

OPERACIONES UNITARIAS

Los procesos químicos siempre pueden subdividirse en unidades básicas llamadas operaciones unitarias. Las operaciones unitarias son cada una de las acciones necesarias de transporte, adecuación y/o transformación. El número de estas operaciones básicas no es muy grande y generalmente sólo unas cuantas de ellas intervienen en un proceso determinado.

Las operaciones unitarias se utilizan ampliamente para realizar las etapas físicas fundamentales de la preparación de reactantes, separación y purificación de productos, recirculación de los reactantes no convertidos, y para controlar la transferencia de energía hacia o desde el reactor químico. Las operaciones unitarias son aplicables a muchos procesos tanto físicos como químicos. Por ejemplo, el proceso empleado para la manufactura de la sal común consiste en la siguiente secuencia de operaciones unitarias: transporte de sólidos y líquidos, transferencia de calor, evaporación, cristalización, secado y tamizado. En este proceso no intervienen reacciones químicas.

Por otro lado, el cracking del petróleo, con o sin ayuda de un catalizador, es una reacción química típica realizada a gran escala. Las operaciones unitarias que se efectúan en este proceso —transporte de fluidos y sólidos, destilación y separaciones mecánicas diversas— son todas de una importancia vital y la reacción de cracking no podría realizarse sin ellas. Las etapas químicas se llevan a cabo controlando el flujo de materia y energía hacia y desde la zona de reacción.

Todos los procesos industriales están compuestos de diversas etapas llamadas operaciones unitarias. Estas operaciones unitarias son las mismas sea cual fuere la naturaleza específica del material que se procesa; así, muchas de estas etapas son similares entre un proceso y otro. Una operación unitaria es una etapa de un proceso en la cual se logra una transformación física específica.

La transición desde el laboratorio hasta la fábrica es la base de la industria de procesos, que reúne en un solo proceso continuo llamado línea de producción las operaciones unitarias que en el laboratorio se efectúan de forma independiente. La forma de articular los procesos mediante operaciones unitarias permite concluir que un equipo de un proceso puede utilizarse para otras aplicaciones diferentes a aquellas para las cuales fue diseñado.

Las operaciones unitarias principales son:

FILTRACIÓN:

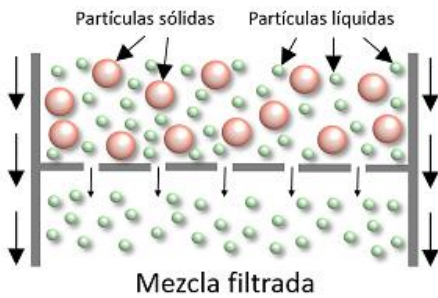
<https://www.youtube.com/watch?v=CYezaEehK-E>

La Filtración es un Método de Separación de sólidos suspendidos en líquidos haciendo pasar la mezcla la mezcla a través de una superficie porosa denominada filtro

Los principales factores a considerar al seleccionar el equipo y las condiciones de operación son:

- Las propiedades del fluido, especialmente su viscosidad, densidad y propiedades corrosivas. · La naturaleza del sólido: tamaño y forma de partícula, distribución de tamaños, y características de relleno.
- La concentración de sólidos en suspensión.
- La cantidad de material a tratar y su valor.
- Si el producto valioso es el sólido, el fluido o ambos.
- Si es necesario lavar los sólidos filtrados.
- Si una contaminación muy ligera provocada por el contacto de la suspensión o el filtrado con los diversos componentes del equipo es perjudicial para el producto.
- Si la suspensión de alimentación puede calentarse.
- Si puede ser interesante efectuar algún tratamiento previo

Mediante este método **las partículas sólidas quedan atrapadas en los poros del filtro** al ser estos de menor tamaño **mientras que permiten el paso del líquido.**

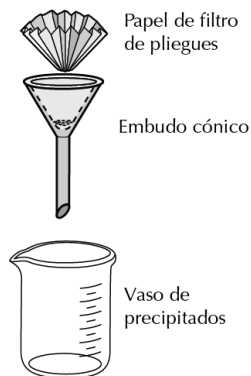


En la filtración, el líquido puede atravesar la membrana porosa **por gravedad** o mediante la aplicación de presión como en el caso de la **filtración al vacío** que se aplica cuando la filtración normal es muy lenta.

FILTRACIÓN POR GRAVEDAD

Se utiliza cuando nos interesa conservar un líquido que queremos separar de un sólido. El material necesario para realizar esta filtración es:

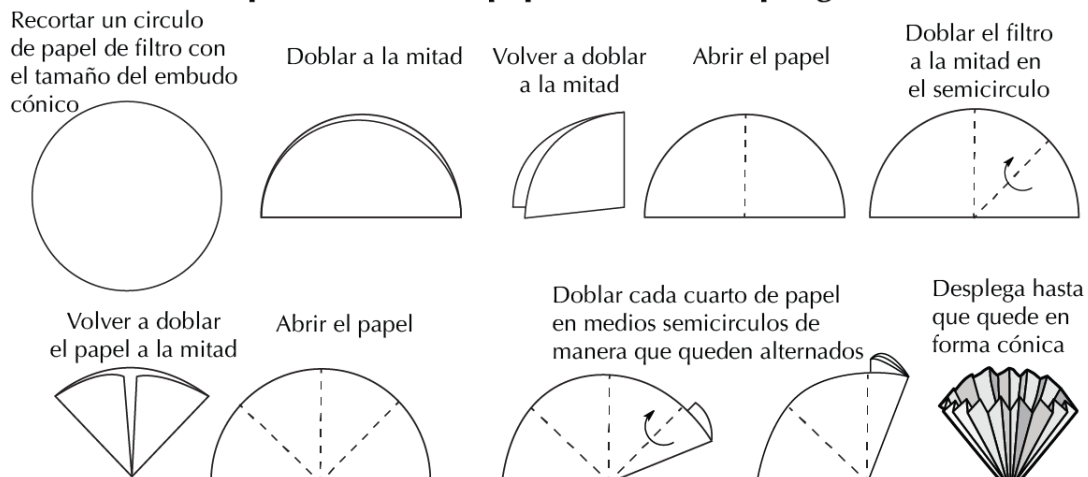
- **Embudo cónico.**
- **Aro metálico** para unir el embudo.
- **Matraz Erlenmeyer** (u otro recipiente) para recoger el líquido después de la filtración.
- **Papel de filtro** de pliegues.



El sólido (que no interesa) se retiene en el papel de filtro ajustado en el embudo cónico, a través del cual se recupera la disolución.

El papel de filtro de pliegues se prepara a partir de un trozo cuadrado de papel de filtro cortándolo para formar un círculo. Luego, el papel se dobla como se muestra en la Figura.

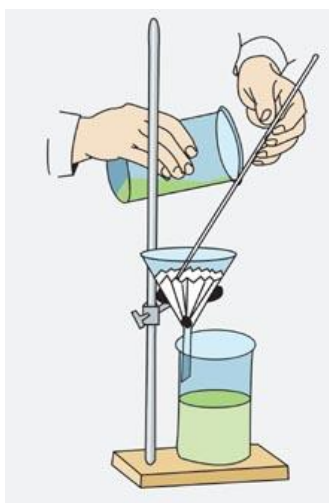
Preparación de un papel de filtro de pliegues



El propósito de los pliegues es facilitar el paso del líquido a través del papel al aumentar el área efectiva de filtrado. El tamaño del filtro no debe sobresalir por encima del borde del embudo cónico.

Procedimiento para filtrar

- El aro metálico se fija al soporte universal y se coloca el embudo cónico.
- La altura del aro metálico se regula de manera que la salida del embudo entre dentro del recipiente colector (Erlenmeyer o vaso de precipitado).
- Una vez preparado el filtro de pliegues se coloca en el embudo cónico.
- El líquido se vierte en el filtro sin permitir que se desborde. Esto se puede hacer usando una varilla de vidrio.
- Se deja que el líquido caiga por gravedad sobre el recipiente colector.
- Finalmente, se agrega una pequeña cantidad de disolvente para lavar el sólido restante en el filtro.



FILTRACIÓN AL VACÍO

Una trompa de vacío o de agua, es un dispositivo que se encuentra en los grifos del laboratorio y que, por efecto **VENTURI**, genera un pequeño vacío que se aprovecha como fuerza de filtración al transmitirse al interior del matraz **KITASATO**.

Las trompas de agua se utilizan para proporcionar un vacío moderado. Suelen alcanzar una presión de 20 más menos 5 mm de Hg, vacío suficiente para filtrar, evaporar disolventes en el rotavapor y destilar líquidos relativamente volátiles. La trompa se fija a un grifo mediante una goma de vacío. El recipiente es en el que se va a hacer vacío se conecta a la trompa por la entrada lateral. Al abrir completamente el grifo, el estrechamiento del tubo que conduce el agua genera una pérdida de presión que provoca aspiración por la entrada lateral de la trompa, con la consiguiente disminución de la presión en el interior del sistema.

TUBO DE VENTURI

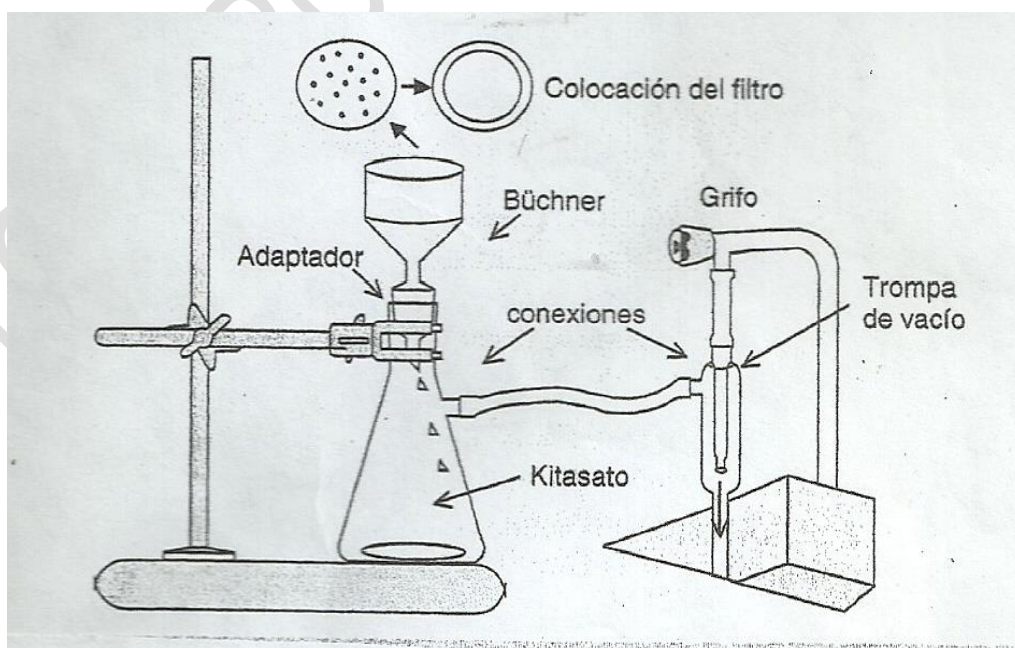
El **efecto VENTURI** (también conocido **tubo de VENTURI**), consiste en que el fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto. Este efecto, demostrado en 1797, recibe su nombre del físico italiano **Giovanni Battista Venturi (1746-1822)**. El **efecto Venturi** se explica por el **Principio de Bernoulli** y el **principio de continuidad de masa**. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumente tras atravesar esta sección. Por el teorema de la energía si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente.

ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA FILTRACIÓN AL VACÍO

1. Familiarizarse con el empleo de la trompa de agua. Debe tenerse en cuenta que, cuando se utiliza este tipo de dispositivos, una vez terminada la filtración no hay que desconectar la goma que mantiene unida la trompa al

tubo del **KITASATO** antes de cerrar el grifo ya que, de lo contrario, puede producirse un retorno de agua corriente al recipiente donde se hace el vacío, que impurifica y diluye el filtrado.

2. Todas las conexiones entre vidrio y gomas deben estar humedecidas con agua, para evitar la rotura del vidrio al hacer presión para colocar o quitar la goma.
3. El **embudo BUCHNER** tiene una placa perforada y el papel de filtro no se dobla, sino que se adhiere a la superficie de la placa. El filtro debe cubrir todos los orificios, pero no sobresalir: es decir, su diámetro debe ser ligeramente inferior al del embudo. Para colocarlo, humedecer con un poco de agua y eliminar las burbujas de aire con una varilla; de lo contrario, el vacío no será efectivo.
4. Es necesario regular el flujo de la filtración con la varilla, de tal forma que no se añada más líquido de lo que el sistema pueda filtrar. Si se añade más (al modo de la filtración clásica), parte del sólido quedará en las paredes del embudo y no en el filtro, con el consiguiente error por pérdida del sólido.
5. No se debe apoyar la varilla sobre el papel del filtro con fuerza, ya que podría romperlo y pasar sólido.
6. Cuando son necesarias etapas posteriores de calcinación, en lugar de emplear filtros de papel se deben utilizar crisoles con placa filtrante.
7. Es recomendable mantener unos minutos adicionales la succión para escurrir más el sólido e invertir menos tiempo en su posterior secado.
8. Los papeles de filtro y los sólidos después de la filtración retienen agua y es necesaria una etapa de secado, generalmente en la estufa.



Actualmente se utilizan bombas eléctricas para trabajar con vacío en el laboratorio, y es especialmente importante prestar atención a las uniones de los montajes y naturaleza de los equipos para evitar implosiones, salpicaduras y accidentes de esta índole.

No obstante, en equipos pequeños o pruebas esporádicas, es más económico utilizar la trompa de vacío que la bomba de vacío eléctrica.

CENTRIFUGACIÓN

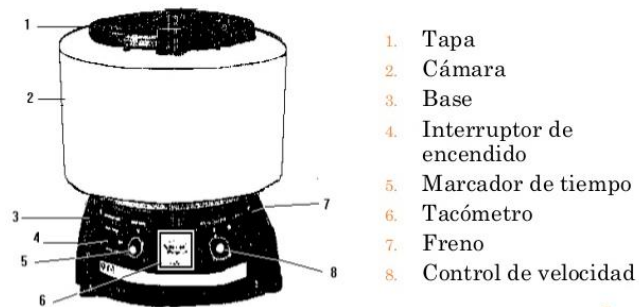
<https://www.youtube.com/watch?v=LWZMmCgC5rQ>

Proceso de separación de partículas de distinto tamaño en un medio acuoso, éstas sedimentan hacia el fondo a una velocidad que depende de su peso. Este efecto podría utilizarse para separar componentes de distinto peso si no fuera porque las velocidades de sedimentación son pequeñísimas, por lo que el sistema no es útil. Lo que se hace es aumentar dichas velocidades de sedimentación haciendo girar muy rápidamente la mezcla. En este caso, la fuerza centrípeta hace el papel de la gravedad (peso) y puede ser mucho mayor que éste haciendo girar muy rápido la mezcla: este es el principio de la centrifugación y de la ultra centrifugación.

La centrífuga es un **instrumento de laboratorio** que ha sido diseñada para utilizar la fuerza centrífuga que se genera en los movimientos de rotación, con el fin de separar los elementos constituyentes de una mezcla. Existe una amplia diversidad de centrífugas para poder atender necesidades específicas de la industria y la investigación.



PARTES DE LA CENTRIFUGA



¿Para qué se usa la centrifuga?

La centrífuga se a diseñado para utilizar la fuerza centrífuga para separar sólidos suspendidos en un medio líquido por sedimentación o para separar líquidos de diversa densidad En el laboratorio las centrífugas se usan generalmente en procesos como la separación por sedimentación de los componentes sólidos de los líquidos biológicos y, en particular, en la separación de los componentes de la sangre: glóbulos rojos, glóbulos blancos, plasma y plaquetas, entre otros, y para la realización de múltiples pruebas y tratamientos.

Componentes de una centrifuga de laboratorio

Componente	Descripción
Tapa	Impide el acceso a las muestras mientras estas se encuentran bajo acción de la centrifuga.
Cámara	Espacio físico donde se realiza el proceso de centrifugación. Dentro de esta gira el rotor.

Interruptor de encendido	Controla el suministro de energía a la centrifuga.
Marcador de tiempo	Permite controlar el tiempo de la centrifugación.
Tacómetro	Muestra la velocidad a la que gira el rotor, es decir, la velocidad de la centrifugación.
Freno	Permite regular la detención de la centrifuga.
Control de velocidad	Permite regular la velocidad de centrifugado.

Cargado de la centrifuga

El cargar la centrifuga en una forma adecuada es muy importante para el funcionamiento correcto de la misma, y su preservación. Un procedimiento incorrecto de cargado, ocasiona que la centrifuga vibre durante el proceso de centrifugación, lo que ocasiona que el rotor sufra daños que pueden llevar a su sustitución.

Un procedimiento de cargado correcto, implica el colocar las cargas en el rotor en forma balanceada. Las centrifugas están diseñadas para obtener un balance cuando están en movimiento. Para esto es necesario cumplir los siguientes requisitos:

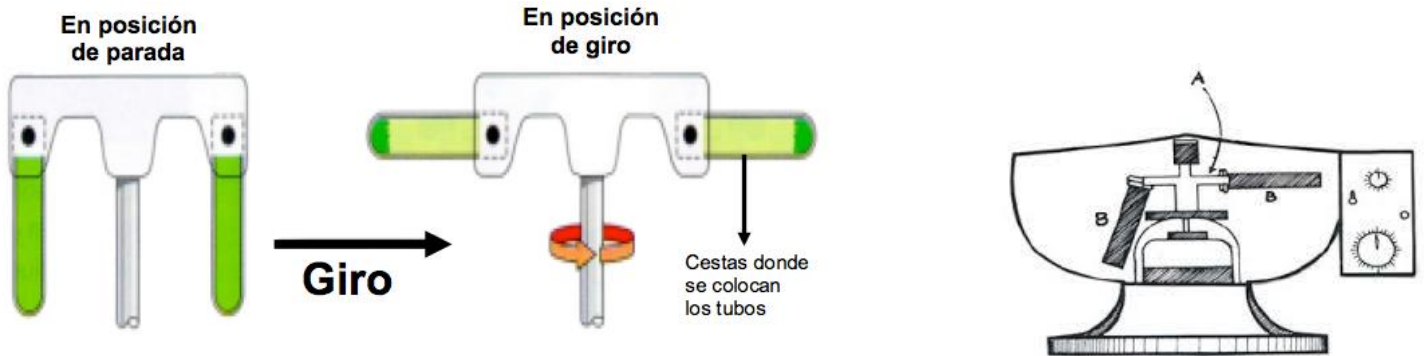
- a) Colocar las cargas de modo que las cargas que tienen la misma masa o peso queden colocadas de forma opuesta en el rotor. Si tiene un número impar de muestras para ser cargadas, busque otra muestra de igual peso a modo de siempre formar pares opuestos de igual peso; nunca coloque un número impar de muestras dentro de la centrifuga. Utilice la balanza para estar seguro de la igualdad de los pesos.
- b) Además de tener la misma masa (peso), deben tener el mismo centro de gravedad, es decir: no coloque tubos y recipientes como pares contrapuestos, que tengan diferente forma, tamaño, espesor, etc.

Otras recomendaciones de uso

Además es importante tomar en cuenta otras para mantener la centrifuga en las condiciones adecuadas:

1. Mantenga la centrifuga limpia de restos de muestras, vidrio o polvo.
2. Cuando esté centrifugando mantenga cerrada la tapa. Si algo se rompe apague inmediatamente el equipo y no lo abra hasta que se detenga o el indicador de apertura de la tapa lo indique.
3. No utilice equipo de vidrio rallado o agrietado, porque la presión centrifuga puede producir una ruptura en estos puntos, pulverizando el vidrio y contaminando las otras muestras.
4. Compruebe que la superficie donde tiene el equipo esté perfectamente nivelada, ya que si sucede lo contrario causarían vibraciones.
5. Compruebe el funcionamiento del equipo realizando los siguientes pasos:
 - Cargue la centrifuga correctamente y ciérrela.
 - Asegúrese que la centrifuga esté bien cerrada.
 - Accione el interruptor de encendido, fijando previamente la velocidad y/o el tiempo de centrifugación (sí el equipo cuenta con estos controles).
 - Observe detenidamente el funcionamiento; si no existiese ningún problema continúe con su trabajo.
 - Si existen problemas de vibración, balancear correctamente los porta muestras. Si no funciona el equipo, revisar el cable de conexión eléctrica, carbones o fusibles.

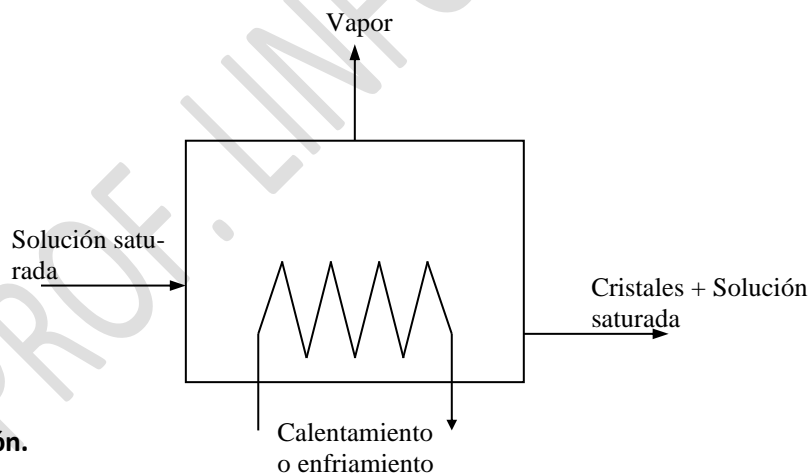
Imágenes de una centrifuga en funcionamiento



CRISTALIZACIÓN

La cristalización es una operación de transferencia de materia en la que se produce la formación de un sólido (cristal o precipitado) a partir de una fase homogénea (soluto en disolución o en un fundido). Destaca sobre otros procesos de separación por su potencial para combinar purificación y producción de partículas en un solo proceso. Comparado con otras operaciones de separación la cristalización en disolución presenta varias ventajas, como, por ejemplo: El factor de separación es elevado (producto casi sin impurezas). En bastantes ocasiones se puede recuperar un producto con una pureza mayor del 99% en una única etapa de cristalización, separación y lavado. Si se controlan las condiciones del proceso se obtiene un producto sólido constituido por partículas discretas de tamaño y forma adecuados. Y requiere de menos energía para la separación que la destilación u otros métodos empleados.

En esta se forman partículas sólidas puras a partir de una solución líquida homogénea. Se logra a partir de soluciones saturadas, es decir, aquellas sustancias que tienen la mayor cantidad de solvente disuelto. Se logra de dos maneras: en caliente, por evaporación del solvente y en frío cuando la concentración de soluto se hace mayor a la solubilidad a la temperatura determinada. Todos los productos en forma de cristales se fabrican en un cristalizador, por ejemplo, el azúcar y la sal.



Esquema de la cristalización.

SECADO

<https://www.youtube.com/watch?v=c7qyPGK6jFU>

Es la remoción intensa de la fase líquida de una disolución mediante la adición de calor. Dependiendo del tipo de material a secar hay diversos equipos de secado, entre los que se destacan, los secadores de bandejas, los secadores rotatorios, los secadores por aspersion, los secadores de túnel, etc. Es generalmente la operación unitaria final de todo proceso.

Operación de transferencia de masa de contacto gas- sólido, donde la humedad que contiene el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. Cuando estas dos presiones se igualan, se dice que el sólido y el gas están en equilibrio y el proceso de secado termina. El mecanismo del proceso de secado depende considerablemente de la

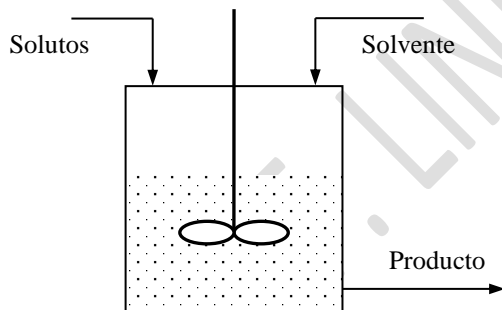
forma de enlace de la humedad con el material: cuanto más sólido es dicho enlace, tanto más difícil transcurre el secado. Durante el secado el enlace de la humedad con el material se altera. Se utiliza una estufa.

TAMIZADO

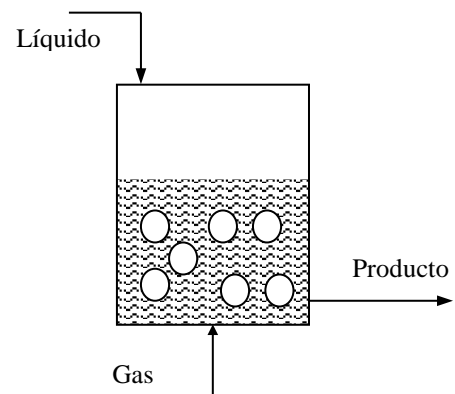
El cribado es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual. Esto se cumple proporcionando un movimiento en particular al medio de cribado, el cual es generalmente una malla o una placa perforada, esto provoca que las partículas más pequeñas y que el tamaño de las aberturas (del medio de cribado) pasen a través de ellas como finos y que las partículas más grandes sean acarreadas como residuos. El Cribado o tamizado también se define como una operación básica galénica, que tiene por objeto separar las distintas fracciones de una mezcla pulverulenta o granulado en función de su tamaño. La separación de materiales sólidos por su tamaño es importante para la producción de diferentes productos (ej. arenas sílicas). Además de lo anterior, se utiliza para el análisis granulométrico de los productos de los molinos para observar la eficiencia de éstos y para control de molienda de diversos productos o materias primas (cemento, caliza, arcilla, etc.). El tamiz consiste de una superficie con perforaciones uniformes por donde pasará parte del material y el resto será retenido por él. Para llevar a cabo el tamizado es requisito que exista vibración para permitir que el material más fino traspase el tamiz. De un tamiz o malla se obtienen dos fracciones, los gruesos y los finos

AGITACIÓN Y MEZCLADO:

Se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquiera un movimiento circulatorio (o aleatorio) en el interior de un recipiente. Se utiliza para disolver un soluto (sólido o líquido) en un solvente, para homogenizar una mezcla, para dispersar un gas en un líquido o viceversa, para aumentar la velocidad durante una transferencia de calor, para acelerar una reacción química, etc. El mezclado se logra de diversas maneras, por ejemplo: mediante una hélice, un tornillo helicoidal, un tornillo sinfín, un sistema de rodillos, un sistema de balines internos con movimiento del tanque, burbujeo de gas, etc.



Esquema del mezclado.

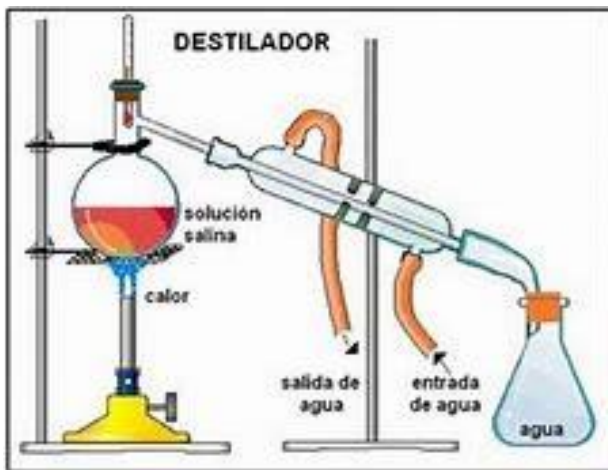


DESTILACIÓN:

https://www.youtube.com/watch?v=aNB5x4Z_H5Y

Existen dos tipos de destilación a) Simple b) Fraccionada

DESTILACIÓN SIMPLE:



Destilación simple

Se usa cuando la diferencia entre los puntos de ebullición de los componentes es grande, mayor de 80°C , o cuando las impurezas son sólidos disueltos en el líquido a purificar. Es el método que se usa para la separación de líquidos con punto de ebullición inferior a 150°C a presión atmosférica de impurezas no volátiles o de otros líquidos miscibles que presenten un punto de ebullición al menos 25°C superior al primero de ellos. Es importante que la ebullición de la mezcla sea homogénea y no se produzcan proyecciones. Para evitar estas proyecciones suele introducirse en el interior del aparato de destilación nódulos de materia que no reaccione con los componentes.

DESTILACIÓN FRACCIONADA:

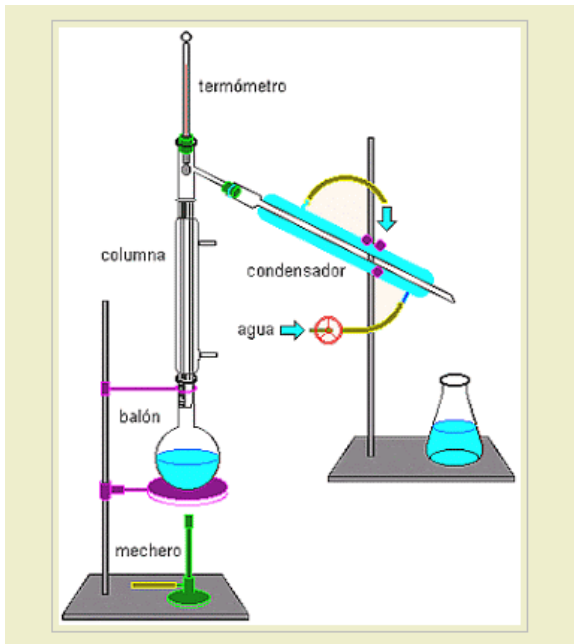
Es la operación unitaria que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar materiales volátiles de aquellos no volátiles. En la evaporación y en el secado, normalmente el objetivo es obtener el componente menos volátil; el componente más volátil, casi siempre agua, se desecha. Sin embargo, la finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura. Por ejemplo, la eliminación del agua de la glicerina evaporando el agua, se llama evaporación, pero la eliminación del agua del alcohol evaporando el alcohol se llama destilación, aunque se usan mecanismos similares en ambos casos.

Si la diferencia en volatilidad (y por tanto en punto de ebullición) entre los dos componentes es grande, puede realizarse fácilmente la separación completa en una destilación individual. El agua del mar, por ejemplo, que contiene un 4% de sólidos disueltos (principalmente sal común), se puede purificar con facilidad evaporando el agua, y condensando después el vapor para recoger el producto: agua destilada. Si los puntos de ebullición de los componentes de una mezcla sólo difieren ligeramente, no se puede conseguir la separación total en una destilación individual. Un ejemplo importante es la separación de agua, que hierve a 100°C , y alcohol, que hierve a $78,5^{\circ}\text{C}$. Si se hierve una mezcla de estos dos líquidos, el vapor que sale es más rico en alcohol y más pobre en agua que el líquido del que procede, pero no es alcohol puro. Con el fin de concentrar una disolución que contenga un 10% de alcohol (como la que puede obtenerse por fermentación) para conseguir una disolución que contenga un 50% de alcohol (frecuente en el whisky), el destilado ha de volver a destilarse una o dos veces más, y si se desea alcohol industrial (95%) son necesarias varias destilaciones.

Si se consigue que una parte del destilado vuelva del condensador y gotee por una larga columna a una serie de placas, y que al mismo tiempo el vapor que se dirige al condensador burbujee en el líquido de esas placas, el vapor y el líquido interactuarán de forma que parte del agua del vapor se condensará y parte del alcohol del líquido se evaporará. Así pues, la interacción en cada placa es equivalente a una redistilación, y construyendo una columna con el suficiente número de placas, se puede obtener alcohol de 95% en una única operación. Además, introduciendo gradualmente la disolución original de 10% de alcohol en un punto en mitad de la columna, se podrá extraer prácticamente todo el alcohol del agua mientras desciende hasta la placa inferior, de forma que no se desperdicie nada de alcohol.

Este proceso, conocido como destilación fraccionada, se utiliza mucho en la industria, por ejemplo, para mezclas más complejas como las que se encuentran en el alquitrán de hulla y en el petróleo. La columna fraccionadora que se usa con más frecuencia es la llamada torre de burbujeo, en la que las placas están dispuestas horizontalmente, separadas unos centímetros, y los vapores ascendentes suben por unas cápsulas de burbujeo a cada placa, donde burbujean a través del

líquido. Las placas están escalonadas de forma que el líquido fluye de izquierda a derecha en una placa, luego cae a la placa de abajo y allí fluye de derecha a izquierda. Un equivalente económico de la torre de burbujeo es la llamada columna empacada, en la que el líquido fluye hacia abajo sobre una pila de anillos de barro o trocitos de tuberías de vidrio.



Esquema de una destilación fraccionada

La única desventaja de la destilación fraccionada es que gran parte del destilado condensado debe volver a la parte superior de la torre y eventualmente debe hervirse otra vez, con lo cual hay que suministrar más calor. Por otra parte, el funcionamiento continuo permite grandes ahorros de calor, ya que el destilado que sale puede ser utilizado para precalentar el material que entra. Cuando la mezcla está formada por varios componentes, éstos se extraen en distintos puntos a lo largo de la torre. Las torres de destilación industrial para petróleo tienen a menudo 100 placas, con al menos diez fracciones diferentes que son extraídas en los puntos adecuados

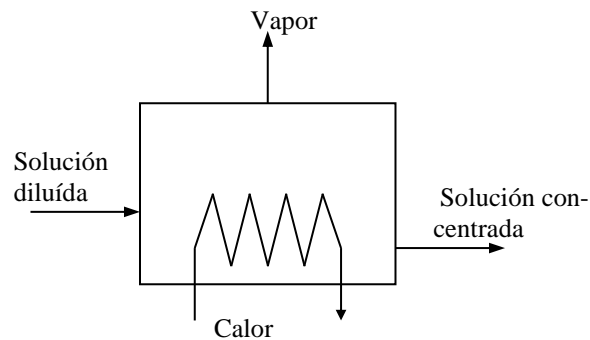


Refinerías. Destilación Fraccionada

EVAPORACIÓN:

Técnicamente la evaporación es la conversión gradual de un líquido en gas sin que haya ebullición. Es la remoción del solvente mediante su ebullición por adición de calor. Se diferencia de la destilación porque el soluto es muy poco volátil. La evaporación generalmente se asocia con la remoción de grandes cantidades de agua. En la industria azucarera se disponen múltiples evaporadores que trabajan en serie y/o en paralelo para minimizar el consumo energético. El vapor que

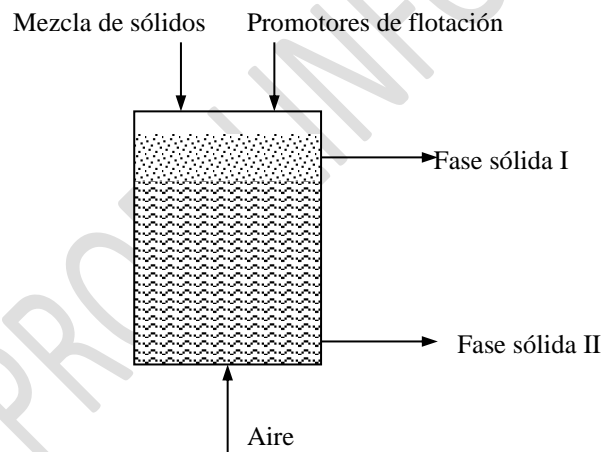
sale de un evaporador se emplea como medio de calefacción para el evaporador de la etapa siguiente, el cual deberá operar a una presión menor, para que el agua pueda hervir a una temperatura más baja.



Esquema de la evaporación.

FLOTACIÓN:

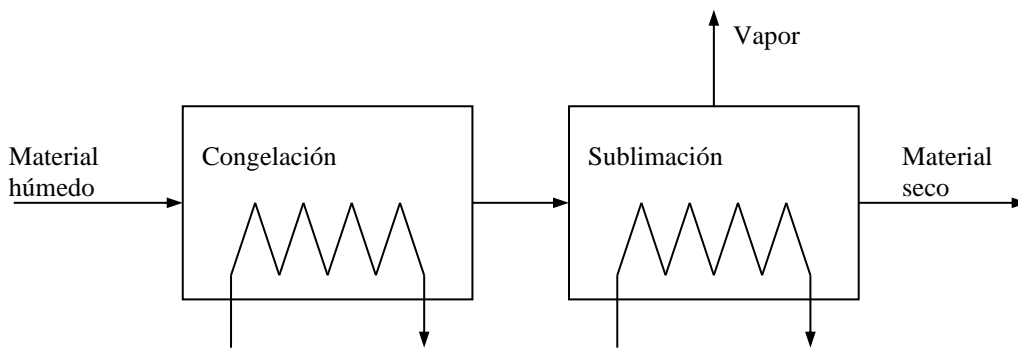
Es un medio por el cual se logra la separación de una mezcla de varias clases de partículas sólidas aprovechando diferencias en propiedades de estas, permitiendo que un grupo de ellas flote en un medio líquido que por lo general es agua. La principal aplicación de esta operación se da en procesos de beneficio y recuperación de minerales. Se agrega al equipo de flotación (en donde está la mezcla de minerales en medio acuoso), una serie de promotores (generalmente ácidos grasos saponificados) que cubren unas partículas específicas con una cubierta superficial que las hace ávidas de aire y repelentes al agua. Al hacer una fuerte agitación y burbujear aire a través del medio, estas partículas se adhieren a las burbujas de aire y llegan a una capa de espuma formada en la parte superior del equipo, en donde se recogen y se separan de las demás



Esquema de la flotación.

LIOFILIZACIÓN:

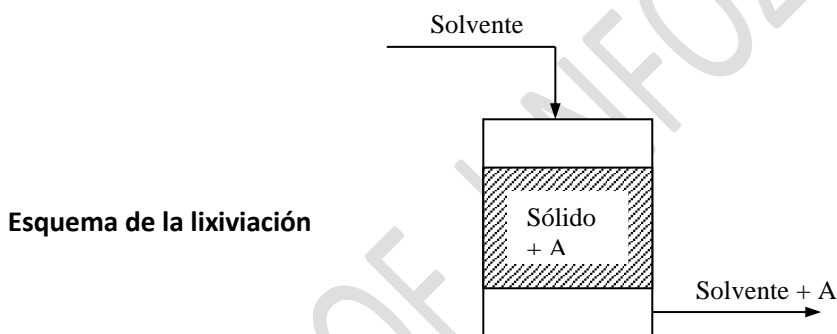
En esta operación primero se solidifica el solvente que generalmente es agua y luego se sublima mediante un calentamiento intenso y a condiciones de operación adecuadas. La liofilización es una operación alterna al secado, principalmente para preservar un número cada vez mayor de productos alimenticios y biológicos que posteriormente pueden reconstituirse y con los cuales los métodos tradicionales de remoción de agua resultan poco convenientes. Además de la preparación de productos farmacéuticos, el proceso de liofilización ha tenido aplicaciones comerciales en la preservación de muchos productos alimenticios (cítricos, camarones, etc). Sin embargo, la principal aplicación en las industrias alimenticias la constituye el café instantáneo.



Esquema de la liofilización.

LIXIVIACIÓN:

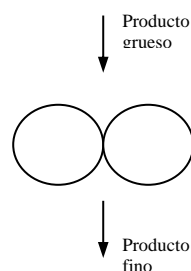
También se puede llamar extracción líquido-sólido, porque se utiliza para extraer un soluto que se encuentra en una mezcla sólida. Se utiliza, por ejemplo, en la producción de muchos productos farmacéuticos provenientes de raíces, tallos y hojas de plantas, también en la fabricación de aceites vegetales.



Esquema de la lixiviación

TRITURACIÓN Y MOLIENDA:

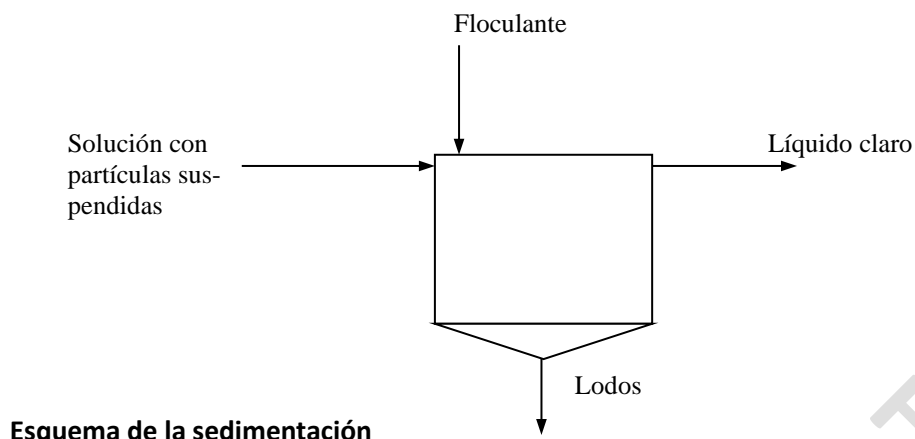
Es la operación de reducción de tamaño de un material sólido, con el fin de adecuarlo para operaciones siguientes. Hay diferentes tipos de molinos, que se utilizan dependiendo del tipo de material y de su tamaño, los más comunes son molinos de bolas, de discos, de martillos y los trituradores de quijada. Se pueden observar operaciones unitarias de molienda en la fabricación de cemento. La molienda en la industria azucarera se usa para extraer el jugo a partir del material celulósico del tallo de la mata de caña.



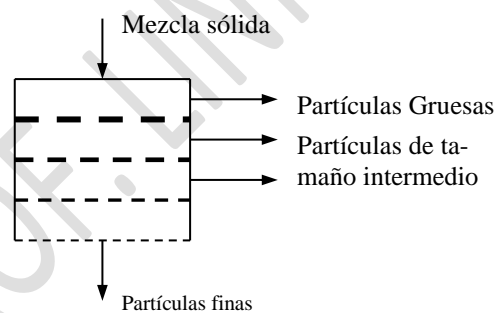
Esquema de la molienda.

SEDIMENTACIÓN:

Separación de partículas de un fluido mediante la acción de la gravedad actuando sobre ellas. Para aumentar la velocidad de sedimentación se utilizan compuestos químicos, llamados floculantes, los cuales incrementan el peso de las partículas originales al pegarse a ellas. Los sedimentadores son equipos muy grandes porque el tiempo de retención debe ser suficiente para permitir el asentamiento de las partículas. Los ciclones son diseños especiales de sedimentación. La sedimentación es común en plantas de tratamiento de aguas residuales donde el floculante más utilizado es el alumbre.

**Esquema de la sedimentación****TAMIZADO:**

Es una operación similar a la filtración. Se usa para clasificar materiales sólidos según su tamaño, al pasar por una malla de tamaño definido. Se utiliza, por ejemplo, para clasificar agregados en la industria de la construcción.

**Esquema del tamizado****Bibliografía:**

- ✓ Apunte de la Pontificia Universidad Javeriana, **FUNDAMENTOS DE PROCESOS INDUSTRIALES**; 2002