



TRATAMIENTO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

GRUPO TAR

1. INTRODUCCIÓN

La Reglamentación vigente para el abastecimiento y control de calidad de las aguas para consumo público, se desarrolla en el Real Decreto 140/2003, que se publicó en el BOE nº 45 de 21/02/03. Este Decreto, recoge en su Título Primero, los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano, y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación, hasta el grifo del consumidor.

En su segundo artículo, se define lo que se entiende por agua de consumo humano. Esta definición legal, va a ser la que motive, y obligue a aplicar un tratamiento eficaz del agua de origen. Legalmente, no se define un tratamiento único de potabilización del agua, y simplemente, se recoge que un agua natural o tratada, será considerada como agua apta para el consumo público, cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana, y cumpla una serie de valores especificados: caracteres físico-químicos, microbiológicos, tóxicos, y radiactivos.

La flexibilidad de la Ley para establecer un proceso de tratamiento de aguas, y la claridad de la definición de agua apta para consumo humano, nos abre un amplio abanico a la hora de hablar de potabilización. De esta definición se deduce, que para garantizar sanitariamente que un agua es potable, bastará con una simple desinfección, en aguas de muy buena calidad en origen, hasta un tratamiento completo, para aguas de peores calidades.

En esta sesión, vamos a realizar el recorrido que sigue el agua en una Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP). La idea es tener una visión global de una planta de tratamiento, referiremos los aspectos más significativos de la Explotación y del Diseño, no entraremos en detalles específicos de cada fase del proceso, ya que en el tiempo que va a ocupar esta sesión, no habría manera de englobarlos

2. SISTEMAS DE CAPTACIÓN

Las aguas de origen se pueden clasificar según su procedencia en aguas superficiales, y aguas subterráneas.

El sistema de captación utilizado para aguas subterráneas, es el bombeo, mientras que para las aguas superficiales, se utilizan distintos métodos, si hablamos de tomas desde embalses, ríos, o mar.

Normalmente, para abastecimientos de grandes y medianas poblaciones se utilizan aguas superficiales, por lo que a partir de ahora, nos referiremos únicamente a las captaciones utilizadas para este tipo de agua.

2.1. CAPTACIÓN EN EMBALSES

La poca cantidad de agua que circula por los efluentes de nuestro país, y el índice de contaminación que llevan, hace que hoy día, sean cada vez más numerosos los abastecimientos de poblaciones a través de embalses.

Normalmente, el nivel del embalse va a ir fluctuando, en función de las aportaciones de lluvias, y las tomas de caudal, por este motivo, las torres se construyen con diversas tomas a distintas alturas. Las maniobras de apertura y cierre de estas tomas, se realizan con compuertas reguladoras.

Para proteger dichas compuertas, de entrada de cuerpos que las puedan obstruir (ramas, flotantes,...), se disponen previamente unas rejillas de desbaste, que impiden el paso de estos objetos que podrían dañar los cierres de las compuertas, no haciéndolos estancos.

La cota del punto de toma del agua suele variarse, en función de los análisis que se realizan a distintas profundidades del embalse, y que determinan la calidad del agua en diversos estratos, deberá elegirse en cada momento la cota en la cual los contaminantes sean mínimos, lo que repercutirá en un tratamiento más liviano en la planta.

2.2. CAPTACIÓN EN RÍOS

No existe un modelo de toma ideal, pueden realizarse tomas laterales, de fondo, etc... Si el caudal es pobre, habrá que aprovechar algún azud o pequeña presa, que garantice siempre un volumen de agua suficiente para nuestro abastecimiento, se podrá aumentar ligeramente la lámina de agua en la toma de forma artificial, colocando unos gaviones aguas abajo de la toma, con lo que podremos paliar la falta de caudal.

En las tomas de río, suelen aumentar los arrastres de impurezas (flotantes, arenas, maleza, etc.), para evitar que entren en las conducciones, se suelen colocar rejillas de desbaste tanto para gruesos, como para finos, llegando a ser necesario a veces la instalación de tamices. Si la calidad del agua del efluente es mala, se puede montar en la propia toma del río alguna instalación de dosificación de reactivo, iniciando aquí un pretratamiento que mejore el agua que llega a la planta de tratamiento.

3. SISTEMA DE ADUCCIÓN

Al proceso de conducir el agua desde su captación a la planta de tratamiento, se denomina aducción.

Se pueden distinguir dos tipos de conducciones, dependiendo de las alturas del punto de toma y la entrada en planta:

- Conducciones por gravedad: (Acueductos, canales,...). El agua circula por la propia pendiente de la conducción, desde el punto de toma, que tendrá más cota o altura, hasta el punto de entrada.
- Conducción forzada: (tuberías). Se utilizan cuando el punto de toma está situado a una cota más baja que la entrada en planta, para salvar la diferencia de alturas, se emplean grupos de bombeo. Para soportar la presión de trabajo se dimensionan con materiales resistentes, bien de chapas de acero o de hormigón reforzado con camisas de chapa.

3.1. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Con el objeto de optimizar costes, a la salida de los embalses, y aprovechando el salto de agua desde la toma hasta el inicio de la conducción, se suele instalar una central hidroeléctrica.

El funcionamiento de la central se basa en la transformación de la energía potencial existente en la diferencia de altura entre la lámina de agua y la parte baja de la conducción, en energía cinética. Físicamente, el caudal que fluye por la conducción se aprovecha para hacer mover una turbina, esto genera una energía mecánica, esta energía mecánica se transforma en energía eléctrica con el uso de un alternador.

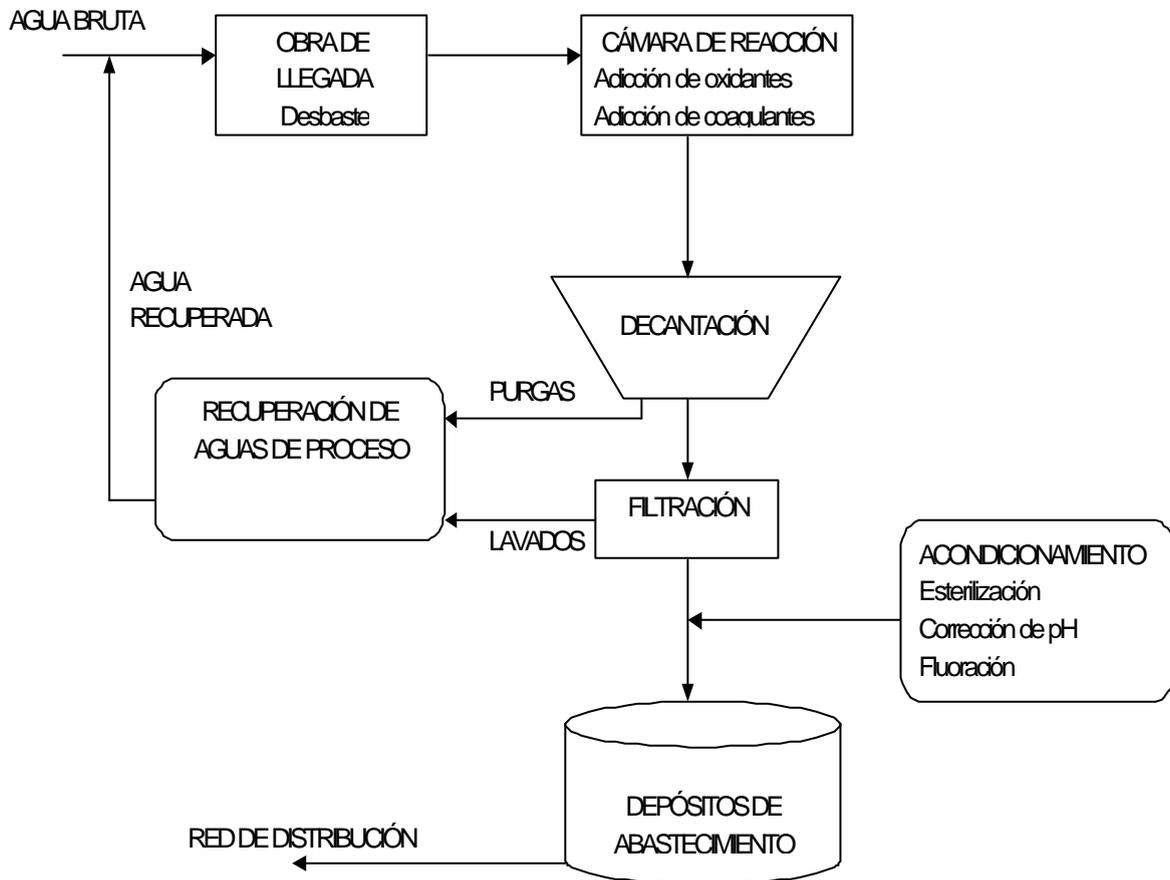
La energía eléctrica generada suele ser mucho mayor que la necesaria para nuestro consumo en el embalse, por esta razón, el excedente se transfiere a las redes eléctricas de la compañía suministradora de electricidad.

Los tres tipos de turbinas hidráulicas, que mejores resultados ofrecen son:

- Turbinas Pelton: También conocidas como turbinas de presión, son utilizadas para saltos de gran altura (más de 200 m), y caudales relativamente pequeños (menos de $10 \text{ m}^3/\text{s}$).
 - Turbinas Francis: Pueden utilizarse en saltos de distintas alturas, y dentro de una amplia gama de caudales, en función de la velocidad se dividen en lentas, para saltos grandes de altura (más de 200 m); normal, para alturas medias (entre 200 y 20 m); y rápidas, para pequeñas alturas (menos de 20 m).
 - Turbinas Kaplan: Son similares a las turbinas Francis, aunque de menor envergadura, se emplean para pequeños saltos de agua (menos de 50 m), con caudales medios y grandes.
-

4. PLANTA DE TRATAMIENTO

Una vez que el agua ha sido conducida a la planta, comenzará el tratamiento adecuado para su potabilización. El esquema que se presenta corresponde a un tratamiento completo, en los próximos apartados, iremos analizando cada una de las partes del proceso.



{ DIAGRAMA DE PROCESOS DE UNA ETAP }

4.1. OBRA DE LLEGADA Y PRETRATAMIENTO.

La entrada de agua bruta en la planta se produce en la obra de llegada, esta instalación, se puede proyectar de diversas maneras, la finalidad que se persigue en la obra de llegada, es la de homogenizar el agua que va a entrar en la planta.

Es posible, que a través de las rejas de desbastes, colocadas en los embalses, se cuelen pequeños peces, ramas, hojas, y otros sólidos que no son deseables, ya que pueden producir atascos en las distintas unidades de la planta. Por este motivo, lo primero que vamos a encontrar en la obra de llegada, son dispositivos mecánicos de desbastes, que retengan los arrastres de la conducción.

En función de la calidad del agua de entrada, será preciso colocar rejas de desbaste con pasos de gruesos o finos, tamices, e incluso desarenadores. La limpieza de estas rejas se puede hacer de forma manual, o automatizada, habrá que analizar la frecuencia de esta operación, y evaluar la conveniencia de adquirir una reja manual o una automática.

En el diseño de la obra de llegada, también se suele ubicar el aliviadero general de la planta, que estará dimensionado para ser capaz de asumir todo el caudal que pueda circular por la conducción de aducción. En caso de alguna contingencia en la planta que impidiese el tratamiento, cerraríamos la compuerta de entrada, y aliviaríamos el caudal que trae la conducción hacia el cauce en el que se haya proyectado.

La instrumentación que se ubica en la obra de llegada, nos va a informar de la calidad del agua de entrada. Sería básico colocar un caudalímetro, para conocer el caudal entrante, y ya si queremos conocer algún parámetro físico-químico del agua de entrada (temperatura, turbidez, pH, conductividad, etc...), este sería el lugar adecuado para instalar alguno de estos analizadores.

Como se decía en el primer párrafo de este punto, en la propia obra de llegada o cámara de mezcla, se puede iniciar la dosificación de reactivos. Por

este motivo, se requiere una homogenización del agua que circula por la obra de llegada.

Para facilitar una mezcla homogénea, se diseñan las cámaras con elementos que la favorezcan, pueden consistir en crear laberintos en el recorrido del agua, que aumentan el tiempo de contacto y facilitan la mezcla, en otros casos se disponen saltos de agua, aunque lo más eficaz será colocar agitadores mecánicos, que distribuidos a lo largo de la cámara nos dará el resultado deseado.

A continuación, vamos a analizar los distintos reactivos que serán usados en la primera fase del tratamiento, para ello, debemos aclarar que las sustancias que vienen disueltas en el agua, van a ser eliminadas principalmente mediante oxidación, mientras que las sustancias que vienen en suspensiones coloidales, requieren la adición de coagulantes para su eliminación posterior mediante sedimentación.

4.1.1. OXIDACIÓN

Los objetivos que se persiguen con la oxidación, son los siguientes:

- Eliminación de las sustancias que puedan venir disueltas en el agua, tanto minerales (Fe, Mn, etc,...), como orgánicas (ácidos, derivados amonio, etc,...).
- Eliminación de los olores y sabores, provocados por los compuestos orgánicos.
- Eliminación de organismos contaminantes en forma de gérmenes y patógenos causantes de enfermedades de transmisión hídrica.

Existen en el mercado diversos tipos de agentes oxidantes, a continuación, vamos a citar los más comunes, la elección del producto va a depender del tipo de contaminante que tengamos que oxidar, de la instalación de la que se dispone en la planta, y como no, de lo que estemos dispuestos a gastarnos.

- **a) aireación**

Es la manera más simple de oxidación, consiste en poner en contacto el agua con el oxígeno del aire, para ello se emplean elementos de oxidación, como pueden ser turbinas, también se pueden usar inyectores de aire conectados a un soplante o compresor. Si se quiere aumentar el rendimiento, se puede utilizar en lugar de aire, oxígeno puro.

Con esta técnica, tendremos buenos resultados en lo que se refiere a eliminación de olores, sabores, y oxidación de metales, sin embargo, no seremos capaz de eliminar los organismos patógenos, así como la mayoría de compuestos orgánicos.

- **b) permanganato potásico**

Con la utilización del permanganato potásico se consigue la oxidación de minerales como hierro y manganeso (con muy buen resultado), también se eliminan algunos compuestos orgánicos que producen olores y sabores en el agua, es bastante eficaz en la eliminación de algas, y también tiene propiedades bactericidas.

Al utilizar este reactivo, veremos que el agua se tiñe de un tono rojizo, en el punto de dosificación, poco a poco, y conforme va aumentando el tiempo de contacto, este color se va a ir degradando hasta desaparecer. El exceso de permanganato se va a degradar a dióxido de manganeso, y va a ser eliminado en el proceso de decantación y filtración.

También es importante señalar que la utilización de este oxidante no altera el pH del agua tratada.

- **c) cloro y derivados**

El cloro es utilizado en el proceso de potabilización con una doble finalidad: como agente oxidante, y como desinfectante. En este apartado hablaremos de sus cualidades como oxidante, cuando lleguemos al punto de desinfección, volveremos a tratarlo.

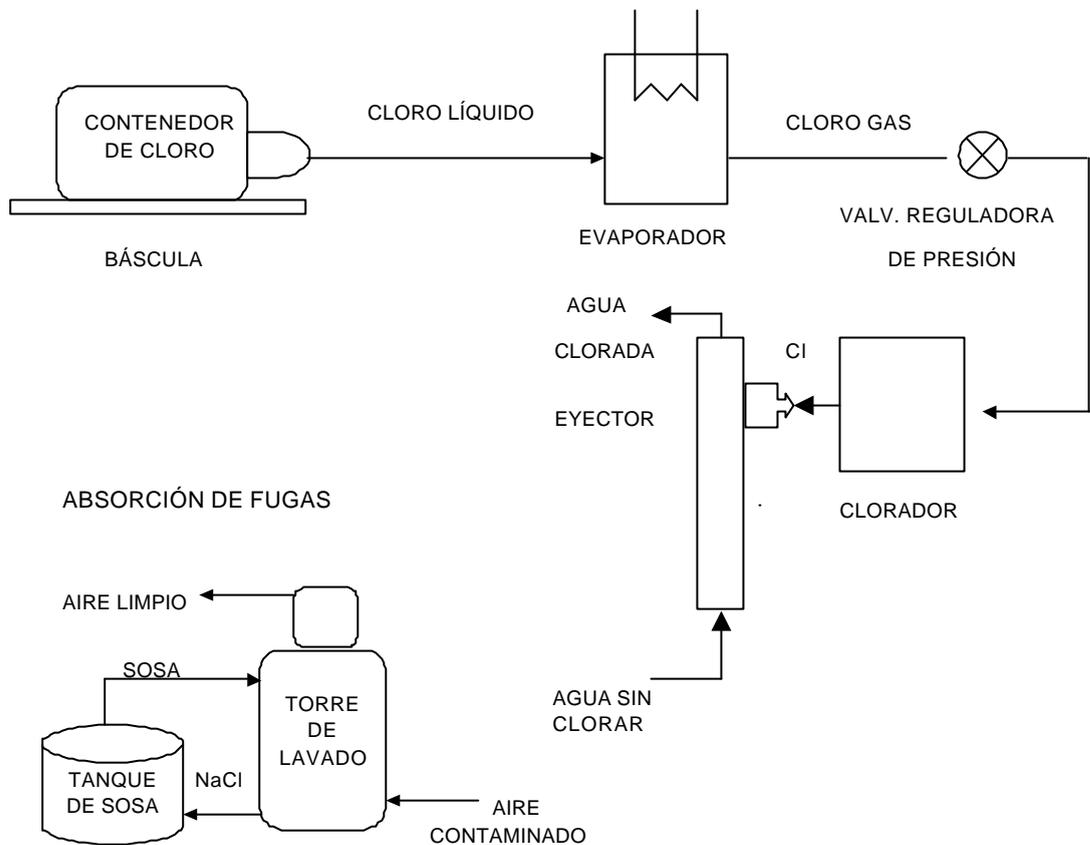
Comercialmente, el cloro se usa de diversas formas, las más comunes en el mercado son: cloro gas, hipoclorito, hipoclorito cálcico, dióxido de cloro, y cloraminas

El cloro oxida muy bien al amonio, formando cloraminas, tiene buen resultado como oxidante de la materia orgánica, los minerales también los oxida casi instantáneamente.

El cloro es un elemento con un alto poder oxidante, cuando destruye la materia orgánica e inorgánica, va a permanecer en el agua de dos formas, como cloro residual libre, y como cloro residual combinado.

En plantas de tamaño medio y grande, la dosificación de cloro se suele realizar con cloro gas, este cloro vendrá en contenedores de cloro líquido, la instalación necesaria para dosificar se presenta en este esquema:

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE DOSIFICACIÓN DE CLORO



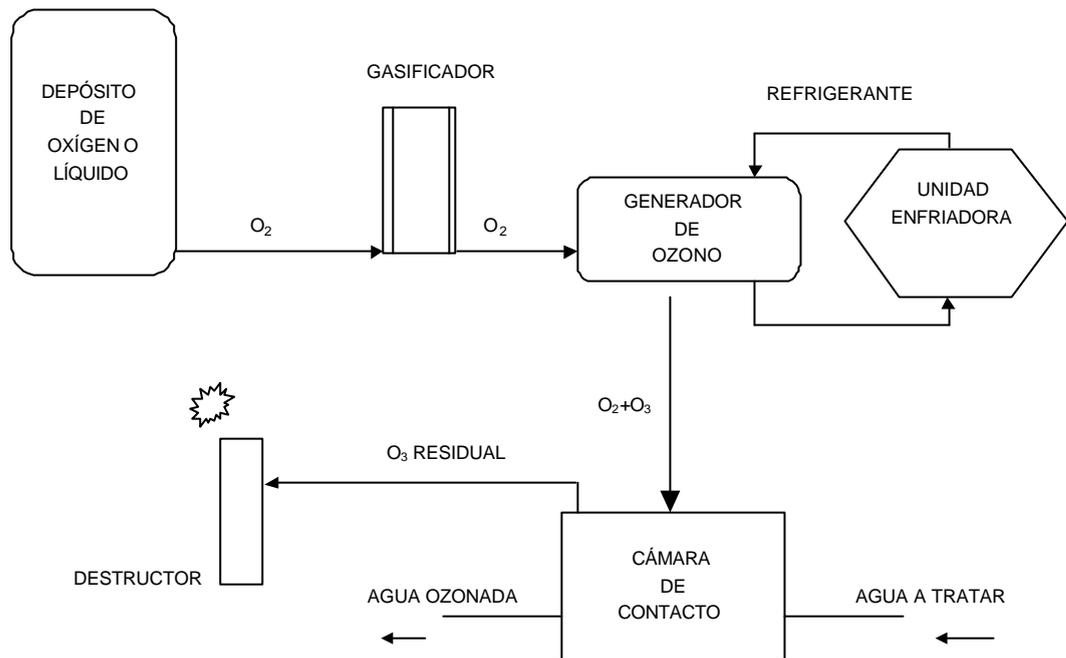
- d) ozono

De los agentes citados, es el de mayor poder oxidante, es capaz de oxidar casi todas las sustancias que lleva el agua, al igual que el cloro, también es utilizado como desinfectante.

Con respecto al cloro, el ozono es más oxidante (mejores resultados al oxidar a virus y bacterias), tiene las ventajas de no producir olores, sabores, ni los trihalometanos, que se forman al reaccionar el cloro con compuestos orgánicos. Los inconvenientes son que su dosificación requiere una mayor tecnología, y resulta más caro.

El ozono, es una forma alotrópica del oxígeno, el modo de generarlo en una planta, es a partir de oxígeno gas, normalmente se suministra en forma líquida, podemos representar una instalación de dosificación tal como se muestra en el siguiente esquema:

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE DOSIFICACIÓN DE OZONO



4.2. DECANTACIÓN

El objeto de la decantación es la eliminación de sólidos presentes en el agua, por la acción de la gravedad.

Existen partículas que por si solas van a sedimentar en el decantador, otras van a ir agrupándose formando flóculos, los cuales con ayuda de reactivos, los haremos más voluminosos y pesados, aumentando su velocidad de sedimentación, y favoreciendo su precipitación.

4.2.1. TIPOS DE DECANTADORES

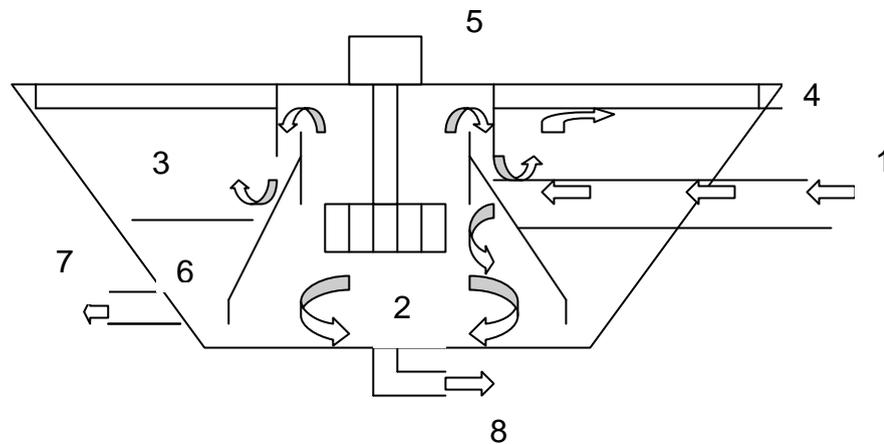
En tratamiento de aguas potables, el proceso de decantación se realiza principalmente en dos grupos de decantadores: decantadores de contacto de fango, y decantadores de lecho de fango.

a) Decantadores de contacto de fangos

Para aumentar el tamaño de los flóculos, en este tipo de decantadores, se pone en contacto el agua de entrada con parte de los fangos existentes, en lo que se denomina zona de reacción, consiguiéndose un engrosamiento de los sólidos que lleva el agua. El agua escapa de la zona de reacción, y en un sentido ascendente atraviesa la zona de decantación hasta salir por la superficie del decantador. El fango va a ir decantando por gravedad en el recorrido que sigue el agua, cuando su volumen sea adecuado, se irá extrayendo mediante purgas del decantador.

Para favorecer el proceso, se suele colocar en la zona de reacción o floculación, un agitador mecánico (hélice o turbina). También se suelen diseñar con una rasqueta que barre el fondo, y facilita la acumulación de fangos en la parte central del decantador, de donde al hacerse más denso, se extraerá más fácilmente con purgas.

Decantador de contacto de fango



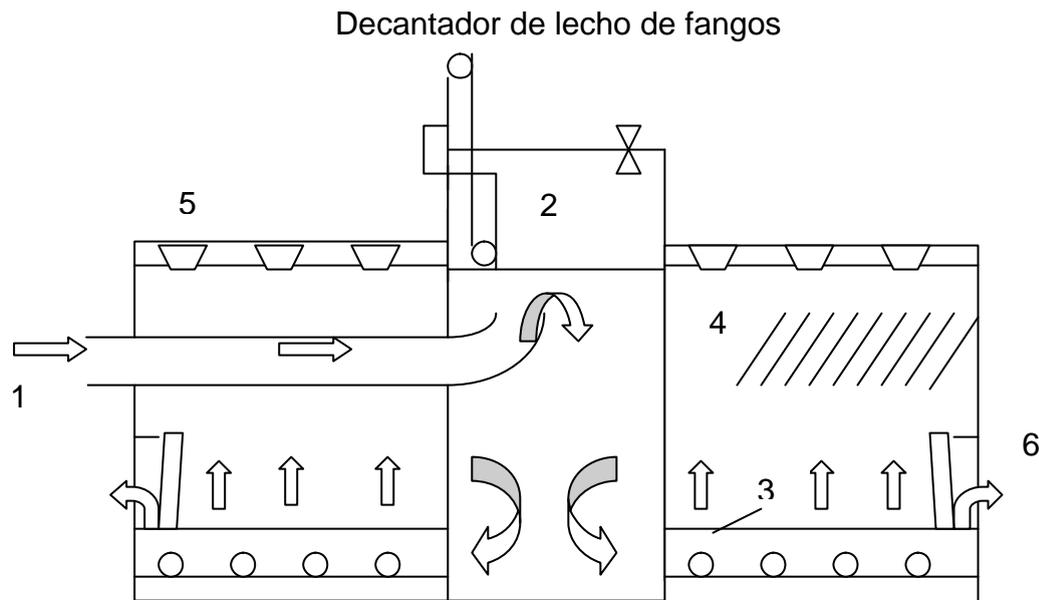
1. Entrada agua bruta
2. Zona de reacción
3. Zona de decantación
4. Salida de agua clarificada
5. Turbina de agitación
6. Concentrador de fangos
7. Purga de fangos en exceso
8. Purga de fondo

b) decantadores de lecho de fangos

En este grupo de decantadores, el agua en un sentido ascendente, va a ir atravesando una masa uniforme de fango, que va a permanecer en suspensión en el decantador. Esto permite que el lecho de fango actúe como zona de floculación, favoreciendo la retención de los sólidos que trae el agua bruta, por los flóculos integrantes del fango.

Su construcción básica, es la de un depósito de fondo plano, en el suelo se disponen unos tubos perforados que permiten la entrada de agua bruta al decantador de una forma uniforme, el agua como indicamos anteriormente recorre un sentido ascendente atravesando la manta de fangos, y saliendo del decantador por unas canaletas de recogida dispuestas en la superficie. Los fangos en exceso se extraen del decantador mediante purgas dispuestas en concentradores, donde la densidad del fango es mayor.

Para aumentar la superficie de contacto, se suelen colocar unos módulos laminares, placas o tubos de material plástico, inclinados 60° con respecto a la horizontal.



1. Entrada de agua bruta
2. Campana de vacío
3. Tuberías perforadas de reparto
4. Placas laminares
5. Canaletas salida de agua
6. Concentrador de fangos

4.2.2. COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

Para la eliminación de sustancias que vienen en el agua en forma coloidal, la decantación por gravedad, no resulta del todo efectiva, se requiere el aporte de unos reactivos que faciliten esta acción.

a) coagulación

El coagulante, se utiliza para desestabilizar la carga exterior de las partículas coloidales, evitando la repulsión entre ellas, y favoreciendo las reacciones entre ellas, formándose coágulos de mayor densidad, lo que acelera su decantación.

Los agentes coagulantes comúnmente utilizados, son las sales de hierro, y aluminio, que comercialmente se presentan en las formas: sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, polímeros de alúmina, cloruro férrico, y sulfato férrico.

Varios aspectos van a influir en el proceso de coagulación: calidad del agua bruta, agitación de la mezcla, dosis y tipo de coagulante. Para determinar la dosis y el tipo de coagulante para tratar nuestra agua, realizaremos ensayos de laboratorio (jar test), que mostrarán la calidad del agua una vez decantada, el volumen de fango producido, los tiempos de decantación, etc., con cada uno de los coagulantes seleccionados.

b) floculación

Los floculantes, o también llamados coadyuvantes, son productos que tienen la facultad de captar los coágulos formando entre ellos un entramado más voluminoso, pesado, y denso. De esta forma se aumenta la velocidad de sedimentación de los flocos formados.

Se pueden clasificar de distinta forma, según su naturaleza; en minerales u orgánicos, según su carga; en aniónicos, catiónicos o neutros, según su origen; en naturales o sintéticos. Al igual que en la elección del coagulante, para determinar el floculante idóneo, tendremos que recurrir a ensayos de laboratorio, jar test, que muestren resultados de diferentes productos y dosis de tratamiento para un mismo agua bruta.

4.3. FILTRACIÓN

Una vez que el agua ha sido decantada, para terminar el proceso de clarificación la haremos pasar por una etapa de filtración.

El proceso físico va a consistir, en hacer pasar el agua a través de un lecho filtrante, normalmente este lecho será de arena y grava de distinta granulometría, aunque también se puede optar, si se quiere un tratamiento más afino, por pasar el agua a través de un lecho de carbón activado, con esto no sólo retendremos la materia que aún queda en suspensión en el agua, sino que quedarán en el lecho partículas adsorbidas que podrían producir olores y sabores en el agua. Para evitar atascamientos, es importante que la retención de partículas se haga en el interior del lecho filtrante, y no en la superficie del lecho.

Dependiendo de las fuerzas que intervengan en el proceso de filtración, podemos distinguir entre filtros de gravedad, y filtros de presión, siendo los primeros más económicos de explotar y mantener.

Podemos hacer una clasificación de los tipos de filtros por gravedad, en función de la velocidad de filtración:

- Filtros lentos: La velocidad de filtrado es inferior a $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, estos filtros se utilizan para aguas poco turbias, que no han necesitado coagulación previa. Requieren una granulometría fina de la arena, las retenciones se van a producir principalmente en la superficie del lecho, por lo que tienen bajo uso para aguas potables.
- Filtros rápidos: La velocidad de filtrado es superior a $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, son los filtros usados normalmente en aguas potables, que previamente han pasado por un proceso de decantación y coagulación.

Cuando un filtro se satura, porque ha llegado a un nivel de lámina de agua máximo, habrá que limpiarlo, para que vuelva a tener capacidad de filtrado. El proceso de lavado, va a consistir en una inyección temporal de aire

y/o agua en contracorriente, haciendo que se desprendan los sólidos que han quedado retenidos en el lecho filtrante. El agua de estos lavados se puede llevar a cabecera de planta, o alguna instalación de aprovechamiento de las aguas.

4.4. ACONDICIONAMIENTO FINAL

Antes de pasar el agua a los depósitos o las redes de distribución, habrá que acondicionarla para asegurarnos que se cumple con la normativa de calidad, que dicta la reglamentación, para considerar el agua como potable.

En tratamientos previos, hemos conseguido eliminar partículas de distintos grosores, otras disueltas, y las que se encontraban en estado coloidal. Para conseguir estos objetivos, hemos adicionado al agua algunos reactivos, que han podido modificar el pH del agua, y que habrá que corregir. Por otra parte, la normativa va a exigir una concentración de flúor en el agua tratada, y también tendremos que aplicar un tratamiento de desinfección, que garantice la potabilidad del agua en todos los puntos de la red.

Vamos a ver cada uno de estos procesos, que tienen como finalidad garantizar la potabilidad del agua de salida.

4.4.1. AJUSTE DEL pH

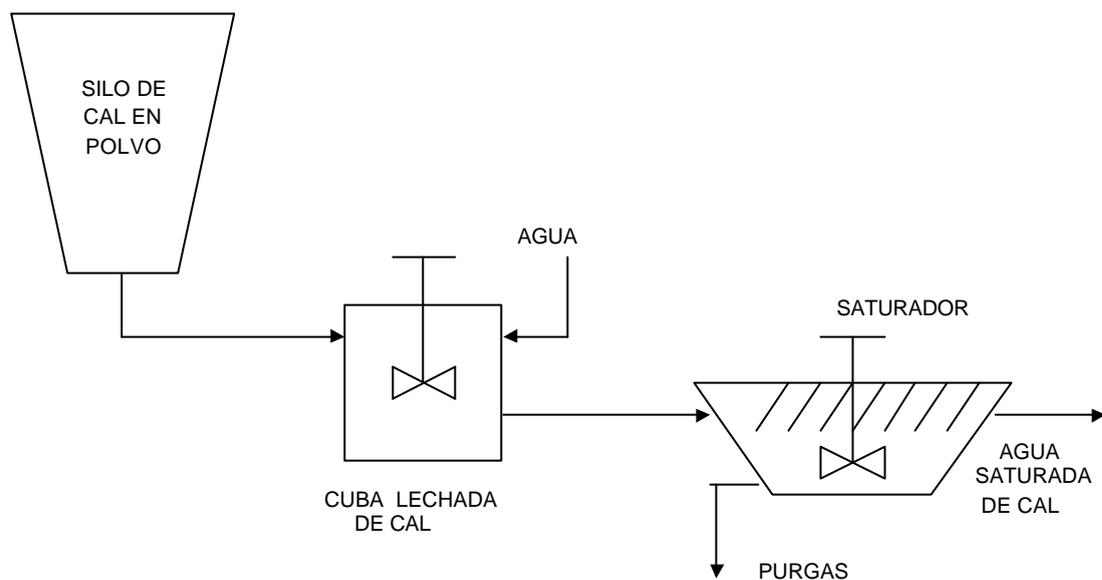
El pH del agua de salida, es necesario mantenerlo entre los valores guía que cita el reglamento ($6,5 < \text{pH} < 8,5$), para evitar tener un agua agresiva, que pueda producir corrosiones e incrustaciones en la red.

Para corregir el pH entre estos valores, utilizamos varios reactivos, que pueden dosificarse de forma líquida (en solución), o en polvo.

- Aumento de pH: Hidróxido sódico o cálcico, carbonato sódico.
 - Reducción de pH: Ácidos sulfúricos o clorhídrico, anhídrido carbónico.
-

Como vemos, existen muy variadas posibilidades para definir una instalación de ajuste de pH, dependiendo del reactivo que usemos, y del estado en el que se quiera dosificar, dispondremos de una instalación distinta, como ejemplo, se expone una instalación completa de dosificación de hidróxido cálcico en polvo, para aumentar el pH:

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE DOSIFICACIÓN DE HIDRÓXIDO CÁLCICO



4.4.2. DOSIFICACIÓN DE FLÚOR

En primer lugar, hay que aclarar que la dosificación de flúor, es un complemento en el proceso de potabilidad del agua, en algunos países se agrega por recomendaciones sanitarias.

Sabemos el efecto positivo que tiene el aporte de flúor en nuestros dientes para prevenir la caries, creando una capa que cubre nuestro esmalte haciéndolo más duro, a los ataques de los ácidos de la placa bacteriana que hay en nuestras bocas.

La regulación en cuanto a la obligatoriedad de dosificar flúor en el agua potable, cambia en nuestro país de una comunidad a otra. La reglamentación técnica sanitaria recomienda unos valores guía entre 0,7 y 1,2 ppm.

El agente más usado es el ácido fluosilísico (H_2SiF_6), o su sal sódica (Na_2SiF_6), que se puede suministrar en estado líquido, lo que hace más seguras las operaciones de almacenamiento y dosificación. Existen otros productos que también se pueden utilizar, el fluoruro sódico (NaF), y el fluoruro cálcico (CaF), aunque se suministran en polvo.

4.4.3. DESINFECCIÓN

El objetivo que se persigue con la desinfección, es eliminar los organismos patógenos que pueda llevar el agua, garantizando así sanitariamente su consumo.

Así se establece en la reglamentación técnica sanitaria, en el apartado de suministro y distribución de las aguas potables, donde se articula que las aguas potables de consumo público, deberán contener a lo largo de toda la red de distribución, y en todo momento, cloro residual libre o combinado, u otros agentes desinfectantes, en las concentraciones que determine la Administración.

Se pueden utilizar diversos agentes desinfectantes, su elección dependerá de diversos factores: tiempo de contacto, calidad del agua, e instalaciones y recursos disponibles. El desinfectante más generalizado para potabilizar el agua, es el cloro y sus derivados, a continuación, vamos a ver algunas características de cada uno de estos agentes:

a) cloro y sus derivados

El reglamento técnico sanitario, establece como valores guías, una concentración de cloro libre residual entre 0,2 y 0,6 ppm, en la red de distribución.

Comercialmente, el cloro se usa de diversas formas, las más comunes en el mercado son: cloro gas, hipoclorito, hipoclorito cálcico, dióxido de cloro, y cloraminas.

Como vimos en el apartado de oxidación, el aporte que se haga de cloro en el agua, en un primer momento va a oxidar la materia orgánica e inorgánica que lleve el agua. Si seguimos añadiendo cloro al agua, ésta reaccionará con algunos restos de compuestos orgánicos, formando cloraminas, que ya tienen una capacidad de desinfección, aunque débil, a esta forma de cloro en el agua se le denomina cloro residual combinado. Si continuamos añadiendo cloro, observaremos que todo el que se añade, aparece como cloro residual libre, el cual es un agente desinfectante muy activo.

Normalmente, el punto de dosificación de cloro suele ubicarse a la entrada de los depósitos de abastecimiento, y se tomarán lecturas para determinar las concentraciones tanto en los propios depósitos, como en la salida hacia las redes de distribución.

En la instalación de almacenamiento y dosificación de cloro, habrá que disponer de un sistema de neutralización de posibles fugas de cloro al ambiente, normalmente se disponen de torres de absorción, que consisten en unas torres de lavado (de platos o de relleno), donde se realiza un lavado en contracorriente del aire contaminado extraído de la sala, con hidróxido sódico, precipitando cloruro sódico, y obteniéndose un aire descontaminado.

En cuanto a los derivados del cloro usados como desinfectante: las cloraminas se usan poco porque tienen menor poder desinfectante, y por los subproductos que se originan.

El dióxido de cloro es necesario prepararlo in situ, con ácido clorhídrico e hipoclorito sódico, lo que supone un inconveniente al estar manipulándose varios reactivos químicos, sin embargo se aprecia su capacidad oxidante sobre aguas que contienen fenoles (a diferencia del cloro, no origina olores), y oxida muy bien a aguas cargadas de hierro y manganeso.

Los hipocloritos ofrecen el mismo resultado en desinfección que el cloro, la única diferencia es que elevan el pH del agua, originando más problemas de precipitados en los depósitos y las conducciones, por la alcalinidad que producen.

b) ozono

El ozono, como indicábamos en el apartado de oxidación, tiene un mayor poder oxidante que el cloro. Frente a éste, presenta las ventajas de no producir olores ni sabores que pueden originarse en los subproductos clorados, y además, resulta más eficaz en su acción desinfectante, debido a su mayor poder oxidante.

Su producción a partir de oxígeno, requiere una tecnología más costosa de instalar, explotar, y mantener que la de dosificación de cloro, de ahí que no esté tan implantado como agente desinfectante.

4.5. RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS DE PROCESO

En el proceso de potabilización, se generan unas aguas residuales que se pueden volver a integrar en cabecera de la planta, eliminando previamente los contaminantes que contengan. Este objetivo, se debe asumir, no sólo por minimizar las pérdidas de agua durante la fase de potabilización, sino por el cumplimiento de la legislación vigente de protección de los cauces públicos.

En la fase de potabilización, las aguas más cargadas van a proceder de las purgas que se dan a los decantadores, y que van a tener una concentración variable de sólidos, en función de la calidad del agua bruta, y del correcto funcionamiento de los decantadores. El agua procedente de los lavados de los filtros, ya sean de arena o de carbón, va a suponer un volumen a tratar más elevado, y en menos tiempo, sin embargo si el agua ha sido previamente coagulada y decantada, no suele tener mucha carga contaminante.

A la hora de diseñar una instalación de aprovechamiento de las aguas, previamente tendremos que caracterizar el agua que le va a llegar, y prever las puntas de cargas que suponen los lavados de filtros y purgas de decantadores, por este último motivo, resulta más práctico dimensionar una instalación que trabaje a un régimen estable, con un depósito o cámara de homogenización previa.

Dependiendo de la calidad del agua, se dispondrán las unidades necesarias, una planta tipo incorporará un desarenador, un tratamiento físico químico (coagulación, floculación), una decantación, y un tratamiento de la línea de fangos, que incluya espesador y deshidratación del mismo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Manual Técnico del agua. Degremont 4ª edición
 - Guías Para Manipulación y Uso Seguro del Cloro. Eurochlor Gest 92/169
 - Reglamentación Técnico Sanitario Aguas Potable Consumo Público. BOE nº 226
 - Real Decreto 140/2003, BOE nº 45 de 21/02/03
-