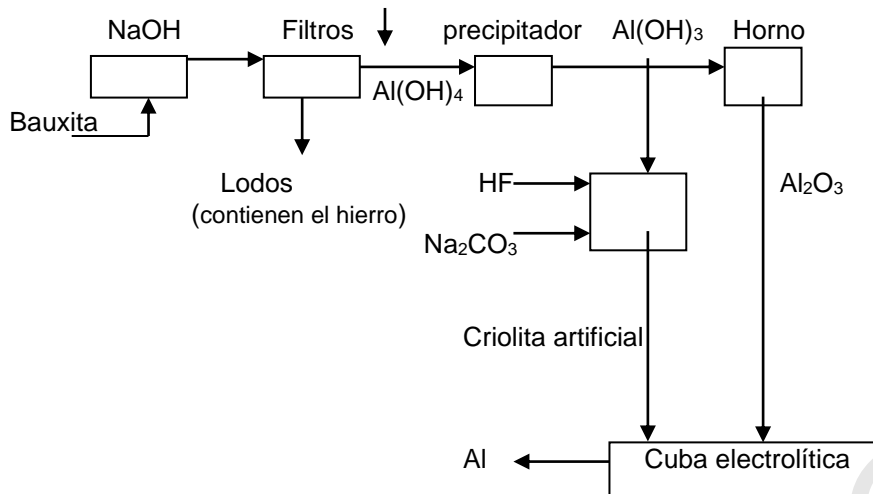
En el cátodo el aluminio se reduce según el proceso



y el metal se deposita en el fondo de la cuba de donde es extraído.

En el ánodo el anión oxígeno (2-) se oxida a oxígeno y reacciona con el carbón del electrodo produciendo dióxido de carbono. Como consecuencia de ello, el ánodo se desgasta a razón de unos centímetros por día, por lo que es necesario renovarlo por la parte superior para lograr que el proceso sea continuo. La corriente eléctrica utilizada es de 100 000 A a 5V con lo que se consigue, debido al efecto Joule de la corriente, mantener el electrolito fundido a una temperatura cercana a los 1000 °C. Cada celda electrolítica tiene un rendimiento próximo al 85%.

Diagrama de bloques simplificado de fabricación del aluminio

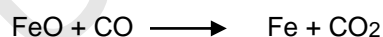
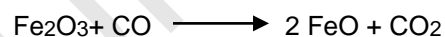


Obtención del hierro

El hierro se puede reducir de su óxido a temperatura elevada. Por tanto este es el procedimiento industrial que permite obtener el hierro de sus minerales. La obtención del hierro se verifica en un **alto horno** que consiste en una estructura con forma de dos troncos de cono unidos por sus bases más anchas. Por la parte superior, llamada tragante, se alimenta el alto horno introduciendo el mineral molido a tamaño adecuado, junto con el coque y la carga que puede ser caliza o sílice dependiendo de la naturaleza del mineral. Por las toberas se inyecta aire calentado, que con el coque produce dióxido de carbono, el cual se reduce a monóxido de carbono



El monóxido de carbono reduce al óxido de hierro a metal



Las cantidades que se manejan en una industria siderúrgica son enormes. Existen altos hornos que pueden producir hasta 7 000 toneladas de hierro cada día y esta producción exige unas 14 000 toneladas de mineral, 5600 toneladas de coque, 3500 toneladas de caliza y 28 000 toneladas de aire.

En el vientre tiene lugar la carburación* del hierro con lo que aumenta su volumen y por eso es más ancho el horno. Hacia la parte inferior gotea el hierro líquido y encima de él se deposita la escoria obtenida por la reacción:



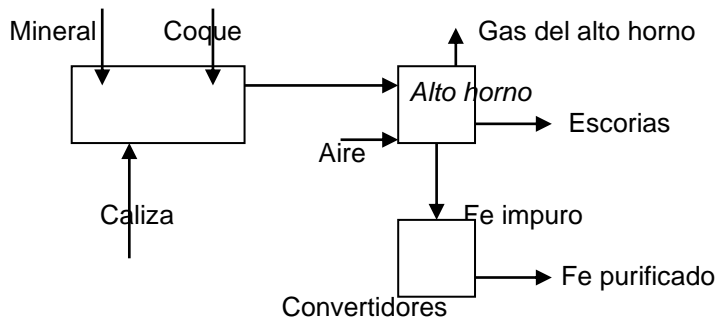
El hierro se sangra por la parte más baja del alto horno llamada crisol. Ese hierro contiene entre 3 y 5% de carbono y otras impurezas S, P, Si, por lo que no es apto para su uso industrial. La fundición se dirige hacia aparatos especiales llamados **convertidores**, en los que se insufla aire u oxígeno a presión, con lo cual las impurezas se eliminan en forma de óxidos y el contenido de carbono se reduce.

Ahora puede oscilar desde el 0,1% al 1,5% y a ese material se le da el nombre genérico de *acero*. Cuando el acero se alea con otros metales como cromo, vanadio

, manganeso, se obtienen los llamados *aceros especiales*. Cada acero especial se caracteriza por su composición química y por sus características de resistencia mecánica y resistencia a la corrosión.

El gas que abandona el alto horno por la parte superior contiene polvo que se elimina y una composición entre el 25-30% de CO, 10-16% de CO₂ y 52-60% de N₂. El contenido de monóxido de carbono del gas determina que sea combustible y como tal se utiliza para calentar el aire que se insufla en el alto horno por las toberas.

Diagrama de bloques simplificado de obtención del hierro



9.7 – Obtención industrial del amoníaco y del ácido nítrico

El amoníaco NH₃ es uno de los productos industriales de mayor importancia puesto que es la base para la fabricación de los fertilizantes y del ácido nítrico.

La industria lo obtiene por unión directa del nitrógeno del aire y del hidrógeno cuya fuente puede ser el gas de agua o derivados del petróleo, tal como se indicó en el apartado 9.4.

La reacción de síntesis es:



En las tablas termodinámicas se encuentran los siguientes valores a 25°C

	$\Delta H^\circ/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$\Delta S^\circ/\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
NH ₃	-46,2	192,6
N ₂	0	191,5
H ₂	0	130,6

A partir de ellos podemos calcular la variación de energía libre de la reacción anterior:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -2 \cdot 46,2 - 298(2 \cdot 192,6 - 191,5 - 3 \cdot 130,6) \cdot 10^{-3} = -33,3 \text{ kJ}$$

y de aquí la constante de equilibrio

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K; \quad K = e^{-\frac{\Delta G^\circ}{RT}} = e^{-\frac{-33,3 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 298}} = 6,9 \cdot 10^5$$

Una constante tan grande nos indica que el equilibrio está prácticamente desplazado hacia el amoníaco. Si ponemos en contacto los gases nitrógeno e hidrógeno a 25°C, aunque el equilibrio es muy favorable la velocidad de la reacción es muy lenta y por tanto no realizable desde el punto de vista industrial. Si queremos que el proceso transcurra con velocidad apreciable no queda más remedio que elevar la

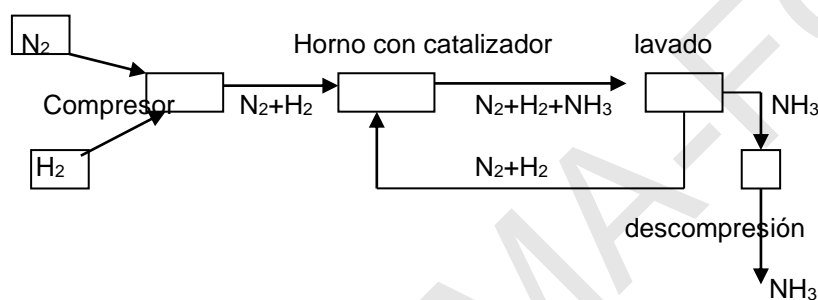
temperatura. Calculamos de una manera aproximada la constante de equilibrio a 500°C, admitiendo que no hay variación de ΔH° ni de ΔS° al cambiar la temperatura

$$\Delta H^\circ = -92,4 \text{ kJ}, \quad \Delta S^\circ = 2 \cdot 192,6 - 191,5 - 3 \cdot 130,6 = -198,1 \text{ J / K}$$

$$\Delta G^\circ = -92,4 - (500 + 273)(-198,1 \cdot 10^{-3}) = 60,7 \text{ kJ}, \text{ de aquí } K = 7,9 \cdot 10^{-5}$$

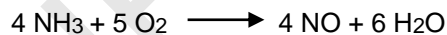
Ahora la constante es muy pequeña, el equilibrio está desplazado hacia los reactivos, por tanto, el problema parece insoluble, porque a temperatura baja el equilibrio es favorable pero la cinética es lenta y a temperatura alta la velocidad es apreciable pero el equilibrio es malo. La solución adoptada es trabajar a temperaturas de 400 a 500°C y emplear catalizadores y de acuerdo con la estequiometría de la reacción, que transcurre con disminución del número de moles, aumentar la presión para favorecer el equilibrio.

Diagrama de bloques simplificado de obtención del amoníaco

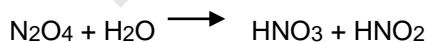
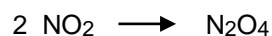
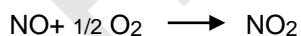


Obtención del ácido nítrico

La síntesis del amoníaco propició otra industria importante que es la obtención del ácido nítrico. El procedimiento industrial se basa en la reacción catalítica encontrada por Ostwald:



Consiste en hacer pasar a gran velocidad amoníaco junto con aire, previamente calentados a 200°C, por un horno de contacto a 800°C a través de una fina malla de platino. La reacción es exotérmica y mantiene por sí misma la temperatura de la reacción. La oxidación del NO a NO₂ y la formación del ácido nítrico se realiza en grandes torres de absorción (absorción ácida), en las que el gas borbotea en contracorriente a través de nítrico diluido y luego de agua, el proceso químico puede resumirse en las siguientes reacciones

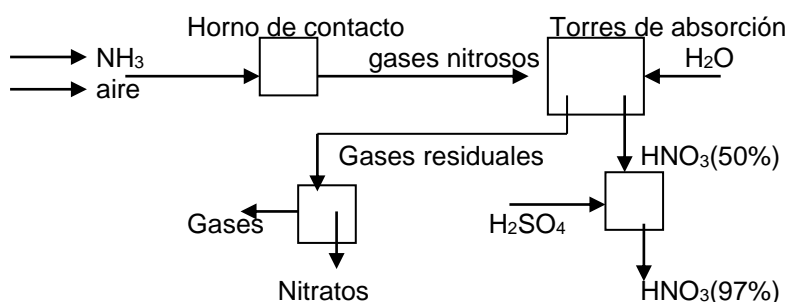


Los gases finales del proceso contienen algo de óxidos de nitrógeno y antes de lanzarlos a la atmósfera se someten a una absorción alcalina con hidróxido de calcio.

El ácido se somete a destilación y se logra concentrar hasta un 68% de riqueza. Si se desea ácido del 97% al 100% es necesario deshidratarlo con sulfúrico.

El ácido nítrico es uno de los grandes productos de la industria química ya que se emplea en la fabricación de abonos nitrogenados (Ca(NO₃)₂, NH₄(NO₃), etc), en la obtención de pólvora y en la industria orgánica para fabricar explosivos.

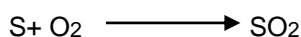
Diagrama de bloques simplificado de obtención del ácido nítrico



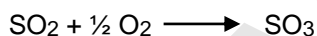
9.8.- Obtención industrial del ácido sulfúrico

La industria lo fabrica en grandes cantidades a partir de dos procesos, uno llamado de la cámaras de plomo (hoy en regresión) y otro de contacto.

La materia prima de esta industria es el azufre procedente de la desulfuración del petróleo o de las piritas FeS_2 . En ambos casos se necesita convertir esos productos en dióxido de azufre, mediante las reacciones:



El dióxido de azufre se transforma en trióxido de azufre



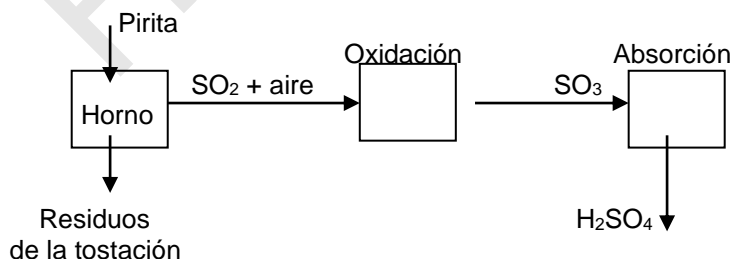
Esta reacción se verifica en presencia de catalizadores que son compuestos de vanadio y de otros elementos de la parte central de la tabla periódica. La reacción se realiza en unos hornos de contacto en donde es preciso realizar un buen control de la temperatura, entre 400 y 600°C.

El trióxido de azufre no se combina directamente con agua para formar sulfúrico, por eso se hace reaccionar con el agua contenida en ácido sulfúrico, para dar un ácido sulfúrico más concentrado.



El trióxido de azufre se absorbe perfectamente sobre sulfúrico alcanzando concentraciones superiores al 100%. El ácido sulfúrico que es del 100% y además lleva trióxido de azufre disuelto se conoce con el nombre de oleum.

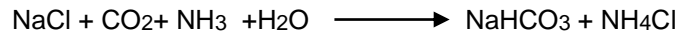
Diagrama simplificado de bloques de obtención del ácido sulfúrico



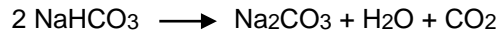
9.9- Obtención del carbonato de sodio. Método Solvay

El carbonato de sodio es un producto industrial de gran aplicación que hoy día se fabrica por el llamado método de Solvay.

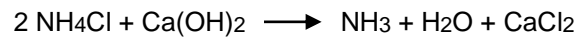
Sobre una disolución saturada de cloruro de sodio en agua se hacen pasar los gases amoníaco NH_3 y dióxido de carbono CO_2 , formándose hidrogenocarbonato de sodio (NaHCO_3) y cloruro de amonio (NH_4Cl), mediante el proceso químico



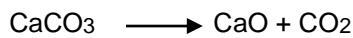
El hidrogenocarbonato es prácticamente insoluble y se separa por filtración. Sometiendo el sólido a calcinación:



Una parte muy importante del proceso industrial es recuperar el amoníaco que está contenido en el cloruro de amonio, para ello se le hace reaccionar con hidróxido de calcio



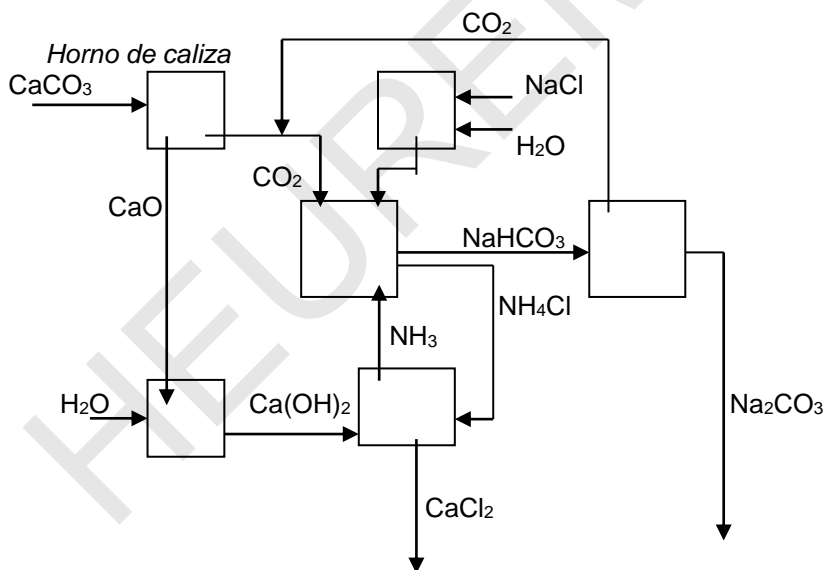
El hidróxido de calcio se obtiene a partir del óxido de calcio procedente de la calcinación de las calizas



El dióxido de carbono se emplea para la primera reacción.

Este producto se consume en las fabricas de vidrio, en la fabricación de jabones en el ablandamiento de aguas y en la industria química para obtener otros productos.

Diagrama simplificado de bloques de obtención del carbonato de sodio



9.10-Obtención del cemento y del vidrio

Las materias primas para la fabricación del cemento son la arcilla (silicato de aluminio) y la caliza (carbonato de calcio). Ambos materiales se trituran por separado, se secan y se muelen hasta obtener un polvo fino. Luego se hace una mezcla de ambos productos se pasan por una cámara en contracorriente con los gases procedentes del horno rotatorio. El polvo de la mezcla se aglutina y penetra en un horno de forma tubular muy largoy en forma de plano inclinado, al final se obtiene un producto que se llama clinker. Este producto se refrigera, se le añade

yeso y muele hasta polvo fino. Los principales productos de un cemento son CaO (58-66%), SiO_2 (18-25%), Al_2O_3 (4-12%), Fe_2O_3 (2-5%).

El vidrio es un nombre genérico para designar a los materiales que tienen la propiedad de ser transparentes a la luz visible. De forma general los vidrios contienen óxidos de silicio, de metales alcalinos y alcalino térreos y de algunos metales pesados. En todos los vidrios interviene en mayor o menor proporción (desde el 96% al 15%) el SiO_2 , y según sea el tipo de vidrio óxidos de sodio, de boro, de potasio de aluminio, de plomo etc. Además para colorearlos se le añaden compuestos de cationes de la parte central de la tabla periódica, como Mn, Co, Fe.

La materia prima es muy variada dependiendo del tipo de vidrio y calidad que se pretenda obtener. Si el vidrio que se desea fabricar es el sodo-cálcico, esto es, el vidrio con el que se fabrican, botellas, cristales de ventanas, las materias primas son: la arena, carbonato de sodio, carbonato de calcio, restos de vidrio usados y otros posibles óxidos en menor proporción.

La *fusión* de todos los materiales se realiza en los hornos, por un extremo se introducen los materiales convenientemente molidos y por el otro extremo fluye la mezcla en forma viscosa, esa mezcla viscosa pasa a la operación de *moldeo* en el que se da forma al vidrio y adquiere su transparencia, proceso que se hace con máquinas en las grandes producciones.

El *recocido* es una operación de recalentamiento del vidrio seguido de un enfriamiento lento. Esta operación consigue vidrios más transparentes y libres. También el vidrio se somete a una operación de *temple* que es un enfriamiento por inmersión en líquidos o por aire comprimido. Todo el proceso trata de dotar a los vidrios de mayor resistencia al choque y a la flexión. El proceso se utiliza con preferencia para los vidrios de seguridad de los automóviles.

9.11-Residuos químicos

Con el nombre de residuos químicos se designa a cualquier material en forma de elementos químicos, compuestos, y disoluciones que proceden de una planta química, de un laboratorio de investigación o de enseñanza.

Los residuos químicos se clasifican en dos grandes grupos, **inertes y peligrosos**. Los últimos pueden deber su peligrosidad a varios factores por ser: a) inflamable b) corrosivo c) reactivo d) tóxico.

a) Muchos compuestos orgánicos son *inflamables*, por ejemplo lo son productos tan conocidos como, el metanol, la acetona, el tolueno, etc

b) Se clasifican como *corrosivas* las disoluciones cuyo pH sea menor o igual a 2 o mayor de 12. c) Se clasifican como *reactivos* aquellos materiales que reaccionan de forma violenta con el aire y con el agua o los que liberan gases tóxicos. En este grupo están los metales del grupo 1, los agentes oxidantes fuertes, como el ácido perclórico o materiales que puedan explotar, como las disoluciones antiguas de ácido pícrico d) Entre los materiales *tóxicos* se incluyen metales como el plomo y el mercurio y ciertos pesticidas

Los materiales tóxicos pueden deber esta característica a una o varios de los apartados enumerados anteriormente. Existen amplias listas a disposición de los químicos en donde se clasifican los materiales en función de su grado y tipo de toxicidad.

El problema de los residuos químicos es su eliminación. Este es un proceso costoso que afecta a la industria, a los laboratorios o incluso a los individuos de una

sociedad. El ejemplo más claro de esto último es la recogida de pilas eléctricas usadas.

Algunos residuos inertes pueden ser eliminados a través del alcantarillado siempre que no sean peligrosos. Aún en estos casos, si se eliminan disoluciones ácidas o básicas deben neutralizarse hasta alcanzar valores del pH próximos a la neutralidad ($\text{pH} = 7$) y si los residuos son líquidos y solubles en el agua diluirlos como mínimo veinte veces.

Los residuos peligrosos deben eliminarse de la industria o del laboratorio en contenedores apropiados, debidamente etiquetados. Estos residuos son recogidos por empresas especializadas. Las normas más generales que deben cumplir la industria y el laboratorio son: a) reciclar los productos b) eliminar el residuo siempre que sea posible en forma sólida, por esto cuando en una disolución existen cationes metálicos es conveniente tratarla con sulfuro de hidrógeno ya que la mayoría de los cationes metálicos reaccionan con el anión sulfuro (S^{2-}) para formar sólidos insolubles c) Sustituir productos muy peligrosos por otros de baja o nula peligrosidad que ejerzan la misma función. A este respecto cabe citar que durante mucho tiempo la limpieza del material de vidrio de laboratorio se hacía con mezcla crómica, una disolución a base de ácido sulfúrico y dicromato de potasio, hoy fuertemente desaconsejada debido a que esta mezcla es corrosiva, tóxica y puede producir quemaduras graves, además las sales de cromo (VI) son cancerígenas.

La eliminación de los residuos químicos tropieza con dos graves dificultades a) que el proceso caro, y por ello muchas industrias se resisten a hacerlo b) que el proceso es incomodo y por ello existe una tendencia a eliminar los productos a través de los desagües. La solución está en crear conciencia sobre la gravedad del problema y establecer normas severas cuya violación supere con creces los gastos que suponen la eliminación correcta.