

Pretratamientos

Las operaciones de pretratamiento son las siguientes: desbaste, dilaceración, desarenado, pre-decantación, desaceitado, desengrase, tamizado, tratamiento de arenas y de desechos.

• Desbaste:

El desbaste tiene por objeto proteger a la estación de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación, separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua bruta, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos siguientes, o complicar la realización de los mismos.

La operación puede ser más o menos eficaz, según la separación entre los barrotes de la reja.

Pueden distinguirse:

desbaste fino, con una separación de 3 a 10 mm,

desbaste medio, con una separación de 10 a 25 mm,

predesbaste, con una separación de 50 a 100 mm.

Las rejas utilizadas en el desbaste pueden ser de limpieza manual, o de limpieza automática.

Una reja mecánica va normalmente protegida por una pre-reja de barrotes más espaciados (separación de 50 a 100 mm), prevista, generalmente, para limpieza manual, pero que deberá ser igualmente automática en el caso de instalaciones importantes, o si el agua bruta llega muy cargada de materias gruesas.

En caso de limpieza manual, debe calcularse ampliamente la superficie de la reja, para evitar la necesidad de intervenciones demasiado frecuentes, especialmente si la separación entre barrotes es inferior a 20 mm.

A. Rejas Manuales.

Están constituidas por barrotes rectos, de acero, a veces verticales y a veces inclinados con ángulos de 60 a 80 sobre la horizontal.

En instalaciones de tratamientos de aguas potables, de importancia pequeña o media, las coladeras perforadas de las bombas de agua bruta, pueden hacer, a veces, de reja. Algunas coladeras se limpian automáticamente, por caída brusca de agua a contracorriente, mediante distintos dispositivos, uno de los cuales consiste en un sifón de descarga automática, incorporado en el circuito.

B. Rejas mecánicas de limpieza por el lado de llegada del agua.

Rejas curvas: este tipo de reja está indicado especialmente en instalaciones de importancia media, cuando las aguas, a su vez, se encuentran medianamente cargadas. Se adaptan, sobre todo, a instalaciones relativamente poco profundas, y tienen la ventaja de presentar una gran superficie útil. La limpieza se realiza por uno o dos peines montados en el extremo de un brazo que gira alrededor de un eje horizontal.

Rejas rectas de limpieza alternativa: la zona enrejada se realiza con barrotes de sección rectangular o trapecoidal (que reduce el riesgo de atascamiento de las materias sólidas), y, generalmente, inclinada unos 80

sobre la horizontal, deteniéndose un poco por encima del nivel líquido máximo y prolongándose por un tablero.

Reja de cables, con garfio. Rejas rectas de limpieza continua: Este tipo de reja se utiliza en un desbaste fino, y debe emplearse con agua poco cargada en materias gruesas (o que se haya sometido previamente a un desbaste medio).

Caudales muy grandes:

Si el caudal es muy grande (superior a 30000 m³/h, por ejemplo) y el agua es poco cargada, puede efectuarse el desbaste mediante una reja móvil, de la que sólo se utiliza una parte, y que se desplaza lateralmente después de cada operación. Pueden servir, para ello, las rejas de cables, de rastrillo o de

garfio.

C. Rejas mecánicas e limpieza por el lado de salida.

Este tipo de reja se utiliza generalmente con aguas residuales, y es capaz de eliminar grandes cantidades de materias sólidas, por medio de varios rastrillos-peines movidos por un mecanismo de cadenas sin fin, montado aguas abajo del campo de reja.

El campo de reja, vertical o inclinado (60 a 80° sobre la horizontal), se prolonga necesariamente hasta el punto de ventido de los residuos; la necesidad de darle una rigidez suficiente limita su profundidad de instalación. Según los modelos, los residuos se evacúan, aguas arriba o aguas abajo de la reja, a un recipiente amovible o a una cinta transportadora.

Velocidad de paso y pérdida de carga. Atascamiento

La velocidad de paso a través de la reja debe ser suficiente para que las materias en suspensión se apliquen sobre la reja, sin que se provoque una pérdida de carga demasiado fuerte, ni se produzca un atascamiento en la parte profunda de los barros. De acuerdo con ello, se establecerá una velocidad aceptable entre los caudales mínimo y máximo. Generalmente, se adopta una velocidad media de paso entre barros comprendida entre 0,60 y 1,00 m/s, pudiendo llegarse hasta 1,20 y 1,40 a caudal máximo.

• Dilaceración.

Esta operación se aplica en especial, a las aguas residuales. Tiene por objeto «desintegrar» las materias sólidas arrastradas por el agua. Estas materias en lugar de separarse del efluente bruto, se trituran y continúan en el circuito del agua hacia las siguientes fases del tratamiento.

• Desarenado.

El desarenado tiene por objeto extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales más o menos finas con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes.

El desarenado se refiere normalmente a las partículas superiores a 200 micras.

Una granulometría inferior corresponde a los procesos de pre-decantación o decantación.

Al estudiarse una toma de agua, debe evitarse al máximo el arrastre de arena. Si las condiciones locales no lo permiten, será preciso prever un desarenador, a menos que se admita la recuperación de la arena en otro

elemento de la planta. En el caso particular de que se incluya en la instalación un predecantador, se podrán eliminar solamente las partículas de dimensiones superiores a 0,3 mm de diámetro, en un canal desarenador con vaciado por caída hidráulica.

Cálculo de las dimensiones de los desarenadores: son generalmente rectangulares, del tipo canal.

Su superficie horizontal se calcula en función de la velocidad de sedimentación V_c de las partículas de menor tamaño que deben retenerse, y del caudal máximo que circulará por el mismo:

Superficie horizontal = caudal máximo/Velocidad V_c de la partícula menor a retener

Su sección transversal es función de la velocidad horizontal de flujo deseada. Esta velocidad será superior a la velocidad crítica de arrastre de las partículas depositadas, si se desea efectuar una evacuación hidráulica de la arena, e inferior si se prevé una evacuación por barrido de fondo.

En este caso, se trata de separar la arena de otras materias presentes en el agua, en especial materias orgánicas, de forma que la arena retenida no arrastre materias contaminadas, lo que, generalmente, es muy difícil. La arena que se extrae contiene siempre una cierta proporción de materia orgánica, que sedimenta al mismo tiempo. La separación de estas materias se realiza adoptando una velocidad de barrido de 0,30 m/s aproximadamente.

Principales tipos de desarenadores.

Se utilizan, por orden creciente de importancia y de eficacia:

A.Canales desarenadores simples en los cuales la velocidad de flujo varía con el caudal. Se utilizan en pequeñas instalaciones de depuración. La arena se extrae manualmente de un canal longitudinal, con una capacidad de almacenamiento de 4 a 5 días aproximadamente.

B.Canales desarenadores con velocidad de flujo constante (del orden de 0,30 m/s) provistos de 1 o, mejor, 2 canales equipados con un vertedero de salida de ecuación lineal (altura de agua proporcional al caudal). Generalmente, van provistos de un canal de almacenamiento, de limpieza manual, pero pueden estudiarse con un transporte hidráulico de la arena hacia una tolva que lleva un dispositivo mecánico de extracción. Tiempo de permanencia: 1 a 2 minutos, aproximadamente.

C.Desarenadores circulares, con alimentación tangencial, o agitación mecánica, o, mejor aún, inyección de aire, en los cuales la velocidad de barrido de fondo creada se mantiene sensiblemente constante, cualquiera que sea el caudal. La arena, almacenada en una tolva central, se extrae mediante una bomba o por un emulsor de aire, y se envía a un compartimiento de secado por gravedad. Tiempo de permanencia: 2 a 3 minutos, aproximadamente.

D.Desarenadores rectangulares aireados,

en los cuales el aire que se inyecta provoca una rotación del líquido, y crea una velocidad constante de barrido de fondo, perpendicular a la velocidad de paso, la cual, mucho menor, puede entonces variar sin que provoque ningún inconveniente. El aire inyectado, además de su papel motor, favorece, por su efecto de agitación, la separación de las materias orgánicas que pueden quedar adheridas a las partículas de arena.

Cuando los predecantadores trabajan como decantadores, su velocidad ascensional varía entre 2 y 6 m/h en función del contenido de materias en suspensión que se desee obtener a la salida, la naturaleza de las materias que han de retenerse y según que se utilicen reactivos o no.

El tiempo de contacto depende de la carga de materias en suspensión, de sus características de compresión y de la concentración final que se desea en la extracción, y varía, generalmente, entre 1 hora y 2 horas.

Cuando es elevada la carga de materias en suspensión, o cuando su velocidad de compresión es lenta, los predecantadores deben considerarse como espesadores de fangos. En tal caso, la velocidad ascensional es menor (entre 2 m/h y 0,50 m/h, y a veces menos) y el tiempo de contacto se encuentra comprendido entre 2 y 5 horas.

El rendimiento de clarificación de un predecantador varía de un 50 a un 65 % sin adición de reactivos, pudiendo llegar hasta un 75 a 98 % con una dosis adecuada de floculante en general, del orden de la tercera parte de la determinada por el Jar-Test. Cuando se alcanza el umbral de decantación frenada, hay que aplicar dosis crecientes de polielectrólitos, lo que rápidamente limita el empleo del agua a usos industriales; en efecto, en relación con las aguas potables, algunas reglamentaciones únicamente autorizan dosis muy pequeñas de polielectrólitos (del orden de 1 mg/l).

Al igual que los decantadores, los predecantadores son de forma rectangular o circular. Los fangos se extraen: sin rascado, por extracción gravitaria, a partir de tolvas incorporadas,

sin rascado, mediante bombas aspirantes montadas sobre un puente grúa de corredera, de movimiento alterno, que se desplaza a una velocidad del orden de 1 a 3 cm/s. El puente puede ir equipado con una bomba de inyección de agua destinada a provocar el desprendimiento de la masa de fango depositada hacia la aspiración de las bombas aspirantes,

con rascado, a partir de una o de varias fosas, por extracción gravitaria, o por bombas fijas.

• **Desaceitado. Desengrase.**

Los problemas de desaceitado y de desengrase de las aguas son de varios tipos

desaceitado de aguas de superficie, antes de su tratamiento,

desengrase de aguas residuales urbanas, antes de su vertido al alcantarillado, desengrase como pretratamiento en una estación depuradora de aguas residuales urbanas,

desaceitado de aguas residuales de refinería de petróleo y petroquímicas,

desaceitado de aguas condensadas, para su reutilización en una caldera

El desaceitado es una operación de separación líquido-líquido, en tanto que el desengrase es una operación de separación sólido-líquido (siempre que la temperatura del agua sea suficientemente baja para permitir la coagulación de las grasas).

Los aceites y grasas, generalmente más ligeros que el agua, tienden a subir a la superficie. Por ello, todo dispositivo en el que se reduzca la velocidad de flujo, y que ofrezca una superficie tranquila, actúa como separador de grasa y aceite.

• **Tamizado.**

El tamizado es una filtración sobre soporte delgado, que se utiliza en numerosos campos del tratamiento del agua. Según las dimensiones de los orificios de paso del soporte se distinguen dos variantes:

el macrotamizado (sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,3 mm) se emplea para retener ciertas materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, insectos, ramas, algas, hierbas, etc..., de tamaño comprendido entre 0,2 mm y algunos milímetros.

el microtamizado (sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras) se utiliza para retener materias en suspensión de muy pequeñas dimensiones, contenidas en las aguas de abastecimiento (plancton) o en aguas residuales pretratadas.

Los aparatos de macrotamizado utilizables en pretratamiento pueden clasificarse en:

aparatos instalados a ras del agua, con pequeña pérdida de carga: macro-tamices rotatorios, tamices fijos con rasquetas, aparatos necesariamente alimentados por bombeo: tamices de auto-limpieza, estáticos o rotatorios, filtros mecánicos.

A. Macrotamices rotatorios

Estos aparatos, utilizables con aguas de abastecimiento o de riego, o con aguas residuales poco cargadas, se presentan en forma de un tambor cilíndrico, de eje horizontal, cuando el nivel líquido varía relativamente poco, o en forma de una banda rotatoria sobre cadenas sin fin, cuando el nivel líquido sufre grandes variaciones (que pueden alcanzar varios metros).

Pueden tratar caudales desde algunas centenas de litros por segundo, a más de 10 m³/s.

El tamizado se efectúa a través de un cierto número de paneles filtrantes intercambiables, constituidos por un enrejado generalmente metálico (hilo de bronce o de acero inoxidable) fijo sobre un cuadro rígido.

B. Tamices fijos con rasquetas

Algunas aguas residuales industriales (mataderos, fábricas de conservas, etc.) deben someterse a un tamizado antes de introducirlas en las instalaciones de depuración.

C. Microtamiz rotatorio. Tratamiento de agua potable de AIRE-sur-La- LYS.

Se efectúa esta operación con tamices de limpieza mecánica. Las materias en suspensión se retienen sobre una tela perforada, fija, de acero inoxidable, con orificios de 2 a 5 mm de diámetro; se recogen mediante rasquetas o cepillos fijos sobre cadenas sin fin (para tamices rectos inclinados a unos 45 a 60° sobre la horizontal) o sobre brazos giratorios (para tamices curvos) y se evacúan, por medio de un limpiador basculante, hacia un canal de recogida.

D. Tamices de autolimpieza, estáticos o rotatorios:

Estos aparatos, cuya finura de tamizado es de 0,25 mm a 2 mm, se utilizan igualmente en aguas residuales, especialmente las procedentes de industrias de la alimentación.

Los tamices estáticos llevan una reja, constituida por barras horizontales, de acero inoxidable, rectas o curvadas, de sección triangular. El agua se distribuye en la parte superior de la reja, cuya inclinación sobre la horizontal disminuye progresivamente de arriba abajo, entre 65° y 45°, aproximadamente. Se obtienen así, sucesivamente, los efectos de separación, escurrido y evacuación de las materias sólidas.

• Coagulación y Floculación.

La pequeña dimensión de las partículas coloidales presentes en un agua, así como la existencia de cargas

negativas repartidas en su superficie, dan lugar a una gran estabilidad de las suspensiones coloidales.

En el campo del tratamiento de aguas, la coagulación es, por definición, el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales, que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. Se llama coagulante al producto utilizado para esta neutralización.

La agrupación de las partículas descargadas, al ponerse en contacto unas con otras, constituye la floculación, que da lugar a la formación de flóculos capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento del agua. Algunos productos pueden favorecer la formación del flóculo; a éstos se les llama floculantes.

La separación sólido-líquido, del flóculo formado y del agua, puede hacerse por filtración, por decantación o flotación, seguidas o no de filtración.

La coagulación y la floculación intervienen generalmente en el tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento público y en la preparación de aguas industriales de fabricación. Con estos procedimientos se consigue la neutralización de los coloides del agua y su adsorción en la superficie de los precipitados formados en el proceso de floculación. También pueden adsorberse sobre el flóculo ciertas sustancias disueltas (materia orgánica, contaminantes diversos...).

• Coagulation

La coagulación consiste en introducir en el agua un producto capaz de neutralizar la carga de los coloides generalmente electronegativos, presentes en el agua, de formar un precipitado.

Este producto se conoce con el nombre de coagulante.

Principales coagulantes

Los coagulantes principalmente utilizados son sales de aluminio o de hierro. En algunos casos, pueden utilizarse igualmente productos de síntesis, tales como los polielectrólitos catiónicos.

La sal metálica actúa sobre los coloides del agua por medio del catión, que neutraliza las cargas negativas antes de precipitar.

Al polielectrólito catiónico se le llama así porque lleva cargas positivas que neutralizan directamente los coloides negativos. Los polielectrólitos catiónicos se emplean generalmente junto con una sal metálica, en cuyo caso permiten una importante reducción de la dosis de dicha sal que habría sido preciso utilizar.

Puede llegarse incluso a suprimir completamente la sal metálica, con lo que se consigue reducir notablemente el volumen de fango producido.

Introducción del coagulante.

Teniendo en cuenta que la neutralización de los coloides es el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es conveniente que el reactivo utilizado se difunda con la mayor rapidez posible.

En efecto, el tiempo de coagulación es extraordinariamente breve (inferior al segundo) y la utilización óptima del coagulante exige que la neutralización de los coloides sea total antes de que una parte del coagulante haya comenzado a precipitar (por ejemplo, en forma de hidróxido metálico).

No son indispensables los mezcladores rápidos cuando se utiliza un decantador por contacto de fango,

mientras que sí lo son en caso de floculación difusa.

- **Floculación**

El coagulante introducido da lugar a la formación del flóculo, pero es necesario aumentar su volumen su peso y sobre todo su cohesión. Se favorecerá el engrosamiento del flóculo por medio de:

una coagulación previa tan perfecta como sea posible,

un aumento de la cantidad del flóculo en el agua; conviene poner el agua en contacto con los precipitados ya formados por el tratamiento anterior

(recirculación de fangos lecho de fango), tratando de conseguir la mayor concentración posible,

una agitación homogénea y lenta del conjunto, con el fin de aumentar las posibilidades de que las partículas coloidales descargadas eléctricamente se encuentren con una partícula de flóculo,

el empleo de ciertos productos llamados floculantes.

Los floculantes pueden clasificarse por su naturaleza (minera u orgánica), su origen (sintético o natural) o el signo de su carga eléctrica (aniónico, catiónico o no iónico).

Práctica de la floculación

La floculación será tanto mejor cuanto más eficaz sea la coagulación previa. El coagulador, en el que tiene lugar la agitación rápida, va seguido de un floculador, en el que se mantiene una agitación lenta durante 5 mm (agua residual muy cargada), o durante un tiempo mucho mayor en tratamiento de agua de

abastecimiento público.

Esta agitación lenta puede tener lugar en un floculador separado, o bien en el interior del decantador propiamente dicho. En este caso, pueden utilizarse turbinas de recirculación, o la acción del propio lecho de fango.

Floculadores:

La floculación se efectúa en este caso en depósitos provistos de sistemas de agitación que giran con relativa lentitud para no romper los flóculos ya formados, pero con la velocidad suficiente para conseguir el engrosamiento progresivo del flóculo e impedir que se formen sedimentos sobre el fondo del depósito.

El volumen de la cuba de floculación debe ser el necesario para que se consiga el tiempo de floculación determinado mediante ensayos de laboratorio.

Los sistemas de agitación utilizados pueden estar constituidos por hélices especialmente estudiadas con este fin, o por un conjunto de palas fijadas sobre un eje giratorio, vertical u horizontal. Es conveniente obtener en el floculador un gradiente de velocidad comprendido entre 20 y 50s-1.

Tratamientos específicos de eliminación y corrección de aguas naturales.

- **Eliminación de hierro y manganeso.**

El hierro y el manganeso deben eliminarse de las aguas de consumo, por diversas razones:

causas de corrosión o de obstrucción de las tuberías (directamente. Por precipitación y formación de depósitos, o indirectamente, favoreciendo el desarrollo de bacterias específicas); aspecto del agua; sabor metálico; inconveniente en el lavado de la ropa.

Igualmente, son indeseables estos elementos en numerosas aguas de fabricación, en especial en industrias lecheras, papeleras o textiles. En las aguas de superficie, el hierro y el manganeso se encuentran generalmente en estado oxidado y precipitado, por lo que se eliminan por tratamientos clásicos de clarificación.

En aguas profundas desprovistas de oxígeno, se presentan en forma reducida (estado de oxidación + 2) y disueltas.

- **Tratamiento por oxidación y filtración.**

Esta técnica es la que se utiliza con mayor frecuencia, especialmente para aguas de pozo. Eventualmente puede añadirse un cierto número de tratamientos suplementarios, tales como: corrección de pH, oxidación química, decantación, etc. Siempre es necesario airear un agua de origen profundo, desprovista de oxígeno, aun cuando se utilice igualmente un oxidante químico.

- **Desferrización simple sin decantación (aeración~filtración)**

Principio: este proceso se refiere a aguas brutas cuyo contenido máximo en hierro es de 5mg/l y que no presentan otras características desfavorables: manganeso, color, turbiedad, ácidos húmicos, tolerándose no obstante un pequeño contenido de amoníaco y una agresividad carbónica moderada. En algunos casos, podrán tratarse de igual forma aguas cuyo contenido en hierro llegue hasta 10 mg/l.

La primera parte del tratamiento de desferrización se basa en una oxidación del hierro bivalente por el oxígeno del aire. Esta aeración puede hacerse: a la presión atmosférica, en instalaciones por gravedad; a presión, por inyección de aire comprimido en unas torres de oxidación rellenas de materiales de contacto (normalmente, lava volcánica).

- **Eliminación de hierro y manganeso por aeración, decantación y filtración.**

La eliminación de manganeso puede exigir modalidades especiales en ciertos casos:

empleo de Ozono: la torre de contacto agua-ozono sustituye, en principio, a la aeración clásica examinada anteriormente; sin embargo, puede ser conveniente realizar una pre-aeración, utilizando el aire procedente de la torre de contacto, en la que quedan trazas de ozono utilizables. Por otra parte, en este tratamiento puede formarse permanganato, si existe un exceso de ozono; para evitar una ligera tonalidad rosácea del agua tratada, será preferible filtrar el agua oxidada a través de antracita (en filtro monocapa o bicapa) o de carbón activo, en lugar de a través de arena; aguas que no contienen manganeso: para eliminar correctamente el dióxido de manganeso formado en la oxidación, puede ser necesario realizar una coagulación- floculación y una filtración bicapa (antracita + arena). También pueden conseguirse excelentes resultados si, previamente, se ha revestido el material filtrante de una capa de dióxido de manganeso: en tal caso, puede practicarse el mismo tipo de tratamiento que se efectúa a través de zeolitas o arenas verdes.

- **Neutralización-Remineralización.**

Si un agua natural o tratada no se encuentra en equilibrio carbónico y contiene gas carbónico agresivo, debe preverse su neutralización.

Esta neutralización se realiza por aeración, por adición de reactivos alcalinos (cal, sosa, carbonato sódico) o por filtración sobre productos alcalinotérreos (mármol, Neutralite, Akdolite, Magno, etc.). Estos tratamientos,

con excepción de la aeración, dan lugar a un incremento de la mineralización del agua. Si esta mineralización es insuficiente para evitar que el agua sea corrosiva frente a las conducciones metálicas, aunque se encuentre en equilibrio carbónico, debe efectuarse una mineralización complementaria.

Normalmente, la aeración se practica a la entrada de la instalación, en tanto que la neutralización química por reactivo alcalino puede efectuarse:

a la salida de la instalación, al final del tratamiento;

parcialmente a la entrada (ajuste del pH de floculación, por ejemplo), con introducción del complemento de tratamiento a la salida de la instalación;

con menor frecuencia, totalmente a la entrada de la instalación.

Por lo que se refiere a la remineralización, se hace normalmente al final del tratamiento (en el caso de aguas dulces o que hayan sufrido un tratamiento de desalinización por ósmosis inversa u otro procedimiento).

- **Descarbonación-Desendurecimiento.**

Para reducir la dureza del agua, debida generalmente a un exceso de calcio, puede efectuarse un desendurecimiento por resinas intercambiadoras de iones, o por descarbonación con cal.

A. Desendurecimiento con resinas: este tratamiento se aplica exclusivamente a aguas claras o clarificadas.

En el abastecimiento público de agua, sólo está autorizado el empleo de resinas catiónicas del tipo sulfónico; en Francia, las resinas aniónicas no están admitidas oficialmente.

Las resinas catiónicas intercambian sus iones sodio con los iones calcio del agua. No se modifica su grado alcalimétrico ni su contenido en sulfatos y cloruros; la mineralización cálcica es sustituida por una mineralización sódica.

Se obtiene así agua con un grado hidrotimétrico nulo, que no es agradable para la bebida. Es preferible mantener un cierto TH residual (8 a 15 °F), desendureciendo únicamente una parte del caudal, que se mezcla, a continuación, con el caudal restante.

B. Desendurecimiento por descarbonación con cal:

Cuando un agua es dura (fuerte grado hidrotimétrico) y presenta además un grado alcalimétrico completo (TAC) elevado, puede desendurecerse por descarbonación con cal. Esta descarbonación puede efectuarse: de forma catalítica, en un Gyrazur, si no es necesario realizar una clarificación simultánea y si el contenido de magnesio es bajo;

en un decantador, en los casos restantes.

Se utiliza, como reactivo de clarificación, cloruro férrico. El sulfato de alúmina, al pH del tratamiento, daría lugar a una solubilización de la alúmina que podría flocular más adelante.

En este tratamiento, y por las mismas razones indicadas anteriormente, es necesario, en el caso de un agua potable:

- **Eliminación de sulfatos y cloruros.**

A. Electrodiálisis , en el que, por medio de membranas especiales y bajo la acción de una corriente eléctrica, se divide el agua a tratar en dos partes: una solución salina concentrada y un agua parcialmente desmineralizada. Este procedimiento sólo se aplica en el caso de aguas poco salobres ya que la capacidad de caudal de las membranas disminuye cuando aumenta la salinidad del agua que debe tratarse. Sólo es económico cuando se trata de agua cuya salinidad sea inferior a 3 g/l que lleva a 0,5 g/l. Cuanto menos salina es el agua, mayor es el consumo de corriente, debido al incremento de resistividad del agua desmineralizada. Por ello, este procedimiento apenas se utiliza para tratar aguas con una salinidad inferior a 0,5 g/l. La electrodiálisis puede aplicarse a caudales que pueden llegar a varios millares de m³/día.

B. Ósmosis inversa: en este caso, el agua pura atraviesa las membranas bajo la acción de una presión superior a la presión osmótica. Otra diferencia fundamental: puede tratarse un agua de salinidad inferior a 500 mg/l con un grado muy fuerte de reducción de su mineralización (e independientemente de la salinidad inicial) y un gasto muy pequeño de energía. Este procedimiento se adapta lo mismo a las aguas muy concentradas, como es el agua de mar, que a las poco salinas cuya calidad se quiere mejorar.

- **Fluoración y eliminación del fluor.**

Se considera, generalmente, que un contenido pequeño de flúor en el agua de abastecimiento (0,4 a 1 mg/l) favorece la formación del esmalte dental y protege los dientes contra la caries.

Por el contrario, un exceso de flúor produce la destrucción del esmalte dental y un conjunto de alteraciones de carácter endémico, que se agrupan bajo el nombre de «fluorosis»: deformaciones dentales, manchas del esmalte, descalcificación, mineralización de los tendones, molestias digestivas y nerviosas, etc. Estos defectos se manifiestan, según los individuos, con unos contenidos muy variables de flúor en el agua. Es necesario desechar o tratar las aguas que contengan más de 1 a 1,5 mg/l, expresado en flúor.

- **Eliminación de nitrógeno y sus compuestos.**

El ion amonio (NH₄⁺), indeseable en un agua de bebida, no siempre es fácil de oxidar. Si se encuentra presente en pequeña cantidad, puede utilizarse cloro para transformarlo en cloramina. Pero, como es necesario utilizar una dosis de cloro de unas 10 veces la dosis de amoniaco expresada en nitrógeno, no es posible este procedimiento cuando el contenido empieza a ser importante.

El dióxido de cloro y el ozono no ejercen acción alguna sobre el ion amonio.

Puede conseguirse la nitrificación en filtros secos, en presencia de hierro y manganeso. También puede conseguirse por aeración en torres de contacto que contengan puzolana, en las que se desarrollan bacterias nitrificantes si se añade una pequeña dosis de nutriente fosfatado.

Una preaeración en cabeza de un decantador que funcione sin precloración (puesto que el cloro es un veneno para las bacterias nitrificantes) o a la entrada de filtros que funcionen a poca velocidad, da lugar a una nitrificación parcial cuyo proceso puede completarse por reinyección en el suelo de un agua aireada de nuevo y recogida a continuación, después de una percolación bastante larga. Los nitritos, intolerables en un agua de bebida, se transforman fácilmente en nitratos por la acción de un oxidante (cloro u ozono).

Cuando, en un agua destinada al consumo humano, los nitratos sobrepasan el valor fijado por las normas, es indispensable prever un tratamiento que asegure su eliminación: pueden utilizarse ciertas resinas; también puede adoptarse un tratamiento de desnitrificación biológica. Cuando la mineralización del agua exige un tratamiento por ósmosis inversa, se eliminan igualmente los nitratos. Por otra parte, se recomienda vigilar cuidadosamente la desinfección de un agua cuya concentración en nitratos tiende a aumentar.

- **Eliminación de algas y plancton.**

Eliminación de algas.

Las algas se desarrollan especialmente, bajo la influencia de la luz solar, en depósitos abiertos, decantadores, piscinas, etc. El ácido carbónico libre es indispensable para su desarrollo.

Pueden eliminarse las algas, o limitar su proliferación, con sulfato de cobre (2 a 3 g/m³), o por una desinfección con cloro-cobre. Desgraciadamente el cobre es tóxico para los peces y no existe un tratamiento que elimine las algas sin perjudicar a los peces.

Eliminación del plancton.

El plancton es el conjunto de pequeños organismos animales (protozoos gusanos, crustáceos, larvas, insectos, etc.) y vegetales (algas) que viven en suspensión en el agua. Sus dimensiones son muy variables y pueden estar comprendidas entre 1 micra y varios milímetros. Para eliminar el plancton, pueden utilizarse los siguientes procedimientos:

Microtamizado: puede efectuarse una filtración sobre un microtamiz si el agua sólo contiene algas y no presenta valores considerables de turbiedad, coloración, materia orgánica, etcétera.

El paso de malla de las telas debe adaptarse a las especies que se quiere eliminar; generalmente está comprendido entre 10 y 40 micras.

Oxidación: Todos los oxidantes desinfectantes (cloro, dióxido de cloro, ozono) destruyen el plancton si se mantiene un contenido residual suficiente durante un cierto tiempo (variable según las especies). Es necesario, sin embargo, prever a continuación un medio de retención mecánica para eliminar los residuos (corpúsculos muertos).

Tratamiento completo: Si se quiere eliminar por completo el plancton, debe efectuarse conjuntamente una precloración (para matar los organismos anular su actividad en la arena de los filtros) y una coagulación.

• Eliminación de materias orgánicas.

La eliminación óptima de las materias orgánicas definidas por la medida de la oxidabilidad al permanganato potásico, constituye siempre el problema más delicado de resolver y el que exige la elección de los tratamientos más adecuados. Esta eliminación está limitada entre el 10 y 30 % del contenido del agua bruta, cuando se efectúa una oxidación química (aun con ozono), o una coagulación parcial sobre filtro. Con una buena coagulación-floculación-decantación pueden conseguirse rendimientos de eliminación del 40 al 70 %. Inyectando, eventualmente, carbón activo en polvo en el decantador.

Puede conseguirse la eliminación de la mayor parte de la fracción restante por filtración a través de un filtro con precapa de carbón activo en polvo, aplicada sobre placas o bujías, o por filtración sobre carbón activo en grano. Se elimina así del 75 al 95 % de la fracción residual.

• Desodorización del agua.

Se entiende por «desodorización» de un agua de abastecimiento, tanto la eliminación de los malos sabores como la de los olores, que son dos manifestaciones distintas de un mismo fenómeno.

Malos sabores en las aguas brutas.

Generalmente, los sabores y olores desagradables de las aguas naturales, se deben a la presencia de cantidades muy pequeñas de líquidos segregados por algas microscópicas, especialmente por actinomicetos

(Streptomices, Nocardia, Micromonospora, etc.), que se desarrollan en las aguas de superficie o en el fondo de los lagos y de los ríos, cuando se reúnen ciertas condiciones de temperatura y de composición química del agua. Este fenómeno está relacionado frecuentemente con el estado de contaminación del agua, la vida agrícola (corrientes de agua de lluvia después del abono de terreno, campañas azucareras. etc.) y las estaciones del año.

La eliminación de sabores y olores se obtiene:

por aeración, para eliminar especialmente el sulfuro de hidrógeno; utilizando un oxidante energético.

El ozono tiene una gran eficacia. Sin embargo, puede suceder que el mal sabor sea debido a la presencia de varias sustancias al mismo tiempo; en ese caso, puede preverse un tratamiento en dos fases, por ejemplo, con carbón activo en polvo (simultáneo a la floculación-decantación) seguido de un afinado con ozono después de la filtración. A veces son necesarios los dos productos para conseguir una desodorización total.

• Eliminación de microcontaminantes.

Fenoles y compuestos fenólicos.

Los tratamientos mecánicos o por coagulación no tienen efecto sobre los fenoles.

La filtración lenta no los elimina totalmente.

Un medio de lucha contra el sabor a clorofenol es el tratamiento con dióxido de cloro; pero si el contenido en fenol es variable o elevado, será necesario, para una seguridad de tratamiento, emplear dosis en exceso de dióxido de cloro, con el riesgo de introducir en el agua contenidos demasiado fuertes de clorito sódico. En ese caso, debe recurrirse al ozono o al carbón activo.

Hidrocarburos.

Aparte de los vertidos accidentales que pueden paralizar temporalmente una instalación, las películas de hidrocarburos que sobrenadan se eliminan generalmente en la toma de agua y las trazas que pasan a la planta de tratamiento se retienen por coagulación-floculación decantación y filtración sobre arena.

Si estos hidrocarburos dan sabor al agua, puede eliminarse éste, introduciendo carbón activo en polvo en el decantador, en dosis pequeñas (5 g/g de hidrocarburos). Con una filtración final sobre carbón activo en grano, se obtendrá una eliminación total.

En términos generales, el carbón activo es el material más conveniente para la eliminación de hidrocarburos de cadenas saturadas, cuyas moléculas de gran tamaño son poco solubles y difícilmente atacables por el ozono.

Detergentes

Eliminación por formación de espuma: se emplea esta técnica cuando el contenido en detergentes es fuerte y quiere reducirse por debajo del umbral de formación de espuma (aproximadamente 0,3 a 0,4 g/m³).

Se inyectan para ello grandes cantidades de aire, bajo un espesor pequeño de agua; debe efectuarse, además, un tratamiento complementario de las espumas concentradas, por evaporación, o con carbón activo. Conviene conocer el contenido en fosfatos del agua tratada y reducirlo si es necesario.

Pesticidas.

Acción del carbón activo: El verdadero procedimiento de eliminación de los pesticidas consiste en el empleo de carbón activo, tanto si se utiliza en forma de polvo, como en grano. Ni el pH, ni la temperatura, parecen afectar de forma marcada al grado de eliminación.

Con carbón activo en polvo, utilizado en una dosis máxima de 20 g/m³, se eliminan los sabores producidos por la mayoría de los pesticidas normales. Con algunos productos (DDT), se obtiene ya una buena reducción con una dosis de 5 g/m³, y en el caso del Aldrine y el Dieldrine, se obtiene una reducción del 99 % con una dosis de 10 g/m³.

Con carbón activo en grano, se llegan a reducir los pesticidas hasta un contenido de trazas.

Metales pesados.

Acción de los coagulantes: la coagulación con sulfato de aluminio sólo elimina muy bien la plata, el plomo y el cobre, reduce aproximadamente en un 50 % el contenido de vanadio y de mercurio, y reduce sólo en un 10 % el de cinc. Por lo que se refiere al níquel, al cobalto, al manganeso y al cromo, no experimentan reducción alguna mediante el tratamiento de coagulación.

Acción del carbón activo en polvo: las dosis que normalmente se utilizan (20 g/m³) son poco eficaces para la eliminación de metales pesados. Sería necesario adoptar dosis de tratamiento mucho mayores.

Acción de la filtración a través de arena: cuando, mediante la coagulación con sulfato de aluminio, se obtiene una reducción correcta, la filtración a través de arena lleva a contenidos prácticamente nulos por lo que respecta a la plata, el mercurio y el cobre. Por el contrario, el manganeso, el cromo, el cadmio, el vanadio y el cobalto no varían prácticamente. Por último, el contenido en cinc y en níquel se reduce sobre todo en presencia de cloro.

Acción de la filtración a través de carbón activo en grano: después de una filtración a través de carbón activo en grano, se obtiene una reducción suficiente de los iones indeseables o tóxicos. La plata y el mercurio se eliminan por completo, y los contenidos de plomo, cobre... son inferiores al nivel aconsejado por la reglamentación en vigor.

Acción de la cloración: en unión de la coagulación, la filtración a través de arena y la filtración a través de carbón activo en grano, la cloración mejora la eliminación de metales pesados, especialmente cuando la dosis de cloro utilizada es ligeramente superior a la correspondiente al punto crítico.

• Ajuste pH

En general, la cloración de un agua con cloro gas, así como la coagulación-floculación con sales de Al o Fe suele provocar el descenso del valor de pH de un agua en mayor o menor medida, dependiendo de la dosis aplicada del reactivo y de la capacidad tampón que posea el agua en origen. Este es el caso más habitual. No obstante, en algunos casos específicos, por ejemplo cuando se debe coagular un agua con un pH alto el proceso de coagulación puede estar muy dificultado. En esta situación, como paso previo a la decantación debe reducirse el pH.

Por contra, en situaciones en que el agua bruta presenta contenidos altos de metales se suele operar elevando el pH del agua a fin de favorecer la precipitación de los oxihidróxidos metálicos formados por la oxidación y posterior coagulación del agua.

Tanto en una como otra situación, se requiere la dosificación al agua de reactivos con capacidad de elevar o reducir el valor de pH que ésta presenta. Como aproximación al comportamiento del agua en la planta de tratamiento, es útil el realizar ensayos de ajuste de pH con el agua, para obtener las dosis aproximadas de

reactivos ácidos o básicos necesarios después en el proceso a escala industrial. Este es el fundamento de los ensayos de ajuste de pH.

- **Ensayos de desendurecimiento**

Los procesos de desendurecimiento de aguas tienen como finalidad la reducción de su contenido en calcio y magnesio. Fundamentalmente, aparte de alguna técnica particular para eliminar o minimizar algún catión o anión específica, se trata de producir la precipitación de la dureza catiónica, la cual está combinada con los aniones, sobre todo, bicarbonatos, sulfatos y cloruros.

Tres son los reactivos químicos que suelen utilizarse a fin de lograr el desendurecimiento de un agua: hidróxido cálcico; carbonato sódico y hidróxido sódico. Las reacciones químicas involucradas en cada proceso son las siguientes:

- **Ensayos de agresividad de un agua**

Un agua esagresiva, es decir tiene capacidad de disolver CaCO_3 en contacto con ella cuando su pH concreto era inferior a su pH_e ; caso contrario, se hablaba de que el agua era incrustante, poseyendo entonces capacidad de depositar CaCO_3 a expensas de su contenida en HCO_3^- .

Tratamiento de Aguas Naturales 2 CMA

Página 17/17