



Programa de la asignatura:

# Operaciones unitarias ambientales

**U2** | Equipos y operaciones unitarias





# Unidad 2. Equipos y Operaciones unitarias



Fábrica rodeada de rascacielos. Tomada de: [www.freepik.com](http://www.freepik.com)



## Índice

Presentación de la Unidad .....	4
Propósitos de la unidad .....	7
Competencia específica .....	8
Actividades .....	8
2.1. Operaciones unitarias y el calor.....	9
2.2. Operaciones unitarias y la masa.....	16
2.3. Flujo de fluidos .....	21
Cierre de la Unidad .....	31
Para saber más.....	32
Fuentes de consulta .....	35





Algunas operaciones unitarias necesitan intercambio de calor para llevarse a cabo, por ejemplo: para obtener sal a partir del agua de mar (separación de mezclas), se podría calentar el agua de mar en un recipiente hasta evaporarla y recolectar la sal en el recipiente. El cambio de líquido a vapor es un proceso de cambio de fase y este se llevó a cabo por medio de una adición de calor hacia la mezcla sal-agua.

Otro ejemplo: si se tiene una solución sobresaturada con una sal, se logrará que esta se precipite al recibir un enfriamiento súbito. Al formarse los cristales se realiza un cambio de fase y este se logra gracias a que la solución cede calor hacia otro medio. La labor del ingeniero en tecnología ambiental es la de diseñar los recipientes adecuados para que los cambios de fase se den de forma eficiente minimizando las pérdidas de energía (calor o trabajo), logrando la purificación de las



sustancias. Esto, aplicado al medio ambiente, ayudará a su remediación mediante las operaciones unitarias (de separación).

Como las operaciones unitarias de separación implican procesos de transferencia de materia entre fases debido a que conlleva la creación de una segunda fase para lograr la separación, deberás estudiar, en primer lugar, las bases termodinámicas para el diseño de etapas de equilibrio, por lo que será importante que revises los conceptos de “agente energético de separación” y “agente material de separación” pues con base en estos conceptos puedes relacionar la operación unitaria, el equipo, las fases en que se realiza y el agente de separación.

En el segundo tema, *Operaciones unitarias y la transferencia de masa*, profundizarás sobre los procesos de transferencia de masa y la relación que esta tiene con las fases de transferencia y el equipo adecuado para su realización.

Finalmente, en el tema *Flujo de fluidos* analizarás las fuerzas impulsoras que hacen que los fluidos que contienen los componentes a transferir circulen por los equipos seleccionados para los procesos de separación.



Todos los materiales que se mandan consultar, los podrás encontrar en la carpeta *Material de estudio* de esta unidad o bien en la sección *Fuentes de consulta*.



## Propósitos de la unidad



Al término de esta unidad podrás:

- 1** **Identificar** las características de la materia.
- 2** **Discriminar** las propuestas de solución en un problema ambiental.
- 3** **Relacionar** las operaciones unitarias con los equipos adecuados.



## Competencia específica



**Relaciona** las operaciones unitarias con los equipos adecuados que se debe utilizar para proponer la solución a un problema ambiental mediante identificación de las características de la materia.

## Actividades



Las instrucciones de las actividades de aprendizaje, consúltalas en el espacio *Avisos importantes*. Toma en cuenta que para esta unidad se han generado actividades colaborativas, individuales, complementarias, autorreflexiones y la evidencia de aprendizaje.



## 2.1. Operaciones unitarias y el calor

Se cree que, durante el periodo Paleolítico, el hombre comienza a desarrollar la habilidad de crear herramientas que le faciliten sus tareas en un proceso de adaptación de la fase nómada a la fase sedentaria. Este cambio en la forma de vida hace que el hombre desarrolle su intelecto y su ingenio para crear herramientas y recipientes; conforme transcurre el tiempo, sus necesidades aumentan, vive en lugares que no tienen suficiente agua, lo que lo lleva a crear recipientes para almacenarla. Al dejarla reposar se da cuenta de que el agua cristalina queda en la parte superior del recipiente y en el fondo hay residuos arenosos (dos fases) y así van identificando las formas de separación. Conforme avanza en sus descubrimientos se da cuenta de que algunos procesos requieren del uso del calor para procesar los alimentos y que los recipientes deben tener características muy diferentes a los que utiliza para almacenar las cosas; es aquí en donde surgen las bases del diseño y la ingeniería, al tratar de establecer la relación entre las propiedades físicas de los recipientes, la facilidad o dificultad con que se realiza el intercambio de calor, la forma que debe tener el recipiente con la finalidad de realizar alguna de las operaciones unitarias.

En este tema descubrirás, los diferentes equipos utilizados para la realización de las operaciones unitarias ambientales y la relación que existe con los procesos de transferencia de calor.

Aprenderás a reconocer los mecanismos que se realizan dentro de cada uno de los equipos y los aplicarás como futuro ingeniero en tecnología ambiental, para mejorar la calidad de vida de todos los integrantes de tu comunidad y del país.

Para abordar esta tarea se comenzará por el estudio de los procesos en los que interviene el calor. El estudio del calor es muy importante ya que es un agente impulsor de cambio, ayuda a realizar cambios de fase, cambios de propiedades en las sustancias y debe estar dirigido hacia el objeto de cambio. Un ejemplo de la aplicación de calor a una sustancia es cuando asamos un bistec; las propiedades químicas del bistec cambian (cambio de estructura molecular) y son irreversibles, ya que después de asado no puede regresar a su estado original (crudo), pero si el



calor lo utilizamos para generar un cambio de fase, el proceso es reversible, para ello se hablará del agua.

Como sabes, el agua se puede encontrar en tres estados diferentes: sólido, líquido y vapor.

### Observa las fotografías

Fases del agua.



### ¿Cómo se puede pasar de un estado a otro?

Primero para derretir el hielo y convertirlo en agua se debe aplicar calor. Pero si el agua está fría para tener un rico café, debe calentarse incrementando su temperatura desde 0°C hasta 100°C, y sobre todo, para conseguir que se evapore hay que aplicar más calor hasta que la temperatura supere los 100°C.

### ¿Sabes cómo se llama a cada cantidad de calor que se aplica?



A este proceso se le conoce como **calor latente de fusión**, en donde un sólido se convierte en líquido, después se aplica calor específico solo para cambiar la temperatura del agua y, posteriormente, aplicar el calor latente de vaporización.

**¿Cuál calor es de mayor magnitud?**

Para responder la pregunta **consulta** la tabla siguiente:

Temperatura	Cambio de estado	Nombre del calor	Energía necesaria
Menor a 0°C	Fase hielo Sigue siendo hielo	Calor específico del hielo	0.5cal/g
0°C	Fase hielo a agua Cambio de fase	Calor latente de fusión	79.95cal/g
0°C a 100°C	Fase agua caliente Sigue siendo agua	Calor específico del agua	1 cal/g
100°C	Fase agua a vapor Cambio de fase	Calor latente de evaporación	540.5cal/g

Calores para cambios de fase del agua. Tomado de Perry, H., Perry, Green, Maloney, (2009).

Como puedes observar, los cambios de fase requieren una mayor transferencia de calor y por tal motivo se debe realizar un diseño diferente de los equipos para soportarlos.

Todos estos conceptos **revísalos** en el extracto tomado del libro *Procesos de Transferencia de calor*, de nombre del autor Kern, en el quinto capítulo titulado *Temperatura*.

En este capítulo encontrarás la derivación de una ecuación denominada media logarítmica de la diferencia de temperaturas (MLDT) en un intercambiador de calor considerando que los fluidos que sirvan para el intercambio pueden circular a través



de tubos concéntricos ya sea en flujo paralelo o en flujo en contracorriente. La ecuación se deriva partiendo de cinco supuestos, los cuales deberás **consultar**.

Una vez que leíste el capítulo de temperatura, estás listo para revisar la conexión que existe entre los cambios de temperatura y los equipos de transferencia de calor (el calor es una manifestación de la energía).

El hombre siempre ha tratado de encontrar la forma de aprovechar al 100% la energía, pero no lo ha logrado, en sus intentos ha diseñado mecanismos para aprovecharla al máximo, por ejemplo: cuando se efectúa una reacción química exotérmica se desprende una gran cantidad de calor.

**¿Se podría aprovechar una parte de él?**

La respuesta es sí.

**¿Cómo?**

Una de las formas es envolver al recipiente en el que se realiza la reacción con una tubería para que circule por ella un líquido que absorba una parte del calor que se desprende y ese líquido que ahora está caliente, ceda su calor en otros procesos hasta perder todo el calor ganado para retornar otra vez a su punto de partida.



Intercambiador de calor de casco y tubos.

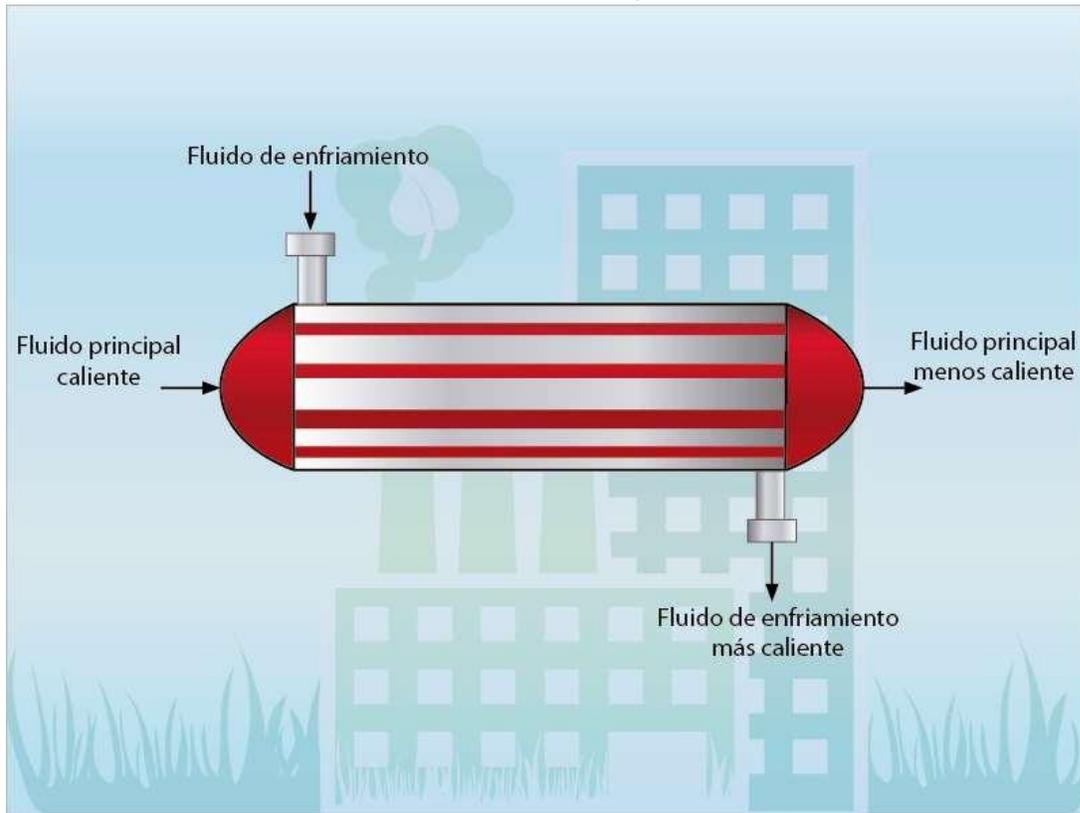


Tomado de Direct Industry (2013).

En la imagen anterior se muestra un intercambiador de calor típico, si te das cuenta consiste de una serie de tubos de diámetro pequeño por la que se hace circular un fluido el cual tendrá la finalidad de aumentar o disminuir la temperatura del fluido que entra por la carcasa externa. La transferencia de calor en él se puede realizar en dos formas como se muestra en las siguientes figuras:

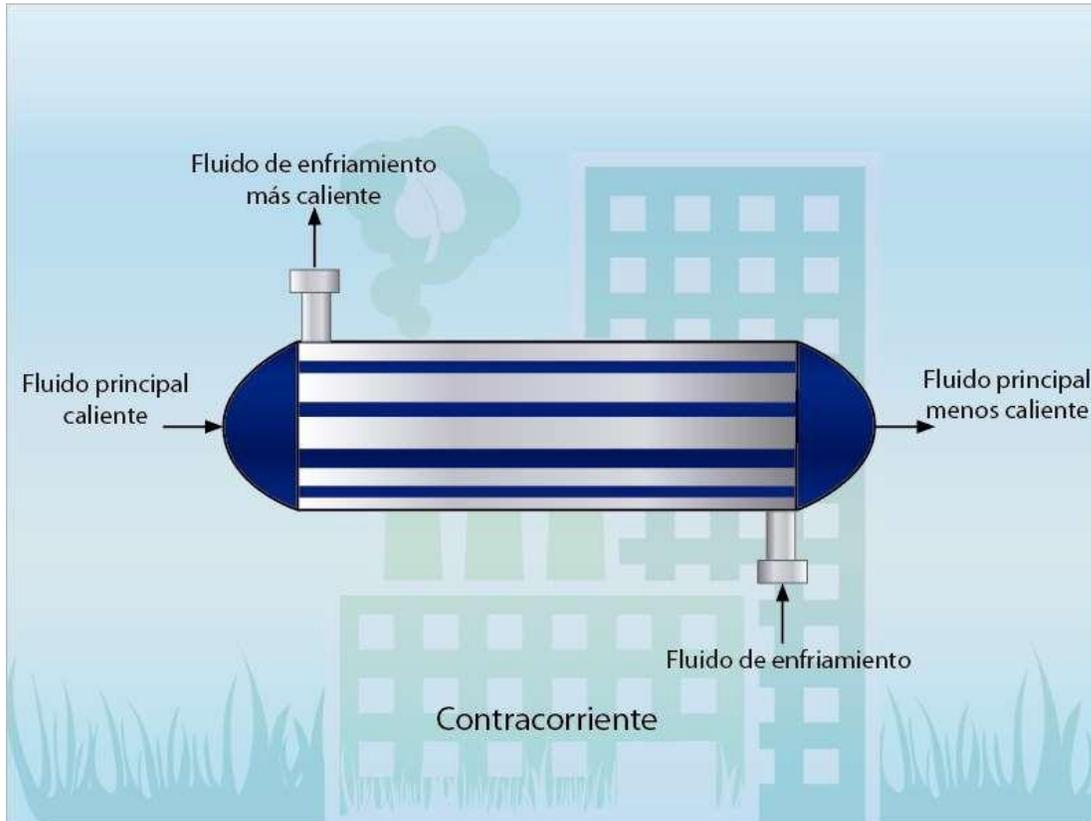


Corrientes en paralelo.





Contracorriente.



La forma en la que se realiza el intercambio de calor depende de los requerimientos de temperatura de cada uno de los fluidos que circulan por los tubos.

Es importante que recuerdes que el calor fluye del cuerpo más caliente al menos caliente.

Para que logres profundizar en el proceso de transferencia de calor en los diferentes intercambiadores **consulta** en el libro *Procesos de transferencia de calor* de nombre del autor Kern los siguientes capítulos:

- *Intercambiadores de tubo y coraza*, en donde revisarás el tipo de flujo en paralelo y en contracorriente, así como de los arreglos de los tubos internos del intercambiador.



- *Vaporizadores, evaporadores y calderetas*, en este capítulo observarás las partes de un vaporizador, evaporador y de una caldereta. Pon especial atención en el uso que tiene cada equipo.

En este tema te diste cuenta de la complejidad que representa la transferencia de calor a través de los diferentes equipos que se utilizan para llevar a cabo una operación unitaria que necesite un intercambio de calor para propiciar el cambio de fase que ayudará a realizar una transferencia de masa y purificar las mezclas que se consideran contaminadas en el ambiente.

Industrialmente, los equipos de transferencia de calor se utilizan como auxiliares para propiciar la purificación de sustancias, por ejemplo: para obtener agua destilada (libre de sales) se debe aplicar una destilación y el calor lo utilizarás por un lado en el calentamiento directo del agua con sales para evaporarla. Por otro lado, una vez que se formó el vapor de agua (libre de sales) deberás condensarlo aplicando un intercambiador de calor que opera con flujos en contra corriente. Asimismo, en las lecturas, aprendiste que hay que tener presentes las propiedades físicas de las mezclas, lo cual permitirá inferir el agente de cambio que se necesita para propiciar un cambio de fase. Una vez identificado este aspecto establecerás el tipo de intercambiador de calor que se necesita para propiciar el cambio en un proceso de purificación ambiental.

## 2.2. Operaciones unitarias y la masa

La finalidad de las operaciones unitarias es separar sustancias. Esa separación de sustancias es una transferencia de masa. En esta sección te enfocarás en los procesos de transferencia de masa y reconocerás que para que esta suceda se necesita generar un cambio de fase.

El estudio general de la transferencia de masa puede ser dividido en cuatro áreas de interés e importancia:

- Difusión molecular
- Difusión molecular en flujo laminar
- Mezclado en corrientes turbulentas
- Transferencia de masa entre dos fases



La primera categoría ha desarrollado sólidamente para la difusión en el estado gaseoso, pero no para los fluidos densos.

La segunda categoría es una aplicación de la primera y es estudiada mediante manipulación matemática en situaciones en las que el flujo puede ser descrito o calculado.

La tercera categoría o el mezclado en una corriente turbulenta es un proceso por el cual una corriente de gases se dispersa en la atmósfera y el mezclado ocurre en diferentes situaciones en condiciones de turbulencia.

La cuarta categoría abarca el interés de los ingenieros en los procesos de transferencia de masa. Radica, principalmente, en el rol que tienen de diseñar equipos de separación para la purificación de sustancias ya que al realizar una reacción química los productos generalmente quedan mezclados en las corrientes que salen del reactor y es en este punto en el que adquiere importancia el proceso de transferencia de masa en dos fases para lograr la separación de los productos resultantes y de aquellos reactivos que no lograron reaccionar.

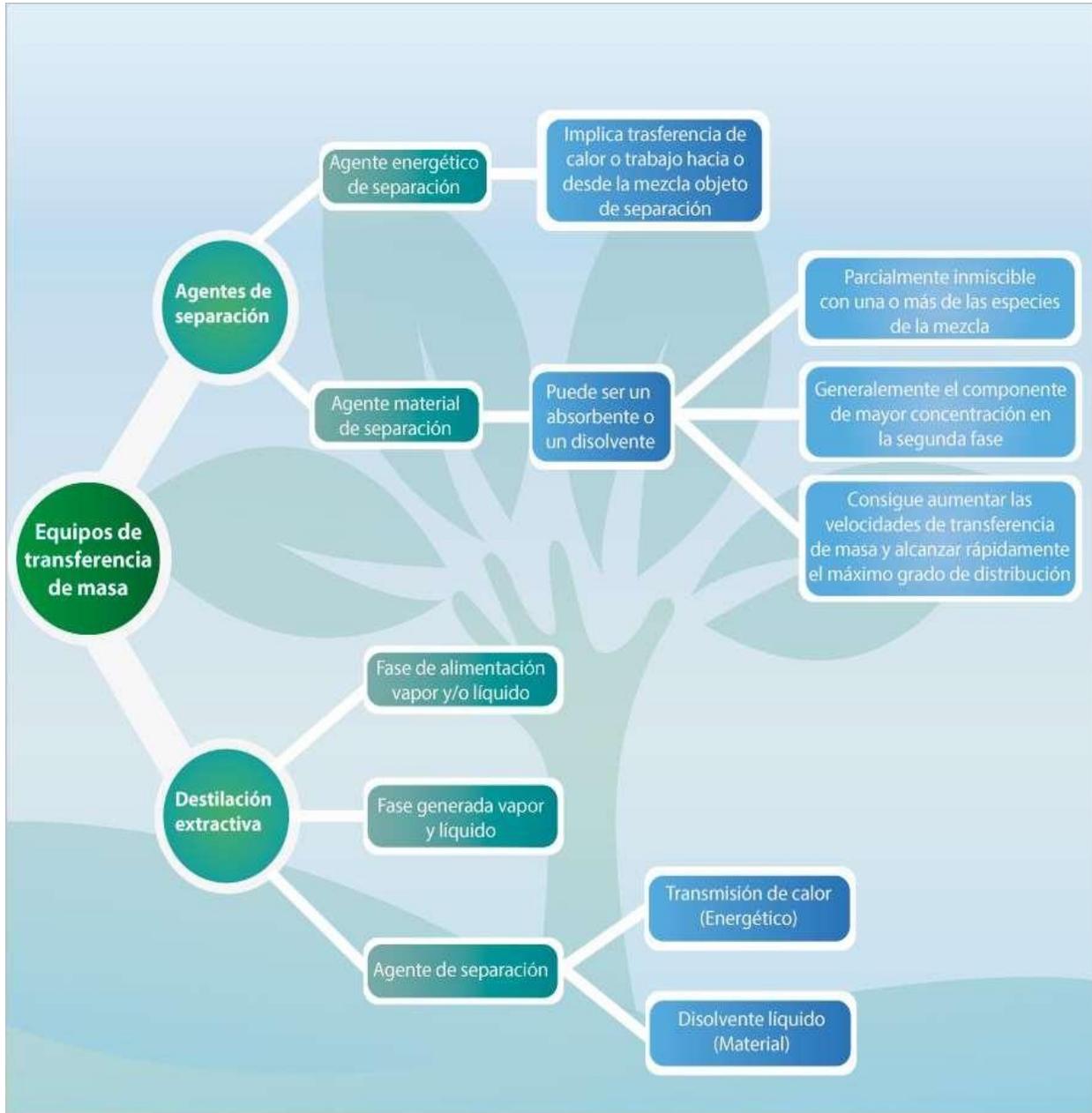
Para entender o analizar los procesos de transferencia de masa es necesario considerar el equilibrio de fases; entonces, es el momento en el que la termodinámica ofrece su ayuda. La segunda ley proporciona las condiciones de equilibrio y la primera ley nos ayuda con la realización de los balances de energía incluyendo los efectos de calor asociados con el fenómeno de transferencia de masa.

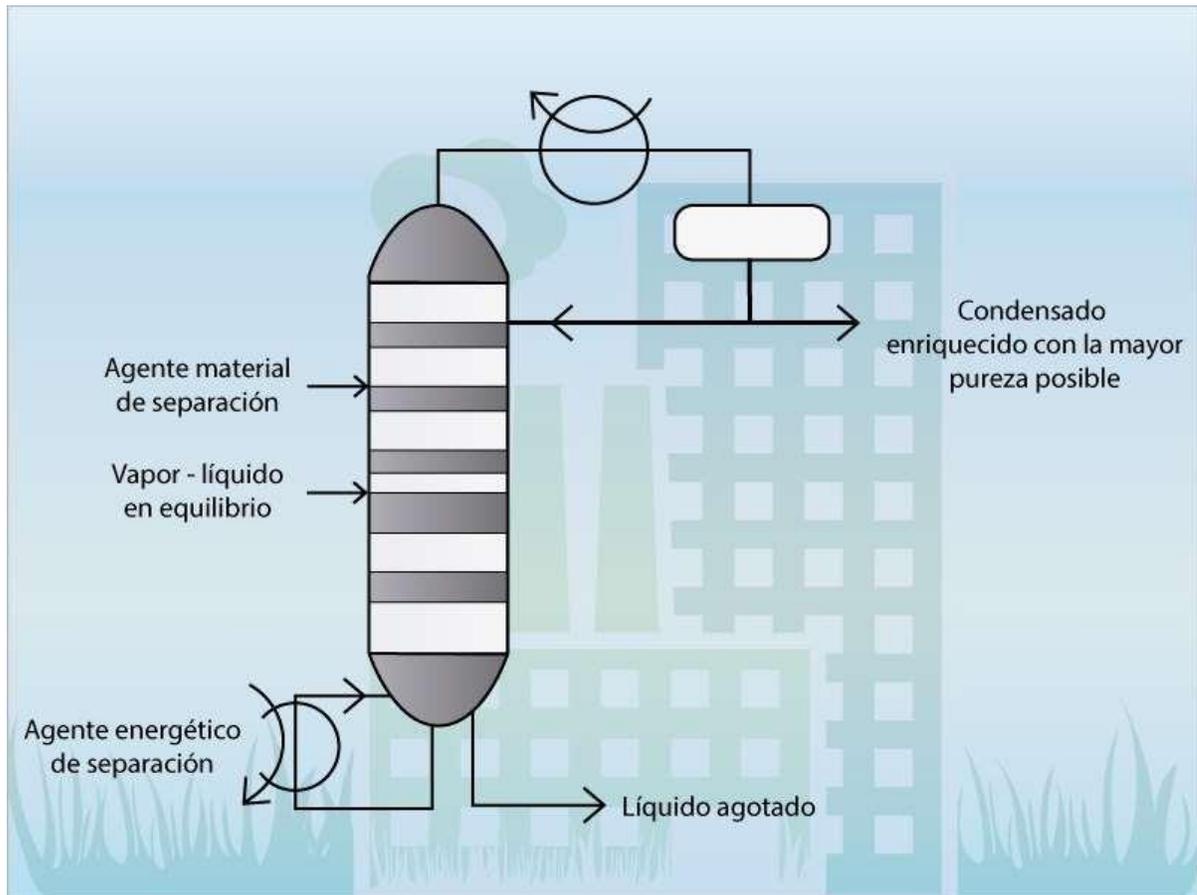
Pero antes de seguir con la parte termodinámica, debes informarte sobre los equipos de transferencia de masa. Para ello, **consulta** el documento *Operaciones de separación por transferencia de materia de interfase*, de los autores nombres de los autores Henley y Seader, en él reconocerás los equipos utilizados para realizar una operación unitaria de transferencia de masa, también identificarás los agentes de separación que le dan sentido a la operación.

Observa en el siguiente diagrama. En él, se presenta un ejemplo en el que se describen las características más importantes de un equipo y su relación con la transferencia de masa.



### Características de la transferencia de masa.





Destilación extractiva.

En el primer esquema, puedes observar que la selección de un equipo está relacionada con los agentes de cambio y con la operación unitaria escogida para la separación. Como ejemplo, se muestra que para un equipo de destilación extractiva se necesita conocer la fase de alimentación de la mezcla problema, la cual puede ser un vapor, un líquido o ambos. La fase generada será un vapor y un líquido en todos los casos. Con lo que respecta a los agentes impulsores para la generación de las fases, debe existir un líquido extractor que es el agente material (disolvente líquido) y un intercambio de calor para mantener las fases en equilibrio.



La segunda figura muestra el equipo adecuado para la destilación extractiva, el cual es una torre que contiene una serie de platos en los cuales se llevará a cabo la extracción de los componentes que se desea eliminar.

El proceso muestra que se alimenta la corriente que contiene la mezcla en un plato determinado y unos platos por arriba de ésta se introduce el líquido extractor que tendrá la función de ponerse en contacto con los vapores de la corriente alimentada, circulando en contracorriente, para extraer de él las impurezas, el vapor libre de impurezas sube hasta el domo en dónde es condensado en un intercambiador de calor, una parte de este condensado puro, se devuelve a la torre de destilación para mantener el equilibrio del proceso (a esto se le denomina reflujo) y otra parte se retira como producto final.

En el fondo de la torre de destilación queda la fase líquida la cual ha perdido casi la totalidad de los componentes volátiles de la mezcla inicial a este líquido se le denomina líquido agotado. Una parte de él se utiliza nuevamente como reflujo calentándolo hasta alcanzar la temperatura de ebullición para mantener la generación de vapores dentro de la torre.

Hasta el momento, tienes los conocimientos básicos de dos de los agentes que le dan sentido a las operaciones unitarias: el calor y la masa. Recuerda que estos agentes no están separados e interactúan en conjunto, también revisaste la teoría y la relacionaste con los diversos equipos que ayudan a controlar las características deseables para separar mezclas; te has dado cuenta de que el estudio de las operaciones unitarias no es sencillo, pues hasta el momento falta revisar las ecuaciones que te permitirán modelar y simular el comportamiento de una mezcla dentro de un equipo de separación y las condiciones de presión y temperatura que se necesitan para romper las fases y lograr la separación.

En el siguiente tema se estudiará el tercer agente de cambio que es el flujo de fluidos.



### 2.3. Flujo de fluidos

El comportamiento de los fluidos es importante en muchas de las operaciones unitarias ambientales, la comprensión que se tenga de ellos es esencial para explicar el movimiento de éstos a través de tuberías, bombas, compresores y otros equipos de proceso. El conocer los mecanismos del flujo de fluidos, también ayuda a entender el fenómeno de transferencia de calor y su aplicación a algunas operaciones unitarias como la destilación, la extracción y la absorción entre otras.

Se considera un fluido como una sustancia que cambia su forma continuamente siempre que esté sometida a un esfuerzo constante sin importar que tan pequeño sea (Shames, 1995). Su característica principal es que no presentan resistencia a la distorsión. Tal vez, en las clases de física aprendiste que un fluido es aquella sustancia que adopta la forma del recipiente que lo contiene.

**¿Cómo un fluido adopta la forma del recipiente que lo contiene?**

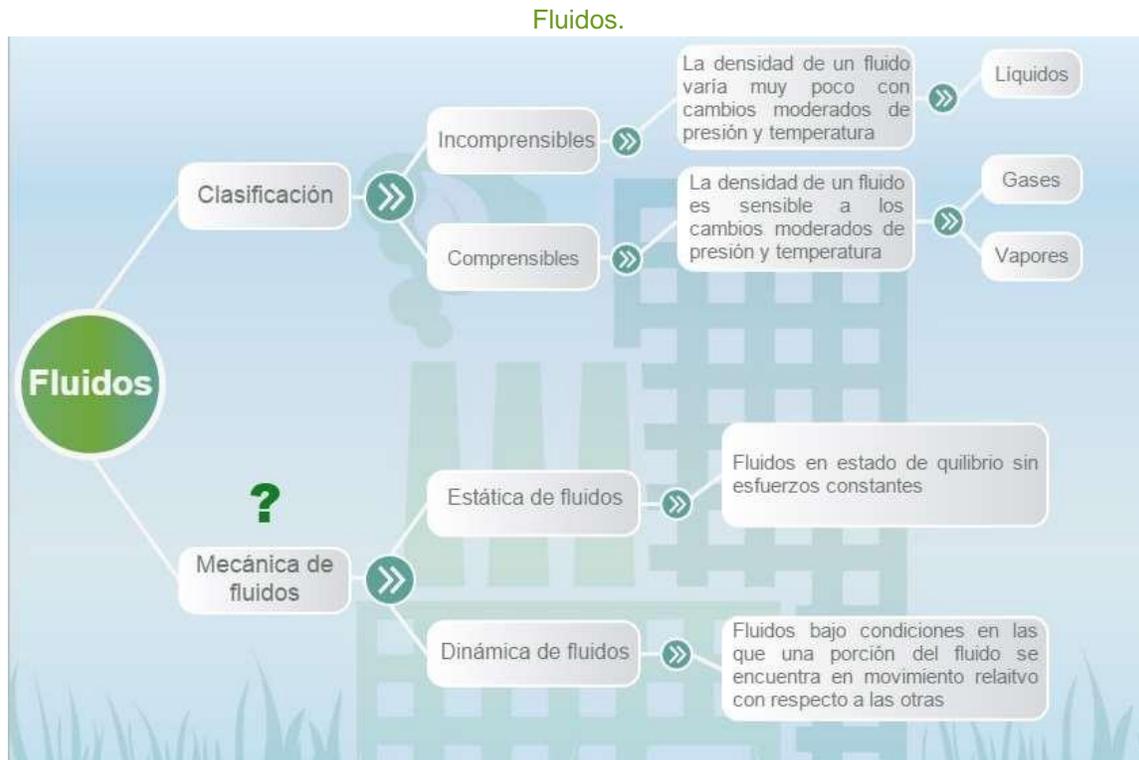
Por medio del deslizamiento de las moléculas de una capa de fluido sobre otra se va configurando la nueva forma. La velocidad de cambio de forma depende de la viscosidad del fluido, es decir de la resistencia que el fluido tenga al corte entre sus capas.

Una forma de conocer la viscosidad de un fluido es midiendo el tiempo en el cual una cantidad determinada de fluido se rompe.



En la figura puedes observar que si dejas caer por gravedad una cantidad de líquido se formará un hilo mientras cae, pero llega un momento en el que este se rompe, presentando el fenómeno que se observa en la imagen. El tiempo que transcurre desde que comienza a caer hasta que se corta se conoce como **viscosidad de copa** (Massey, 2011).

Otra consideración importante con respecto a los fluidos es que, con una presión y temperatura dadas, el fluido presenta una densidad definida (masa contenida en un volumen). La densidad es una propiedad muy importante puesto que a partir de ella se realiza una clasificación de los fluidos. Esta clasificación se presenta en el siguiente cuadro:



El cuadro también muestra que los fluidos se clasifican en dos grandes ramas: incompresibles y compresibles. Clasificación que está determinada por las propiedades de las moléculas de una sustancia.

Para el estudio de los fluidos se utiliza la mecánica de fluidos que es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos, para su estudio se divide en dos ramas que son la estática de fluidos y la dinámica de fluidos (Díaz, 2006).

Las operaciones unitarias requieren de un estudio riguroso de la dinámica de fluidos pues en los procesos de separación siempre existen fluidos en movimiento y el control que se tenga de ellos es de gran importancia para realizar la transferencia de masa. En algunos casos se necesita que el desplazamiento del líquido sea casi imperceptible para no originar mezcla de sustancias y poderlas separar fácilmente,

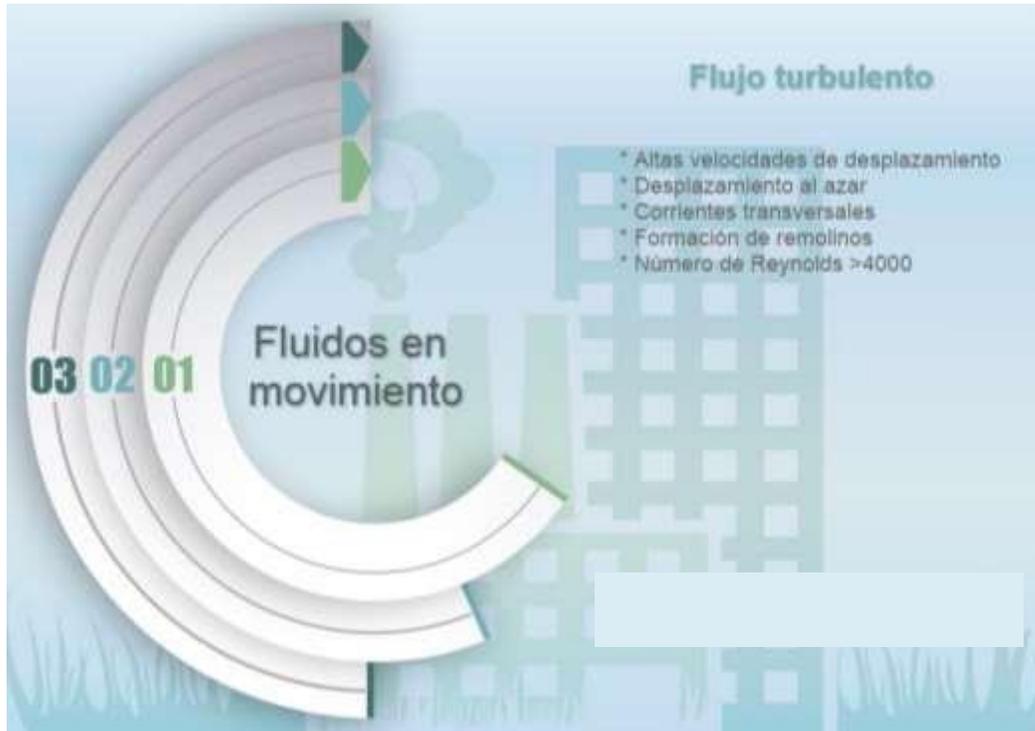


pero otras veces se requerirá que se formen remolinos mientras se desplazan las sustancias para que se mezclen perfectamente y puedan efectuar reacciones químicas.

Los fundamentos básicos para determinar el tipo de flujo los puedes observar en las siguientes imágenes:

Fluidos en movimiento.





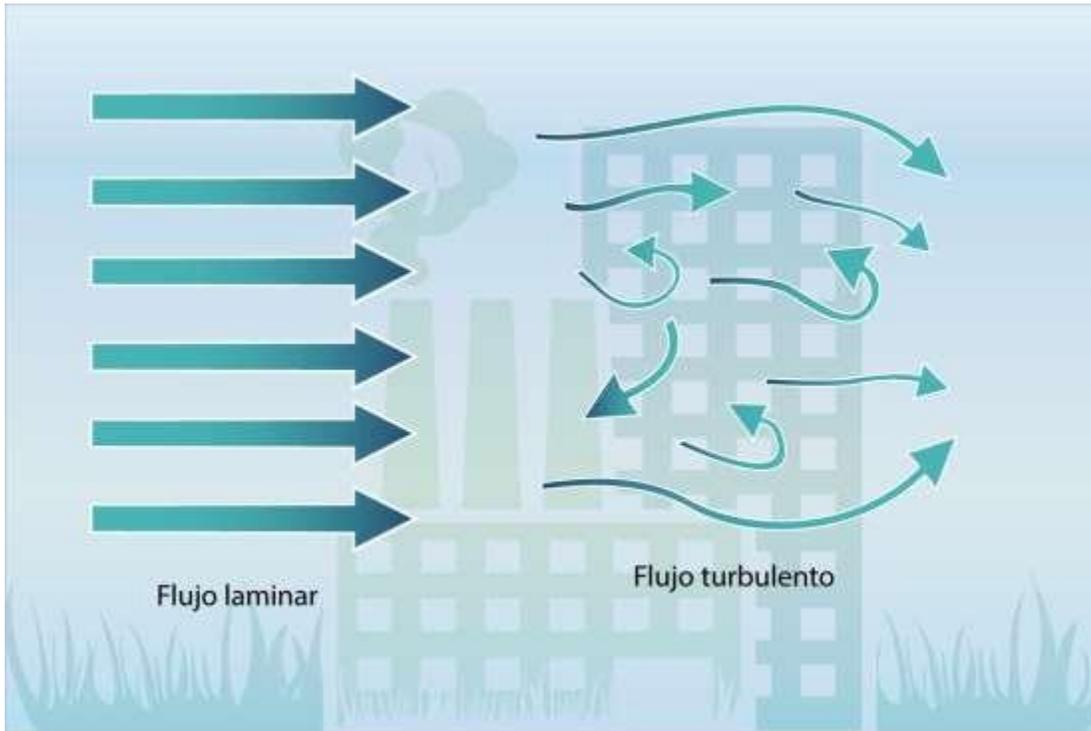


En el esquema observaste el flujo laminar, movimiento que tiene un fluido cuando su desplazamiento ocurre cuando las moléculas de la superficie del fluido se deslizan sobre las moléculas de la capa inmediata inferior del fluido. Un ejemplo de este movimiento, lo ves cuando llenas un vaso hasta el borde y empieza a derramarse el líquido lentamente.

El otro tipo de movimiento de flujo denominado turbulento ocurre cuando la corriente del líquido forma remolinos debido al movimiento desordenado de las moléculas del fluido. La representación los dos tipos de flujo se pueden ver en la siguiente figura.



Flujo laminar y turbulento.



El número de Reynolds es un indicador que se utiliza para determinar si el flujo de un fluido ocurre de forma laminar o turbulenta, depende del diámetro de la tubería que conduce al fluido, de la velocidad líquida de las viscosidades y de la densidad. Si el número de Reynolds es mayor a 4000 el flujo se considera turbulento y si es inferior a 2100 se considera como flujo laminar.

Para profundizar en el tema **lee** el capítulo *Flujo viscoso incompresible a través de tuberías*, del autor nombre del autor Shames, en el cual se presenta el estudio del flujo laminar y del flujo turbulento.

Ahora bien, revisarás que los equipos utilizados para la transferencia de fluidos son de gran importancia para las operaciones unitarias ambientales ya que son los impulsores y conductos por los que circulan las sustancias que se van a separar o



a mezclar; se puede hacer una analogía con el sistema circulatorio humano, por ejemplo: sin el corazón, la sangre no podría circular por las venas y esto ocasionaría que los nutrientes no llegaran al cuerpo y que se oxigene la sangre. Este proceso es un conjunto de operaciones unitarias, el corazón es similar a los equipos de bombeo, las venas son la tubería y las válvulas del corazón son semejantes con las válvulas en las tuberías, las cuales ayudan a regular la presión y la cantidad de líquido que circula a través de ellas.

En esta parte, estudiarás principalmente a las bombas, las tuberías y las válvulas. Para aprender sobre el tema, **lee** el documento *Selección de bombas* del libro *Bomba: selección, uso y mantenimiento* de nombre del autor Kenneth, el cual contiene información sobre las especificaciones de diseño y selección de bombas. Pon especial atención en los factores de selección de bomba como la capacidad, la carga total, la densidad, la viscosidad y las temperaturas de operación.

Con este tema finalizas el estudio del calor, la masa y los fluidos con relación al equipo que se utiliza para todo un sistema de purificación de sustancias en el cual intervienen los principios fundamentales de las operaciones unitarias ambientales con la utilidad de modificar el ambiente para generar mejores condiciones de vida.



En el video *Métodos de separación de mezclas* observarás la formación de una mezcla simulando la contaminación que puede causarse en un río. Posteriormente, te muestra una secuencia lógica para purificar el agua contaminada hasta obtener agua libre de contaminantes. Consúltalo en la sección *Para saber más*.



En la tesis *Tecnologías para el tratamiento de olores en aguas servidas*, encontrarás una metodología de purificación de agua y observarás el desarrollo de descripción de alternativas de tratamiento de olores en plantas de tratamiento de estas aguas que permite el control eficaz de las emisiones odoríficas. Consúltala en la sección *Para saber más*.



El video *Distillation column* te muestra una simulación del funcionamiento de una torre de destilación. Durante el video observarás cómo se genera vapor a través del calentamiento del residuo pesado que se encuentra en el fondo, la forma en la que la alimentación de la fase líquida se mezcla con los vapores y la liberación y condensación de los vapores libres de contaminantes. Consúltalo en la sección *Para saber más*.



En el video *Instalación de una bomba* observarás la instalación de una bomba, así como la de todos los detalles que deben tenerse en cuenta para su correcto funcionamiento. Consúltalo en la sección *Para saber más*.



## Cierre de la Unidad

A lo largo de esta unidad, revisaste la transferencia de calor y el flujo de fluidos y te diste cuenta de que estos dos fenómenos están interrelacionados y ayudan a que se realice una transferencia de masa.

El propósito de su estudio es encontrar las fuerzas diferenciales que propician la transferencia de masa. También, te diste cuenta de que, para realizar esta transferencia, que es el objetivo principal de las operaciones unitarias, se utilizan una gran variedad de equipos como son calentadores de tubo y coraza, calderas y calderetas en el caso de los intercambiadores de calor, torres de destilación, equipos para destilación extractiva, columnas empacadas, etc. Para la transferencia de fluidos tenemos bombas, tuberías y válvulas, así como compresores y turbinas.

También reafirmaste que las operaciones unitarias ambientales es la aplicación de las operaciones unitarias para remediar el ambiente (agua, aire y suelo) y que la correcta aplicación de esta tecnología te dará herramientas para ejercer tu carrera en tecnología ambiental de forma eficiente, dándote la satisfacción de que contribuyes al bienestar de la sociedad al aplicar procesos de purificación ambiental en tu quehacer cotidiano.

En la unidad 3, estudiarás el balance de materia y energía, piedras angulares en el dimensionamiento de los equipos de las operaciones unitarias.

Las metas se alcanzan poco a poco y no en un instante, concéntrate y avanza a pasos pequeños pero firmes y llegarás a la meta.



### Para saber más



En el video *Métodos de separación de mezclas* se identifican algunos métodos de separación de mezclas homogéneas y heterogéneas, haciendo énfasis en las propiedades físicas de los componentes que se quieren separar. Revisa la siguiente liga:

<https://www.youtube.com/watch?v=znQtRUGbn54>



En la tesis titulada *Tecnologías para el tratamiento de olores en aguas servidas*, puedes observar los análisis químicos que se realizan para identificar las impurezas causantes de olores en aguas estancadas. También, revisarás el procedimiento de purificación que se realizó. Por otro lado, encontrarás un esquema que explica el tratamiento que se le da a estas aguas y el uso que tendrán los residuos. Consúltala en la siguiente liga:

[http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/arriagada\\_am/sources/arriagada\\_am.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/arriagada_am/sources/arriagada_am.pdf)



El video *Distillation column* muestra la simulación del funcionamiento de una torre de destilación. Observa a detalle cómo las corrientes gaseosas se mezclan para realizar la purificación de una de las sustancias por medio de una transferencia de masa. También, observa la generación de las fases y la forma en que interactúan los agentes de cambio (agente de cambio energético y agente de cambio material). Revisa la siguiente liga:

<http://www.youtube.com/watch?v=BaBMXgVBQKk>



En el video *Instalación de una bomba* observarás la instalación de una bomba y los detalles que se deben tomar en cuenta para su correcto funcionamiento. Revisa la siguiente liga:  
<http://www.youtube.com/watch?v=7thp0N1C7IA>



## Fuentes de consulta



### Bibliografía básica

1. Henley, E., Seader, J. (2000). Operaciones de separación por transferencia de materia de interfase. (Cap. 1). En Henley, E., Seader, J. (Ed.), *Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química*. (pp. 7-19). México: Reverte
2. Kenneth, J. (1992). Selección de bombas. (Cap.1) En Kenneth, J. (Ed.), *Bomba: selección, uso y mantenimiento*. (2ª. ed. pp. 1- 25). España: Mc.-Graw-Hill
3. Kern, D. (1999). Intercambiadores de tubo y coraza. Flujo 1-2 contracorriente paralelo. (Cap. 7). En Kern. (Ed.), *Procesos de transferencia de calor*. (Trigésima primera ed. pp. 159-169). México: C.E.C.S.A.
4. Kern, D. (1999). Temperatura. (Cap. 5). En Kern. (Ed.), *Procesos de transferencia de calor*. (Trigésima primera ed. pp. 111-130). México: C.E.C.S.A.
5. Kern, D. (1999). Vaporizadores, evaporadores y calderetas. (Cap. 15). En Kern. (Ed.), *Procesos de transferencia de calor*. (Trigésima primera ed. pp. 523-530). México: C.E.C.S.A.



### Bibliografía complementaria

6. Díaz Ortiz, J. (2006). *Mecánica de fluidos e hidráulica*. Colombia: Universidad del Valle.
7. Hollman, (2000). Cambiadores de calor (Cap. 10). En Hollman. (Ed.). *Transferencia de calor*. (Octava ed. pp. 379-409). España: McGraw-Hill Interamericana.
8. Massey, B. (2011). *Mecánica de fluidos*. Londres: University College, London.
9. Perry, H., Perry, R., Green, D., Maloney, J. (2009). Calores para cambios de fase del agua. En Perry, H. (Ed.), *Manual del ingeniero químico*. México: McGraw-Hill.
10. Shames, I. (1995). *Mecánica de fluidos*. Colombia.: McGraw-Hill Interamericana.
11. Shames, I. (1995). Flujo viscoso incompresible a través de tuberías. (Cap. 9). En Shames, I. (Ed.), *Mecánica de fluidos*. (3ª ed. pp-315-327). Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

### Fuentes electrónicas

12. Direct Industry. (2013). *Intercambiador de calor de casco y tubos*. Disponible en: <http://www.directindustry.es/prod/chemineer/intercambiadores-de-calor-sanitarios-14821-451545.html>