



CAPITULO 4

PROCESOS UNITARIOS

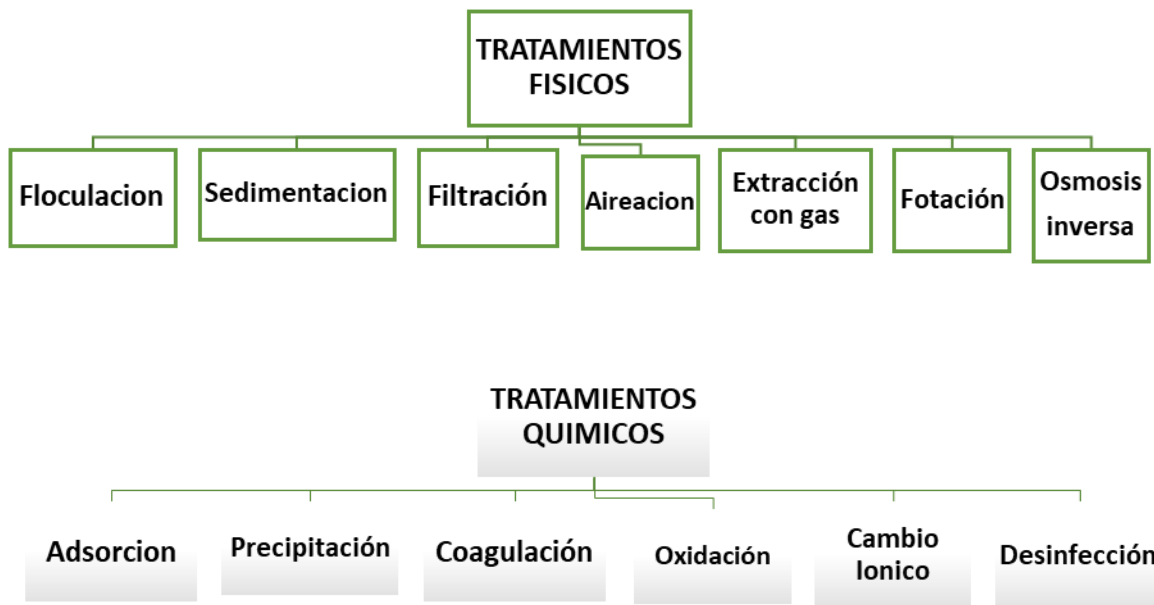


IV. PROCESOS UNITARIOS

4.1 INTRODUCCION (Fuente Cepis/OPS/ pub/04.109)

Desde el punto de vista del tratamiento de agua, una OPERACIÓN UNITARIA es un proceso físico, químico o biológico, mediante el cual las sustancias no deseadas contenidas en las aguas crudas, se separan o se transforman en sustancias aceptables.

En general el término OPERACIONES UNITARIAS se ha restringido a aquellas operaciones en las cuales los cambios son esencialmente físicos, denominándose PROCESOS UNITARIOS, aquellas transformaciones en la que existe la presencia de una reacción química de por medio y que involucran una o varias operaciones unitarias.



<https://media.upv.es/#/portal/user/f4278190-0175-11e6-9a51-c5751f4382af/videos>

Figura 4.1 Tratamientos fisico-Quimicos del agua

4.2 ANALISIS DE LOS PROCESOS UNITARIOS

La mayor parte de los procesos de tratamientos de aguas y aguas residuales originan cambios en la concentración de una sustancia específica por desplazamiento de dicha sustancia al interior o al exterior del agua misma. Esto recibe el nombre de transferencia de fase.

Un ejemplo, es la introducción de oxígeno al agua (Una transferencia de la fase gaseosa a la fase líquida) o la remoción del CO₂ del agua (una transferencia de la fase líquida a la fase gaseosa). Las fases principales son tres: gas, líquido y sólido. Sin embargo es posible identificar otras fases – la

fase vapor por ejemplo. – y reconocer estados específicos – los estados disueltos y coloidal por ejemplo.

Existen operaciones especializadas en la preparación del agua, como la preparación del agua para las calderas, otros procesos para diferentes Industrias, para el enfriamiento en sistemas de refrigeración; en remoción de gases disueltos por desaireación al vacío por calentamiento.

4.2.1 TRANSFERENCIA DE IONES

La transferencia iónica puede efectuarse por coagulación química, precipitación química intercambio iónico y absorción.

4.2.1.1 Coagulación química.

Para efectuar la coagulación química normalmente se agrega al agua productos químicos formadores de flóculos, con el propósito de que se engloben o se combinen con los sólidos sedimentables que son impurezas del agua que varían en tamaño y forman los flóculos que sedimentan rápidamente, este proceso de agregación se llama COAGULACIÓN.

La precipitación de los iones se presenta en condiciones adecuadas de pH y alcalinidad, necesitando procesos auxiliares de dosificación, mezcla y floculación. Los coagulantes más comunes son las sales de hierro y aluminio que en solución forman iones trivalentes de hierro y aluminio. Los iones precipitantes los proporciona la alcalinidad natural presente.



Figura xx Coagulación y precipitación Química

<https://www.youtube.com/watch?v=9QZ>

4.2.1.2 Precipitación Química

En la precipitación química se separan las sustancias disueltas de la solución. Los productos agregados solubles y los iones liberados reaccionan con los iones existentes en el agua para formar precipitados. Se optimiza el proceso de remoción con valores adecuados de pH y alcalinidad.

Son ejemplos:

- La floculación del hierro por adición de cal al agua, que contiene hierro, la reacción llega a su termino con el oxígeno disuelto.
- La precipitación del hierro y manganeso del agua por aireación, siendo la reacción de oxidación por el oxígeno disuelto.
- El ablandamiento del agua por la acción de cal para precipitar la dureza de carbonato y de carbonato de sodio para precipitar la dureza de no carbonato.

4.2.1.3 Proceso de Intercambio iónico.

Intercambio iónico es un proceso en el cual los iones mantenidos por fuerzas electrostáticas a grupos funcionales cargados, situados en la superficie de un sólido, son cambiados por iones de carga similar de una disolución en el cual el sólido está inmerso. Son ejemplo de este proceso el ablandamiento del agua por intercambio de iones de calcio y magnesio por iones de sodio, al pasar el agua por un manto de zeolitas de sodio, los cuales son regenerables con agua salada o salmuera.

El método se basa en la propiedad que poseen ciertas sustancias de cambiar el catión Na^+ por otros cationes que tengan el agua. En el caso de la dureza, el intercambiador retendrá el Ca^{++} y el Mg^{++} en su estructura molecular y cederá el Na^+ al agua. La figura 3.2 muestra un intercambio de cationes.

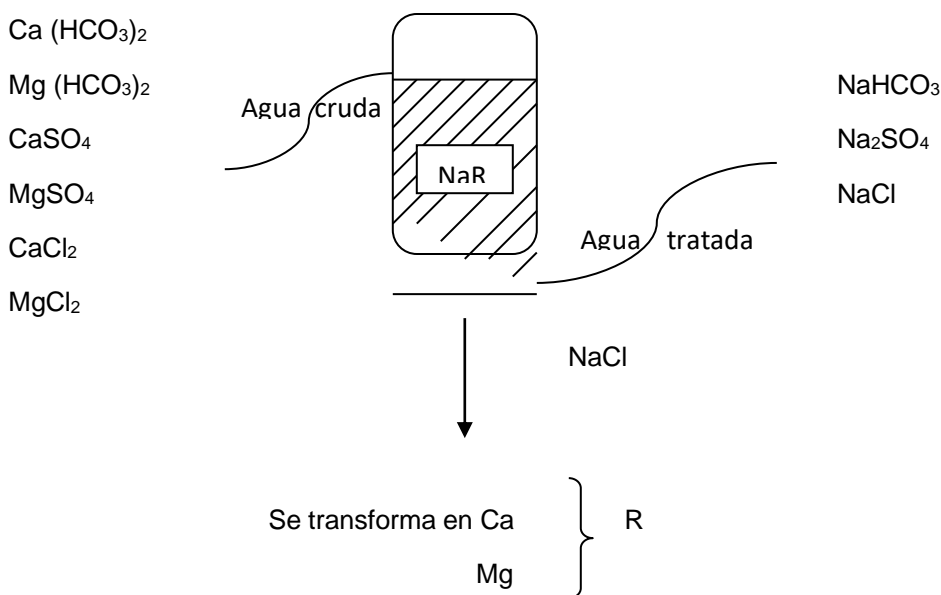


Figura 4.1. Intercambiador de Cationes.

(Fuente J A. Perez 1997 Manual de potabilización del agua)

Cuando la capacidad de ablandamiento del intercambiador se agota por saturación de Ca^{++} y Mg^{++} , este puede ser regenerado poniéndolo en contacto con salmuera (agua con alto contenido de NaCl), lo que permite que recupere el contenido de Na^+ .

Transferencia de iones

Como su nombre lo indica, este proceso consiste en un intercambio de iones entre sustancias que desea remover y un medio solido a través del cual se hace pasar el flujo de agua. Este es el caso del ablandamiento del agua mediante resinas, en el cual se realiza un intercambio de iones de calcio y magnesio por iones de sodio, al pasar agua a través de un medio poroso constituido por zeolitas de sodio.

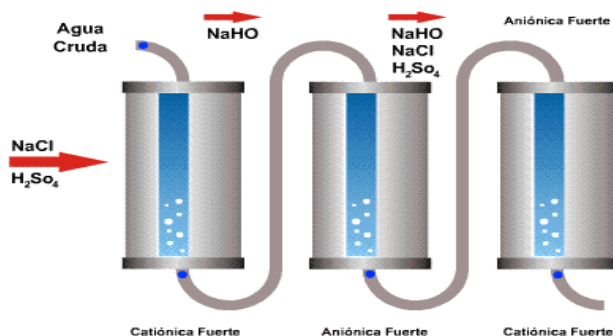


Figura XX intercambio iónico

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

4.2.1.4 Absorción

Actualmente se reconoce como un fenómeno importante para la mayor parte de los procesos físicos naturales, biológicos y químicos.

La absorción implica la acumulación en la interfase ó la concentración de sustancias en una superficie ó interfase. El proceso puede ocurrir en una interfase que separa a dos fases, tales como líquido-líquido, gas-líquido, gas-sólido, ó líquido-sólido. El material que se concentra en la superficie o se absorbe se llama absorbato y la fase absorbente se llama absorbente.

La absorción consiste en la remoción de iones y moléculas presentes en la solución, concentrándolos en la superficie de un medio adsorbente, mediante la acción de las fuerzas de interfaz. Este proceso se aplica en la remoción de olores y sabores, mediante la aplicación de carbono activado en polvo.

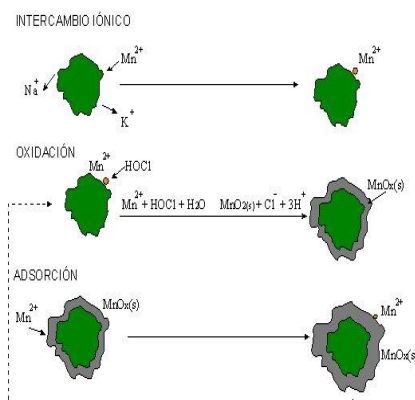


Figura XXX Intercambio ionico

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

Son ejemplos:

- La absorción de iones y moléculas productores de olor y sabor en lechos de carbón granulado o por carbón activado pulverizado suspendido en agua y separado por sedimentación o filtración.



Figura 4.2. Carbon activado.. (Fuente propia)

- La absorción en Ingeniería Química es una transferencia vapor-liquido o mejor dicho es la operación en la que la transferencia de materia tiene lugar de la fase vapor a la fase líquida.

4.2.2 TRANSFERENCIA MOLECULAR

Proceso en el cual organismos saprofitos (organismos cuya alimentación consiste en ingerir sustancias orgánicas en estado de descomposición) convierten sustancias orgánicas complejas en materia celular viviente y en materia más simple ó más estable incluyendo los gases de descomposición y los organismos fotosintéticos convierten a las sustancias simples principalmente inorgánicas, en material celular, utilizando la luz solar, produciendo como sub-producto el oxígeno y el bióxido de carbono.

Son ejemplos:

- La destrucción y esterilización aeróbica.
- La destrucción o esterilización anaeróbica.
- La producción de algas y vegetación acuática mayor, en presencia de nutrientes simples, de plantas y luz solar.

4.2.3 TRANSFERENCIA DE SÓLIDOS

Mediante este proceso los sólidos son separados del agua por: cribado, sedimentación, flotación y filtración.

Cribado. Llamado también cernido. Teniendo presente la dimensión de las partículas y la capacidad de pasar ciertas partículas de tamaño determinado se logra esta, permitiendo que el material pase o se deseche al utilizar aberturas de dimensiones definidas reteniendo mediante cribas y rejillas, sólidos en suspensión o flotantes mayores que las aberturas de estas cribas y rejillas utilizadas.

Los materiales retenidos se separan para someterlos a tratamiento y evacuación por medio de sistemas de desmenuzamientos y mallas, se reduce el tamaño de los sólidos y normalmente los regresan al agua para su posterior remoción en unidades de sedimentación.

Sedimentación. Son procesos en el cual se remueve los sólidos en suspensión más pesados que el agua, por medio de la fuerza gravitacional.

Son ejemplos:

La remoción de arenas y limo pesado del agua en los tanques de sedimentación.

La colección de sólidos minerales pesados de las aguas residuales por sedimentación diferencial y arrastre (cámaras desarenadoras).

Flotación. Proceso en el cual se remueven los sólidos más livianos que el agua en condiciones de quietud o por adición de agentes de flotación, estos agentes incluyen burbujas pequeñas de aire y compuestos químicos que, ya sean solos o en combinación, son con frecuencia agentes humectantes y espumantes hidrofóbicos.

Son ejemplo:

- La remoción de grasa y aceite de las aguas residuales.
- El desprendimiento de burbujas finas de aire dentro de las aguas residuales ya sea por difusión de aire comprimido.
- La adición a las aguas de agentes de flotación que se unen por si mismos a los sólidos suspendidos.

Filtración. La filtración es el proceso complejo en el cual se combina el cernido, la sedimentación el contacto interfacial y aún la flotación para transferir sólidos suspendidos y flóculos a los granos de arena, carbón, diatomeas u otro material del cual son posteriormente retirados. Son ejemplos:

- La filtración lenta a través de lechos de arena.
- La filtración rápida a través de lechos de arena, carbón mineral u otros gránulos.

4.2.4 TRANSFERENCIA DE GASES.

El proceso de transferencia de gases ocurre en varios sistemas de tratamiento de aguas y aguas residuales. Es un proceso en el cual el agua expuesta al aire permite escapar o absorber un gas. Los suministros de agua pueden airearse para eliminar gases disueltos no deseados y/o eliminar sustancias inorgánicas disueltas por oxigenación, tales como hierro y magnesio.

Son ejemplo:

- La adición de oxígeno por aireación mediante aspersión o burbujeo.
- La remoción del bióxido de carbono, H_2S y sustancias volátiles olorosas.
- La adición de cloro, ozono y bióxido de cloro.
- La remoción de oxígeno por evacuación en desgasificadores para control de corrosión.

4.2.5 ESTABILIZACION DE SOLUTOS

Operación en la cual solutos objetables son transformados en formas no objetables por una gran variedad de procesos sin llegar a la remoción. Transforma un soluto objetable que tiene el agua en una forma inofensiva sin llegar a su remisión. Es decir aquel soluto considerable y posiblemente dañino pasa a ser inofensivo

Son ejemplos:

- La adición de cal al agua o su paso a través de trozos de mármol, para convertir el bióxido de carbono excedente de los requerimientos del equilibrio a bicarbonato soluble.
- La adición de fosfatos complejos al agua para mantener hierro en solución.
- La adición de silicato de sodio para proteger a las superficies metálicas.

4.2.6 OTROS PROCESOS

Entre las operaciones misceláneas pueden citarse las siguientes:

- Desinfección del agua mediante la cual se destruyen los organismos potencialmente peligrosos e infecciosos.
- Fluoración del agua, para reducir la caries dental.
- La desalinización térmica. Es una serie de procesos destinados a la separación de la sal contenida en el agua (generalmente agua de mar) donde puede enfocarse en dos tipos: remover agua de la solución o remover la sal de la solución

4.3 TIPOS Y PROCESOS UNITARIOS DE POTABILIZACIÓN.

Para aguas provenientes de fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas, las opciones de selección de los procesos unitarios que se van a diseñar, construir y operar, deben tener en cuenta los contaminantes presentes en ellas. Se deberá estudiar y evaluar la configuración del tren de procesos seleccionado para garantizar los estándares de calidad de agua para consumo humano, según la normativa vigente con las más altas eficiencias operativas, de acuerdo a las tecnologías planteadas en la Tabla 4.1

Tabla 4. Tecnologías de Tratamiento de Potabilización

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER	Aeración	Coagulación + Flocculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodialisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
Características físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X
Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X

Hierro	X	X	X	X	X							X		X
Manganeso	X	X	X	X	X							X		X
Mercurio				X					X	X				
Molibdeno													X	
Níquel				X					X	X	X			
Nitratos									X	X	X			
Nitritos									X	X	X			
Plomo		X							X		X			
<u>Selenio</u>		X							X	X	X	X		
Sulfatos								X	X	X				
<u>Inhalometanos</u>	X				X			X				X	X	
Zinc				X					X	X	X			
Características químicas orgánicas														
Carbono Orgánico		X				X	X	X	X				X	
Pesticidas/Herbicida								X	X				X	
Orgánicos sintéticos									X				X	
Orgánicos volátiles	X												X	
Características microbiológicas														
<u>Escherichia Coli</u>			X			X	X							X
<u>Giardia</u>	y					X	X							X

El responsable del proyecto deberá evaluar la posibilidad de combinar tecnologías convencionales y tecnologías avanzadas, según las necesidades de tratamiento de acuerdo con la caracterización del agua cruda. En todos los casos, antes de la instalación de tecnologías avanzadas, deberán ser valoradas las eficiencias y condiciones actuales de la infraestructura existente.

4.4 APLICACIÓN DE LOS PROCESO EN LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS.

La aplicación de las operaciones y procesos unitarios originan cambios en las características físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda, para transformarlas en sustancias aceptables. Estas transformaciones se llevan a cambio en las plantas de tratamiento de agua potable las cuales se adaptan a las características del agua cruda para producir un agua apta para el consumo humano

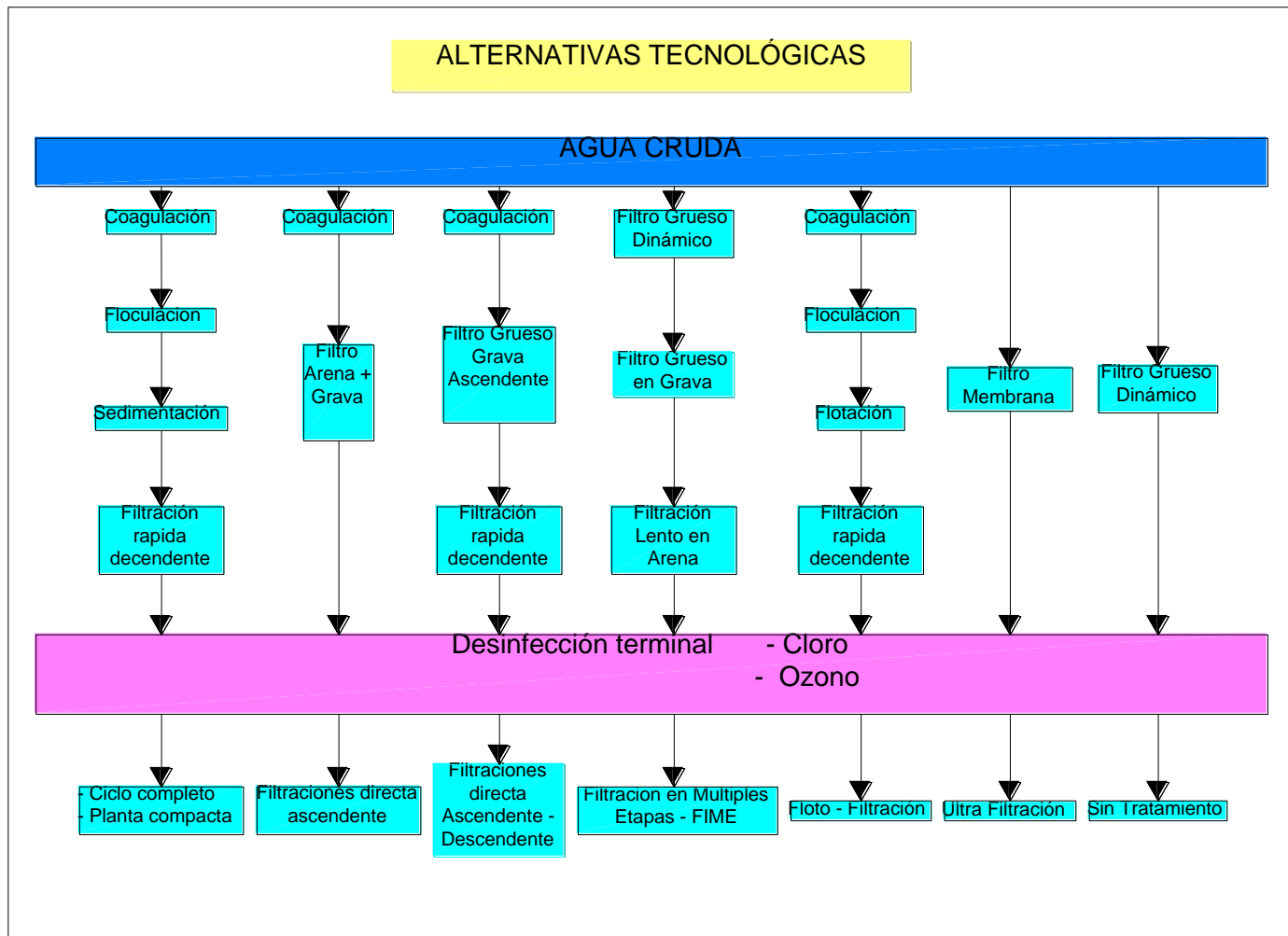


Figura 4.3 Alternativas Tecnológicas

