

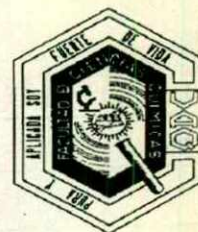
UNIVERSIDAD AUTONOMA



DE QUERETARO

PROPIEDAD DE LA FACULTAD
DE QUIMICA DE LA U. A. Q.

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

" ELIMINACION DE SOLIDOS Y
GRASAS POR FLOCULACION
CON SALES FERRICAS "

TESINA TEORICA

Que para obtener el título de

QUIMICO EN ALIMENTOS

Presenta

ROCIO CAMPOS ALANIS

RESPONSABLE DEL CURSO:

Q.M. José Merced Esparza García

SINODALES

M. en C. Gustavo Pedraza Aboytes

IBQ. Gerardo Zavala Porto

FACULTAD DE
QUIMICA



BIBLOTECA

Querétaro, Qro.

Noviembre 1993

PROPIEDAD DE LA FACULTAD
DE QUIMICA DE LA U. A. Q.

95 Ah

No. Adq. I50616

No. Titulo TS

Glas. 628.1622

C198e

UNIVERSIDAD

DE LA



BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD DE LA PLATA
BIBLIOTECA

Agradecimientos:

A Dios por haberme rodeado de seres extraordinarios mis Padres y Hermanos que han hecho posible con su apoyo y cariño la realización de muchas de mis metas.

A mis Padres Juan y Ma. del Carmen gracias por estar siempre cerca de mí, por todo el amor, apoyo y confianza que me han brindado ya que todo lo que he logrado en la vida se los debo a ustedes.

A mis hermanos Ma. Guadalupe, Ma. del Carmen, Mariela, Patricia, Juan y Héctor por el amor y apoyo que me han ofrecido siempre.

A mis sobrinos Oscar, Paty, Marianis, Alex, Dany, Omar, Juan Mario, Gaby por todos los momentos agradables que pasamos juntos.

A mis amigos: Malena, Ramona, Ruth, Lupita, Juanita, Elisa, Gaby, Tatiana, Esthela, Francisco, Miguel, Jesús, Joel, ...
Gracias por su amistad a través de los años y por lo que compartimos.

A los Maestros: Q.M. José Merced Esparza García, IBQ Gerardo Zavala Porto y en especial al M. en C. Gustavo Pedraza Aboytes por su asesoría y facilitarme los medios para la realización de este trabajo.

A la Facultad de Química Donde se abrieron para mí nuevos horizontes en el saber y en donde he pasado los mejores momentos de mi vida de estudiante.

Al Centro de Servicios Químicos por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

A la Familia Muñoz Gutiérrez especialmente a la Sra. Lupita por su amistad y cariño.

A Mary por su paciencia en la elaboración de este trabajo.

Con Cariño a todas las personas que de una u otra forma han contribuido al logro de uno de mis más grandes anhelos.



INDICE

PAGINA

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 3. ANTECEDENTES | 3 |
| 4. METODOS DE PURIFICACION DEL AGUA | 5 |
| 5. AUTOPURIFICACION Y REPOSO | 6 |
| 6. TRATAMIENTO QUIMICO | 7 |
| 7. LA NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES | |
| EN LAS INDUSTRIAS DE PROCESOS QUIMICOS | 9 |
| 8. FUENTES Y CLASES DE SOLIDOS RESIDUALES | 14 |
| 9. COAGULACION | 16 |
| 9.1 LA COAGULACION EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS | 21 |
| 9.2 COAGULACION ELECTROKINETICA Y ORTOKINETICA | 22 |
| 10. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACION | 24 |
| 10.1 INFLUENCIA DEL pH | 26 |
| 10.2 MEZCLA | 27 |
| 10.3 FLOCULACION | 28 |
| 10.4 EL PERIODO DE COAGULACION | 28 |

INDICE

PAGINA

| | |
|--|-----------|
| 10.5 EFECTOS DE CANTIDAD Y TIEMPO | 29 |
| 10.6 EFECTOS DE LA TEMPERATURA | 30 |
| 10.7 INFLUENCIA DE LAS SALES DISUELTAS EN LA COAGULACION | 30 |
| 10.8 EFECTOS DE LA NATURALEZA DE LA TURBIEDAD EN LA COAGULACION | 31 |
| 11. COAGULANTES METALICOS | 32 |
| 12. COADYUVANTES DE FLOCULACION (COAGULANTES) | 37 |
| 12.1 OXIDANTES | 38 |
| 12.2 AGENTES ABSORBENTES-PONDERANTES | 39 |
| 12.3 SILICE ACTIVA | 40 |
| 12.4 POLIELECTROLITOS, FLOCULANTES POLIMEROS | 42 |
| 12.5 OTROS PRODUCTOS QUIMICOS USADOS EN COAGULACION | 45 |
| 13. CONCLUSIONES | 46 |
| 14. BIBLIOGRAFIA | 47 |



1. INTRODUCCION.

El agua como elemento esencial de la vida, ha sido participe determinante en el desarrollo de la humanidad, es por eso que toda gran cultura se ha desarrollado cerca del agua. El agua en sus diversos estados físicos ocupa las tres cuartas partes de nuestro planeta, el hombre sólo ha aprendido a usar en sus actividades diarias: la de los ríos, la de las lagunas, del subsuelo y en mucho menor proporción el agua del mar.

Los usos a los cuales el hombre destina el agua son muy variados, entre otros: para riego agrícola, en la industria, en la generación de energía, como medio de transporte, como vehículo de disposición de los desechos: municipales, industriales y de retorno agrícola y el uso más importante para beber. Tales usos han originado un considerable impacto ambiental, en especial el de deshacerse de toda clase de desechos en ella, causando efectos negativos en ella que se dejan sentir sobre la flora, fauna y en el hombre mismo.

El agua por ser un recurso natural limitado, debe obligar al hombre a darle un uso más racional, es decir no desperdiciarla y mantener su calidad en el grado óptimo posible, tratando de darle un uso más adecuado según su calidad, es decir reutilizando el agua en actividades que requieran agua de menor calidad; para ello es necesario determinar su calidad a través de análisis físicos, químicos y microbiológicos. En la actualidad el problema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad solucionar un aspecto demasiado descuidado hasta ahora, por lo que es de suma importancia practicar ciertas disciplinas que forman parte de la solución racional que se le da a este problema.

Sería ideal contar en todos los casos con aguas de calidad satisfactoria para un abastecimiento, en el que se financiarían las obras de captación, conducción, regulación y distribución, que aunque requieran de una fuerte inversión, los costos de operación y mantenimiento no son, por lo general, tan altos como aquellos en que hay necesidad de potabilizar las aguas. Debido a que esto sucede con frecuencia, resulta elemental que en cada caso se estudie exhaustivamente el tratamiento óptimo que debe darse a las aguas. En el mejor de los casos habrá necesidad solamente de desinfectar las aguas, pero en una gran mayoría requerirán de un tratamiento más completo.

En la actualidad aún se busca la solución de los abastecimientos a base de recursos de aguas superficiales, los que tienen características objetables para el consumo en cuanto a su calidad física y bacteriológica, por lo que siempre se deberán potabilizar. Salvo casos particulares, en que los valores de turbiedad y color se mantienen bajo ciertos límites que hacen factible el tratamiento por medio de filtros lentos de arena, se requiere de un proceso de clarificación por medio de coagulantes, seguido de filtración rápida y desinfección.

Cuando este sea el caso es necesario planear, anticipadamente, una serie de pruebas de coagulación con el propósito de obtener resultados óptimos en cuanto a tipos, dosis y orden de aplicación de los productos químicos requeridos y el pH del tratamiento, que serán la base para iniciar un proyecto de buen tratamiento de agua.(1,2)

2. OBJETIVOS:

Fijar el proceso para eliminar sólidos y grasas en el agua por medio de pruebas de Coagulación-Floculación con sales Férricas.

3. ANTECEDENTES.

La literatura antigua habla de la búsqueda incesante del hombre por obtener agua "pura" . Esta búsqueda, lo llevó a crear métodos y emplear materiales para la purificación del agua que tienen gran similitud con los empleados actualmente. Se observó que el agua podía clarificarse almacenándola en recipientes impermeables o bien filtrándola a través de materias porosas o de capas de arena, posteriormente descubrió que la sedimentación podría acelerarse añadiendo ciertas sustancias que precipitaban o coagulaban las partículas causantes de la turbiedad, con el empleo de estas sustancias que podían ser orgánicas e inorgánicas, se marca el principio del tratamiento de agua.

El sulfato de alúmina es el coagulante más empleado en la actualidad y se empleaba en el año 77 de nuestra era, habiendo sido Plinio quien descubrió su empleo arcilla de Italia, así mismo trabajaba con la cal de rodas para convertir las aguas amargas en potables. La primer patente de coagulación fué otorgada en 1844 a Hyatt, quien combinó con éxito el uso del percloruro de hierro como coagulante con su sistema de filtración rápida en el tratamiento de aguas turbias.

En 1885 Austen y Wilbert de la Universidad de Rutgers, publicaron los resultados de la primera investigación científica norteamericana sobre la utilización del sulfato de aluminio como coagulante.

Más tarde, en 1893, estudios cuidadosos fueron emprendidos por E.B.Westen en Providence, sobre el proceso de la coagulación en conjunción con la filtración rápida por arena. Y en los años 1895-1897 en Louisville, Ky., Warren Fuller y sus colaboradores realizaron una serie de experimentos con el agua turbia del río Ohio, que de hecho establecieron una base científica completa para el uso de coagulantes con filtros rápidos de arena.

El sulfato de aluminio dominó al principio el campo de los coagulantes. Y aunque, desde entonces, el conocimiento de la coagulación ha adelantado mucho, en la práctica pocos coagulantes nuevos han sido introducidos. El hierro, como metal o formando parte de una sal, se empleó en varias plantas de tratamiento de agua a fines del siglo XIX. Bull en 1898 introdujo una combinación de sulfato férrico y cal. En 1937, Olin y Peterson informaron sobre experimentos con arcilla bentonítica, y en el mismo año Baylis describió el uso de " sílice activada " como auxiliar para la coagulación.

Nuevas aplicaciones de la sílice se publicaron en el mismo año por Graf y Schowrn en St. Louis y en 1944 por Hay. Por último Upton y Buswel presentaron datos de laboratorio sobre las sales de titanio como coagulantes.(3,4,5)

4. METODOS DE PURIFICACION DEL AGUA.

Los métodos que se emplean para tratar el agua, dependen en gran parte, del fin al que se destina el abastecimiento. Para usos domésticos es deseable eliminar las impurezas, ya sea suspendidas o disueltas, que sean perjudiciales a la apariencia y aspecto estético del agua. Es absolutamente necesario eliminar o volver inactivas cualesquier impureza, como las bacterias, que pueden ser perjudiciales para la seguridad y bienestar del público consumidor. Por otro lado, los requerimientos de calidad para aguas industriales son diversos, según su empleo. El agua que vaya a usarse en calderas, debe estar libre de sustancias que formen incrustaciones. Las lavanderías y las fábricas de papel deben tener agua que este libre de hierro y manganeso.

Por lo general, los métodos que comúnmente se emplean en la práctica para el tratamiento de agua tienen como objetivo principal, eliminar las "impurezas" o sustancias extrañas del agua. Aun cuando se agreguen "productos químicos" al agua, esto se hace con el propósito de eliminar cantidades mucho mayores de materiales que las que se añaden. Hay casos, sin embargo, en que ciertos constituyentes del agua se eliminan substituyéndolos por otras sustancias; y en ciertos otros casos, las sustancias que se agregan pueden tener como finalidad impartir al agua ciertas características deseables. (6)

5. AUTOPURIFICACION Y REPOSO.

La naturaleza provee cierto grado de autopurificación a todas las aguas que hayan sido corrompidas o contaminadas por la introducción de desechos, ya sea debidos a escurrimientos del suelo, aguas negras o desperdicios industriales. La velocidad a la que se verifica este proceso depende de la naturaleza y cantidad del material contaminante así como de las condiciones y características físicas, químicas y biológicas del agua misma.

Sin embargo, hay ideas erróneas que prevalecen a este respecto, particularmente acerca de la importancia de la aeración y su efecto sobre las aguas corrientes. Por ejemplo, a menudo se afirma que " el agua se purificará así misma al fluir durante doce kilómetros " , o que la aeración natural que tiene lugar en las cascadas o cataratas "oxidará" o matará a las bacterias. En realidad la distancia en sí no tiene nada que ver con la autopurificación que se verifica en una corriente de agua.

Tampoco la aeración, por sí misma, tiene mucho que ver con la destrucción de bacterias. El tiempo es el factor más importante, siendo los otros factores las condiciones de temperatura, la luz solar, la velocidad de flujo y muchas otras características físicas, químicas y biológicas.(6)

6. TRATAMIENTO QUIMICO.

La precipitación química consiste en agregar a las aguas negras alguna sustancia, que por reacción con otra y con los constituyentes de las aguas negras, produzca un precipitado floculable y de este modo acelere la sedimentación. Las aguas negras que contengan grandes cantidades de sustancias que puedan reaccionar con una pequeña cantidad de producto químico agregado, para producir el precipitado deseado, son las más favorables para este tipo de tratamiento. Los resultados, medidos por la reducción en la demanda bioquímica de oxígeno, son mejores que los de la sedimentación simple, pero no tan buenos como los que se logran en el tratamiento biológico. El proceso es especialmente útil cuando solo se necesita un tratamiento ocasional, como en una acumulación de verano o como complemento de otros sistemas de tratamiento, o para residuos industriales en condiciones favorables. El proceso puede ajustarse rápidamente a una variación en las condiciones, y se adapta de un modo especial al caso de instalaciones industriales que utilicen procesos químicos en su funcionamiento.

La ventaja de este proceso sobre la sedimentación simple, es una eliminación más rápida y completa de los materiales en suspensión. Entre sus inconvenientes figuran, la acumulación de un gran volumen de lodo, la necesidad de una atención hábil, el costo de los productos químicos, y el riesgo de que una administración negligente sea incapaz de obtener los fondos que se necesitan para su funcionamiento. La declinación de los procesos de tratamiento químico se debió a la introducción de métodos biológicos, que ofrecían mejores resultados a menos costo. Su renacimiento puede atribuirse a la creciente

disponibilidad de los mejores productos químicos de poco costo, a la existencia de equipo mecánico para la utilización de los productos químicos, al mejor conocimiento de la química del proceso, y al descubrimiento de métodos más adecuados para el manejo del lodo producido. El tratamiento químico es útil para reducir los sólidos en suspensión y la demanda bioquímica de oxígeno, y para clarificar y reducir el color de las aguas negras. La cantidad de sólidos disueltos es poco o nada afectada; en el líquido final persiste alguna materia coloidal, la turbidez y el color. Mediante la floculación química se remueve del 80 al 90 por ciento del total de la materia suspendida, 40 a 70 por ciento de DBO₅, de 30 a 60 por ciento de DQO y de 80 a 90 por ciento de bacterias.

Aunque la reducción de la turbidez no sea un objetivo del tratamiento químico, se ha comprobado que la determinación de la turbidez, en unión de las determinaciones del pH, en el líquido entrante y en el saliente, son instrumentos útiles para vigilar el proceso y regular la dosis de producto químico.

El objetivo de la adición de productos químicos a las aguas negras, es formar un precipitado floculado insoluble. El éxito del método depende, en gran parte, de la calidad y cantidad del flóculo formado, y éstas a su vez dependen de la clase y calidad del producto químico usado y del método de aplicación y mezclado con las aguas negras.(5,7)

7. LA NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS DE PROCESOS QUIMICOS.

Las aguas residuales de las industrias de procesos químicos, tienen que ser tratadas antes de poder ser desechadas o reutilizadas. Algunas pueden ser tratadas con procesos convencionales, tales como: tratamientos químicos, físicos y biológicos.

Una planta de procesos químicos genera varias corrientes de agua residual: agua residual de proceso, lodos de torre de enfriamiento, limpieza de equipo y otros. Algunas de estas corrientes pueden ser tratadas por la misma planta y volverlas usar, descargarlas con efluente o utilizarlas en otros procesos de tratamiento. Otras pueden ser combinadas formando un gran flujo y tratarlo biológicamente.

El tratamiento de las aguas residuales depende de su composición, concentración y flujo, además que se deben cumplir las condiciones de descarga particulares de cada industria, la disponibilidad de abundancia de agua, la disponibilidad de reuso de agua y la disponibilidad de alcantarillas para aguas residuales que son tratadas en planta de propiedad Pública. El objetivo de un tratamiento es básicamente el mismo: eliminar ciertos materiales de desperdicio, tanto especificadas legalmente como para eliminar los efectos nocivos o desagradables que esos desechos puedan tener en el medio ambiente.

Una corriente de aguas residuales puede contener una gran variedad de compuestos químicos, pero no todos están regulados legalmente, y los otros contaminantes están considerados en amplias categorías:

En la definición del pH se deben de tener en cuenta que la solubilidad mínima para los productos de la hidrólisis de las sales de aluminio está comprendida entre 5.5 y 7.8 y para los productos de la hidrólisis de las sales de fierro el intervalo es un poco más alto 5.5 a 11. (5)

10.2 MEZCLA.

La mezcla es la fase de la coagulación donde el coagulante se esparce rápidamente en el agua, por lo general con violenta agitación, resultado de esto la formación de partículas subvisuales en suspensión. Tres fenómenos ocurren en la reacción química:

El primero es la neutralización de las cargas negativas de las impurezas con el ión coagulante trivalente.

El segundo es la reacción del coagulante con la alcalinidad del agua y la formación de flóculos de óxido hidratado coloidal con carga positiva, los cuales son atraídos por las impurezas coloidales de carga negativa.

El tercero es la adsorción superficial de impurezas por los flóculos que resultan de cualquiera de los dos primeros fenómenos.

El tiempo necesario para que la reacción sea completa es determinado en parte por la concentración de coagulantes.

Cuando la solución es concentrada, los iones reactivos están tan cerca uno del otro que su movilidad normal es un desplazamiento corto, y por lo tanto poco tiempo para que se produzca la reacción.

El adecuado mezclado en la coagulación-floculación no sólo hace más eficiente, el proceso, sino que además ayuda a no desperdiciar reactivos inútilmente. (17)

PROPIEDAD DE LA FACULTAD
DE QUIMICA DE LA U. A. G.

10.3 FLOCULACION.

Esta segunda fase del proceso de coagulación es el medio con el cual se convierten los flóculos subvisuales en flóculos más grandes que se asentarán más rápidamente.

El aumento de tamaño depende de dos factores: La colisión, que a su vez depende de alguna acción física, en especial la agitación del agua y la adhesión, que se controla por fuerzas químicas o electrónicas.

Finalmente, a medida que las partículas de flóculos aumentan de tamaño y de densidad, con la acumulación de limo, son cada vez más susceptibles a la sedimentación cuando se suspende la agitación.

Si bien es conveniente emplear altas velocidades durante el tiempo relativamente corto dedicado a la mezcla, es claro que deben emplearse velocidades mucho más reducidas para obtener una floculación satisfactoria, puesto que una agitación demasiado fuerte causaría la desintegración en vez de la aglomeración de los flóculos (13).

10.4 EL PERIODO DE COAGULACION.

El período de coagulación, que generalmente se llama "período de mezcla" incluye el tiempo requerido para la mezcla y el que se necesita para la

floculación, y se define como el lapso que transcurre entre la adición del coagulante al agua y el final de la agitación del agua a una velocidad que impida el asentamiento de las materias floculadas. Los períodos de floculación que se emplean en las plantas de purificación de agua pueden variar de tres a noventa minutos, con la mayoría entre los diez y treinta minutos. (16)

10.5 EFECTOS DE CANTIDAD Y TIEMPO.

Con alcalinidad y pH favorables para la formación de buenos flóculos, el factor más importante que influye en el tiempo requerido para la formación de buenos flóculos es la cantidad de coagulante que se emplea. En la práctica, la dosificación de coagulante se basa generalmente en la velocidad de sedimentación de los flóculos.

El empleo de la cantidad mínima de algún producto químico para obtener una coagulación adecuada requerirá más largo tiempo de coagulación para lograr una buena formación de flóculos.

Cuando las aguas son muy turbias necesitan la agregación de una cantidad considerable de coagulante y generalmente tiempo de coagulación un poco más corto que cuando las aguas son menos turbias.

El factor cantidad-tiempo permite obtener buenos resultados cuando hay que reducir el tiempo de coagulación.(17)

10.6 EFECTOS DE LA TEMPERATURA.

La influencia principal de la temperatura en la coagulación es efecto en el tiempo requerido para una buena formación de flóculos. Generalmente, cuanto más fría esté el agua más largo será el tiempo requerido para producir buenos flóculos con una cantidad dada de coagulante.

La temperatura es importante entre otras razones porque al disminuir, aumenta la viscosidad del agua, y en consecuencia, la velocidad de sedimentación del flóculo disminuye (18).

10.7 INFLUENCIA DE LAS SALES DISUELTAS EN LA COAGULACION.

En las aguas residuales existen muchas especies de sales disueltas; su principal influencia en el proceso de coagulación radica en que los agentes coagulantes, productos de la hidrólisis de las sales de aluminio y fierro, pueden en un momento dado no ser estables, debido a que especies disueltas entran en competencia, desplazando la formación de especies que realizan la coagulación-floculación.

Estudios realizados por la AWWA, 1975 resumen la influencia de las sales en los siguientes apartados:

a) Por regla general, la coagulación con sales de aluminio ó fierro está sometida a una interferencia mayor de los aniones que de los cationes. En consecuencia,

los iones del tipo de sodio, calcio y magnesio ejercen un efecto relativamente pequeño sobre la coagulación.

b) Los aniones amplían el margen óptimo del pH para la coagulación hacia el lado ácido en un grado que depende de su valencia. De este modo los aniones monovalentes, tales como cloruros, nitratos, ejercen un efecto relativamente pequeño, mientras que el sulfato y fosfato provocan desplazamientos notables de los valores óptimos del pH.

Todos los efectos de las sales arriba mencionados son observables en el laboratorio pero en la realidad es imposible para un agua residual medir la influencia de cada ión.

Para determinar dosis y pH óptimos de coagulación de un agua determinada es necesario hacer pruebas específicas como es la prueba de las jarras.

10.8 EFECTO DE LA NATURALEZA DE LA TURBIEDAD EN LA COAGULACION.

Con respecto a la influencia de la naturaleza de la turbiedad, se pueden hacer las siguientes generalizaciones:

a) A medida que aumenta la turbiedad la cantidad de coagulante necesario aumenta, aunque este aumento no es lineal con la turbiedad.

b) A turbiedades muy altas se requieren dosis de coagulante relativamente pequeñas, debido a la mayor posibilidad de colisión entre las partículas suspendidas, por esto mismo las turbiedades bajas son más difíciles de eliminar debido a que la colisión de las partículas es menos factible.

c) Es más fácil coagular partículas de una gama amplia de tamaños, que partículas de un mismo tamaño o de una gama estrecha de tamaños.

d) Es más fácil tener un control de la coagulación por el tipo de dosis de coagulante y por la composición química del agua, que por la naturaleza de los sólidos suspendidos.

e) En aguas donde existe buena cantidad de materia orgánica como las aguas urbanas, es necesario una mayor cantidad de coagulante, debido a las muchas reacciones químicas que existen entre el coagulante y la materia orgánica coloidal. (19,20)

11. COAGULANTES METALICOS.

En el tratamiento de aguas residuales los coagulantes metálicos más empleados se dividen en :

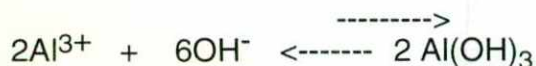
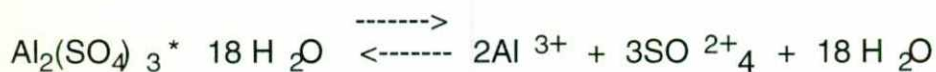
1) Los basados en el aluminio, como el sulfato de aluminio, el alumbre de amonio, el alumbre de potasa y el alúmina sódico.

2) Los basados en el hierro como el sulfato férrico, sulfato ferroso, el vitriolo verde clorado y el cloruro férrico.

A continuación se describen algunas propiedades de los principales compuestos utilizados como coagulantes. Las ecuaciones químicas que se imponen no son del todo representativas de la realidad debido a la complejidad de especies que existen en las aguas residuales. (5)

a) Sulfato de aluminio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

En su forma comercial también se le conoce como alumbre y es el más empleado de todos los coagulantes. El producto comercial se expende en las formas troceada, molida, así como también en solución concentrada. Es fácilmente soluble en agua y se aplica en solución o en seco. Las reacciones químicas entre el alumbre y los constituyentes del agua están influenciadas por muchos factores y por tanto, es imposible saber la cantidad de alumbre que reaccionará con una cierta cantidad de alcalinidad, sin embargo se puede plantear las siguientes reacciones hipotéticas. Como representación general:



Agente coagulante

Como se puede apreciar la formación de la especie coagulante consume OH, lo que propicia la disminución del pH. A veces, para contrarrestar esta disminución se agrega cal hidratada, sosa o carbonato de sodio. Como dato general se considera que 1mg/l de alumbre reacciona con :

- 0.5 mg/l de alcalinidad natural representada como CaCO_3
- 0.33 mg/l de cal viva al 85 % como CaO
- 0.39 mg/l de cal hidratada al 95 % de Ca(OH)_2

b) Alumbre líquido.

Es una solución concentrada de alumbre en agua, contiene del 5.8 a 8.5 % de Al_2O_3 hidrosoluble y 17 % de alumbre cristalizado. Es barato, fácil de transportar, manipular, almacenar y aplicar. (1,21)

c) Aluminato Sódico.

El aluminato sódico, NaAlO_2 , difiere del alumbre en que su reacción es alcalina en vez de ácida. Su composición es 88 % de NaAlO_2 y 12 % de sosa cáustica y carbonato de sodio. Su empleo no es muy frecuente. Se utiliza junto con alumbre y ácido sulfúrico en la coagulación de coloides con color. Se utiliza también para el ablandamiento del agua con cal y sosa.

d) Alumbre de Potasa y Alumbre de Amoniáco.

Sus fórmulas son

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{KSO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24 \cdot \text{H}_2\text{O}$
respectivamente, por lo regular se emplean solo para tratamiento de aguas de
piscinas (11).

e) Sulfato Férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

El sulfato férrico en su forma comercial es un material granulado anhidro, fácilmente soluble en agua. Se aplica en solución acuosa al 40 % en peso de sulfato férrico. Por regla general los coagulantes férricos se aplican en un intervalo de pH que va de 4 a 11. Es especialmente útil para la eliminación del color a valores bajos de pH.

f) Sulfato ferroso $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

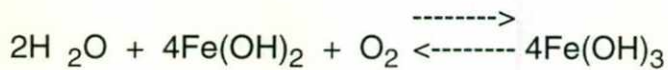
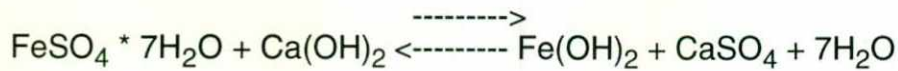
Comunmente conocido como vitriolo verde se fabrica en forma de cristales o en granulos, ambos solubles en agua. Al disolverlo en agua forma el $\text{Fe}(\text{OH})_2$, hidróxido ferroso, que se oxida a hidróxido férrico por medio de :

1) aereación

2) con el oxígeno disuelto en el agua

3) al añadir cloro

Sus reacciones más importantes son:



El sulfato ferroso se utiliza en coagulaciones que deban realizarse a valores de pH altos. (17)

g) Vitriolo verde clorado

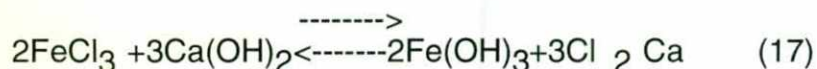
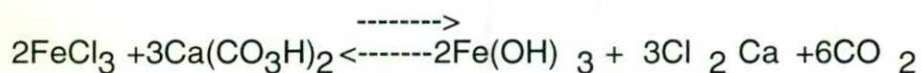
Se forma cuando se emplea cloro para oxidar el hidróxido ferroso obtenido del sulfato ferroso. El cloro reacciona con el hidróxido ferroso en un intervalo amplio de pH. En la práctica el sulfato ferroso y el cloro sedimentan por separado y se mezclan poco antes de introducirlos al sistema de coagulación. La reacción con el cloro es la siguiente:



El vitriolo verde se utiliza en las plantas donde se requiere de un a precloración y tiene la ventaja de que la coagulación se puede llevar a cabo en un intervalo de pH de 4 a 11. (1)

h) Cloruro Férrico

Reacciona instantáneamente y queda inmediatamente disponible para la formación de los flóculos de hidróxido férrico. El cloruro férrico reacciona con la alcalinidad natural del agua y con la cáustica, respectivamente según las siguientes ecuaciones:



12 COADYUVANTES DE FLOCULACION (COAGULANTES)

Necesidad de los coadyuvantes

Las dificultades que presenta el proceso de coagulación en el tratamiento de las aguas han espoleado tradicionalmente la búsqueda de métodos o de productos químicos que pudieran resolver estos problemas, que son de tipos muy diversos, y que, en muchos casos, pueden atribuirse a deficiencias en el proceso de coagulación y floculación, cuando éste está sometido a tensiones físicas o químicas. Algunos síntomas de estas dificultades son los flóculos pequeños de sedimentación lenta formados durante la coagulación a baja temperatura, los

flóculos de coagulación lenta producidos en las aguas coloreadas con bajo contenido de sales minerales, los flóculos frágiles que se fragmentan al someterse a las fuerzas hidráulicas en los estanques y filtros de arena y la incapacidad para lograr una buena clarificación en presencia de sustancias que interfieren.

La coagulación se refiere a la desestabilización de partículas mediante la reducción del potencial repulsivo de la capa doble que los rodea, mientras que por floculación se entiende un mecanismo de unión química que aprisiona las partículas en una especie de enrejado tridimensional.

Para contribuir al proceso de clarificación se ha empleado una gran variedad de materiales. La elección de uno cualquiera de entre todos los disponibles puede efectuarse, a veces, en base a aquella propiedad física o química del flóculo que es preciso modificar. Con más frecuencia, la elección es de tipo empírico y debe basarse en las propiedades del agua que se quiere tratar. Los materiales de uso más generalizado pueden calificarse a groso modo en : 1) oxidantes; 2) agentes adsorbentes-ponderantes; 3) sílice activo, y 4) polielectrólitos. (4,17,22)

12.1 OXIDANTES

Las dificultades que puedan surgir en la clarificación o eliminación del color como consecuencia de la presencia de compuestos orgánicos disueltos pueden eliminarse o atenuarse recurriendo al empleo de oxidantes.

El oxidante de empleo más corriente es el cloro, cuando se añade en cantidades suficientes para obtener un "punto de ruptura". De acuerdo con este procedimiento se añade la cantidad de cloro suficiente para satisfacer la demanda del mismo, en cuyo momento el material orgánico que interfiere se oxida para dar compuestos inocuos. Otros oxidantes menos empleados son el hidróxido de cloro, el ozono y el permanganato potásico. Todos estos productos químicos deben añadirse antes del proceso de coagulación, pues su función es precisamente la de contribuir al buen desarrollo de éste.

12.2 AGENTES ADSORBENTES-PONDERANTES

En el tratamiento de aguas con elevado contenido de color y turbiedad y bajo de sales minerales se suelen emplear las arcillas bentoníticas. El flóculo obtenido en aguas muy coloreadas con coagulantes de hierro o aluminio suele ser demasiado ligero para sedimentarse con facilidad; p.e., la diferencia entre las densidades del agua y del flóculo es demasiado pequeña para permitir una sedimentación rápida. La adición de arcilla, que tiene una densidad relativamente elevada, aporta una "acción ponderante", y entonces el flóculo sedimenta rápidamente. Además de su acción ponderante, la conocida capacidad de las arcillas para adsorber a los compuestos orgánicos es otra propiedad favorable. Además la adición de arcilla a un agua de baja turbiedad aumenta las probabilidades de colisión de las partículas, lo que se traduce en una formación rápida del flóculo sedimentable.

En la práctica se ha observado que las dosificaciones de arcilla, que oscilan entre 10 y 50 mg/l, aproximadamente, resultan frecuentemente en la formación de un flóculo de buenas características y de sedimentación rápida, permiten una

mejor separación del color y de otras materias orgánicas y amplían la gama del pH que requiere la coagulación, la dosificación exacta para cualquier agua debe determinarse recurriendo a los ensayos apropiados.

Además de la arcilla, se han empleado otros agentes ponderantes, tales como sílice pulverizada, piedra caliza, que además de su acción ponderante aporta alcalinidad, y carbón activo, que posee la ventaja adicional de su elevada capacidad de adsorción. (1,6)

12.3 SILICE ACTIVA

Hasta el advenimiento de los polielectrólitos sintéticos, la sílice activa ocupaba un lugar especial en el tratamiento químico de las aguas, ya que era el único producto químico que podía contribuir notablemente al proceso de coagulación-floculación. En 1937, Baylis, por un lado, y Graf y Schworm, por otro, descubrieron que la adición de sílice en la forma de una solución parcialmente neutralizada de silicato sódico ejercía un efecto pronunciado sobre la coagulación con alumbre. El empleo de este material, al que se le dio el nombre de "sílice activa", como coadyuvante de coagulación experimentó un rápido incremento a raíz de estos descubrimientos. Lo cierto es que, ya en 1920, O.M. Smith había experimentado el empleo del ácido silícico; pero, debido a los pobres resultados que obtuvo, el sector de tratamiento de aguas ignoró por completo el proceso. Hoy el empleo de la sílice coloidal se ha generalizado.

La sílice coloidal se obtiene a partir del silicato sódico, que, aunque por sí no es un coadyuvante de la floculación, se convierte en él cuando una parte de la alcalinidad se neutraliza con el ácido, en cuyo momento se dice que se ha "activado".

En lo que respecta a la conveniencia de si la sílice debe añadirse antes o después del coagulante, parece ser que no existe unanimidad. Ambos métodos se han empleado con éxito, aunque el citado en segundo lugar es el de uso más corriente.

En función de las condiciones de su empleo, tales como el pH y el orden de adición, la sílice activa puede proporcionar considerables ventajas, como, por ejemplo, el aumento de la velocidad de coagulación, el empleo de dosis más pequeñas de coagulante y su eficacia para márgenes de pH más amplios para una coagulación óptima. También permite aumentar la velocidad de floculación, formar flóculos mayores y más densos y, por lo tanto, de mayor rapidéz de sedimentación, así como comunicarle más resistencia a dichos flóculos, con lo que se mejora la filtración.

Otras ventajas dignas de mención son: permite una coagulación más eficaz a bajas temperaturas, una mejor eliminación del color, una mejor floculación de las aguas de elevada turbiedad y la reducción de la cantidad de materiales coloidales que atraviesan los filtros. También se ha encontrado que la sílice activa es especialmente eficaz como coadyuvante para la filtración.

Frente a este impresionante despliegue de ventajas hay que citar ciertos inconvenientes. La preparación de la solución de sílice requiere un control preciso con objeto de obtener una solución activa que no se gelifique; si no se ejerce un control cuidadoso cabe la posibilidad de que se produzcan flóculos muy grandes, pero, en cambio, la turbiedad residual puede ser demasiado elevada; unas operaciones de filtrado muy cortas pueden producir el atascamiento de las capas superiores del filtro, y la sobredosificación con sílice puede inhibir, más bien que ayudar, la floculación. Por último, como ocurre con

todos los agentes, la sílice activa puede ser eficaz en el caso de algunas aguas y no ejercer ninguna influencia en el de otras. (1,11)

12.4 POLIELECTROLITOS, FLOCULANTES POLIMEROS

Hasta la introducción, aún hace pocos años, de los materiales naturales y sintéticos llamados "polielectrólitos" la sílice activa no tenía ningún competidor serio en la clarificación del agua. Como estos compuestos reúnen las características tanto de los polímeros como de los electrólitos, se les ha dado el nombre de "electrólitos polímeros" o "polielectrólitos". En época más reciente se ha empleado también el término "floculante polímero". Se ha descubierto que algunos de estos compuestos son coadyuvantes de floculación eficaces. Hoy se sabe que muchos compuestos orgánicos naturales, tales como el almidón y sus derivados, los compuestos de celulosa, las gomas de polisacáridos y los materiales proteínicos son coadyuvantes de la floculación eficaces. A pesar de sus diversos orígenes estos compuestos pueden describirse en términos generales como biocoloides, que se caracterizan por ser polímeros naturales, que poseen un número de cargas eléctricas, grupos hidrófilos, a lo largo de la cadena molecular de átomos de carbón.

Se han obtenido polímeros sintéticos cuyas propiedades generales son análogas a las de los biocoloides naturales. Todos estos compuestos contienen unidades repetitivas de pequeño peso molecular, combinadas químicamente para formar una molécula de tamaño coloidal, y cada una de estas unidades es portadora de una o más cargas eléctricas o grupos ionizables. La ventaja de los polielectrólitos sintéticos sobre los de tipo natural es que la molécula puede

estructurarse en función de unos requisitos concretos. De hecho, esto se ha llevado a cabo empleando varios monómeros o unidades con distintos grupos ionizantes, y copolimerizando a continuación a estos materiales para obtener una variedad de compuestos. Los polielectrólitos sintéticos pueden clasificarse en base al tipo de carga de la cadena del polímero. Por lo tanto, los polímeros de carga negativa se llaman "aniónicos", mientras los que tienen cargas positivas se conocen por "catiónicos". Algunos compuestos que carecen en absoluto de carga eléctrica se conocen por "polielectrólitos no-iónicos". Debido a la gran variedad de monómeros disponibles como material de partida, y la adicional que puede obtenerse recurriendo a la modificación del peso molecular, diversidad de carga y grupos ionizables, no es sorprendente que para el tratamiento de agua se disponga de un gran surtido de polielectrólitos.

La ventaja principal que brindan los polielectrólitos es un aumento muy grande del tamaño de los flóculos, debido al tamaño muy superior del flóculo, su velocidad de sedimentación también aumenta. Existe una dosis óptima de polielectrólitos para que se lleve a cabo una buena floculación ya que una superior inhibe o da lugar a una floculación deficiente.

Al revés de lo que ocurre con los polielectrólitos aniónicos, los tipos catiónicos pueden comportarse como floculantes sin necesidad de añadir coagulantes metálicos aunque esta utilización suele tener por resultado una turbiedad residual bastante elevada. Cuando se emplean con coagulantes, los polielectrólitos catiónicos brindan las ventajas adicionales siguientes: 1) pueden reducir las necesidades de alumbre o hierro porque se utiliza una menor cantidad de las sales; 2) pueden atenuar las interferencias que experimenta la coagulación debida a determinadas sustancias, como el tripolifosfato y la lignina, y 3) son capaces de flocular a organismos vivos, tales como las algas y bacterias.

La mayor parte de los polielectrólitos no iónicos se derivan de fuentes naturales, tales como el almidón y las gomas de los polisacáridos.

Al igual que el caso la sílice activa, el orden preferente de adición de los polielectrólitos es función del agua en cuestión. Por regla general, el polímero se añade en forma de solución diluida junto con el coagulante metálico o poco después de éste.

Así como regla general, los polímeros catiónicos son diseñados para trabajar con valores bajos del pH, y los aniónicos con valores altos. Los no iónicos sólo son influidos débilmente por el pH. La regla general no debe interpretarse como que los polímeros no son efectivos cuando el pH es bajo; simplemente quiere decirse que, en este caso, ya no son iónicos. Pueden tener buenos resultados en la floculación de sólidos cuando el pH es bajo tan sólo a causa de sus enlaces no iónicos. Lo mismo se aplica a los catiónicos, aun cuando no están cargados cuando el pH es alto, pueden ser efectivos como coagulantes debido a sus grupos polares.(1,5,21)

12.5 OTROS PRODUCTOS QUIMICOS USADOS EN LA COAGULACION CAL

El Principal uso de la cal en la coagulación es proporcionar a alcalinidad artificial a las aguas que se van a tratar con sulfato de aluminio o sulfato ferroso. La cal se puede utilizar como coagulante sin auxilio adicional de productos químicos para aguas que tengan un elevado contenido de compuestos de magnesio. Por lo tanto, una gran proporción del magnesio se transforma en una masa floculenta. Sin embargo, cuando se coagulan con cal aguas que contengan magnesio, éstas tienen una elevada alcalinidad.(21)

SILICATOS DE SODIO

Los silicatos de sodio, formados por el óxido de sodio, Na_2O , y la sílice, SiO_2 , en diferentes proporciones, se utilizan para producir grandes flóculos. (21)

13. CONCLUSIONES

El agua de primer uso es un bien cada vez más escaso en la mayoría de las regiones de nuestro país y esta carencia de recursos constituye un severo limitante al desarrollo de los procesos productivos. Por ello, es día a día más prioritaria la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, así como la opción de medidas que conduzcan al mejor aprovechamiento del recurso y a la práctica de un uso más eficiente.

Una alternativa viable es la utilización de las aguas residuales, acción que puede ser clave, no sólo para cubrir un déficit de suministro, sino para la preservación y uso más racional de los escasos recursos disponibles de agua subterránea y superficial de buena calidad.

En los últimos años se han logrado, avances considerables en los procesos de tratamiento químico, biológico y físico. Hoy día se dispone de equipos más eficaces o se conoce un poco más sobre los tratamientos para obtener un agua que se pueda reutilizar. Sin embargo, cualquier procedimiento exige cierto capital, esfuerzos considerables y tiempo. Quizá ésta sea la razón por la cuál no se ha definido la práctica a efectuar estudios más avanzados. Actualmente, sin embargo, la creciente consistencia de optimizar las inversiones y la aplicación de las normas de anticontaminación estrictas, se prevee un interés creciente en la administración del abastecimiento del agua por la reutilización del agua y por el tratamiento de las aguas residuales.

Esto significa que todos debemos darle más importancia al agua, tratar de conservarla y restaurarla a su calidad original, ya que tantos beneficios nos proporciona y que tan poco apreciamos y conocemos.

14. BIBLIOGRAFIA

- 1.- American Water Works Association, (1975). Coagulación y Floculación. En: Control de Calidad y Tratamiento del Agua, Ed. Mc. Graw-Hill. New York. pp. 75-112.
- 2.- Ferrero, H.J., (1974). Floculación. En: Depuración Biológica de las Aguas, Ed. Alhambra. México. pp. 106-110.
- 3.- Germain, L., Colas, L., Rouquet, J.,(1982). Coagulación Floculación. En : Tratamiento de las aguas. Ed. Omega Barcelona. pp. 37-42.
- 4.- American Water works Association, (1971). , Water Quality and Treatment a handbook of public water supplies, Ed. Mc Graw-Hill, New York. pp. 80-85
- 5.- Verrey, M. (1968) Coagulantes y Coagulación. En: Agua su Calidad y Tratamiento, Ed. UTEHA, México.pp. 137-153.
- 6.- Hilleboe, H. E.,(1979). Métodos de Purificación del agua. En : Manual de Tratamiento de Aguas, Ed. Limusa, México. pp. 79-86.
- 7.- Babbit, H.E., Bauman, E. Robert., (1977). Tratamiento Químico. En : Alcantarillado y Tratamiento de aguas Negras, Ed. CECOSA. México. pp. 525-533.

- 8.- Rodriguez, O.L.J., (1990). La Naturaleza de las Aguas Residuales en las industrias de Procesos Químicos. En: Tratamiento de Aguas Residuales Industriales y sus Soluciones. México. pp. 10-12
- 9.- Fair, G. M., Geyer, J.C., Okun, D.A., (1971). Sólidos de desecho del Tratamiento de las Aguas y Aguas Residuales. En: Ingeniería Sanitaria y de Aguas residuales Vol. 2, Ed. Limusa México. pp. 611-612.
- 10.- Wayne, K. M., Shatly, H.B., (1956). Coagulation and Flocculation. En: Industrial Oily Waste Control. American Petroleum Institute, American Society of Lubrication. Associate Editors. New York. pp. 61-66.
- 11.- Sheppard, T.P., (1976). Coagulación Química : Teoría. En: Acondicionamiento de Aguas para la Industria. Ed. Limusa. México pp. 35-53.
- 12.- American Society for Testing and Materials, (1976). Coagulación. En : Tratamiento de aguas para usos Industriales, Ed. Limusa, México. pp. 87-89
- 13.- Nalco, (1988). Coagulación y Floculación. En: Manual del agua su naturaleza Tratamiento y Aplicaciones, Tomo I, Ed. Mc. Gran-Hill, México. pp. 81-90.
- 14.- Weber, W.S. (1979). Coagulación y Floculación. En Control de Calidad del Agua. Ed. Reverté. España. pp. 64-81.

- 15.- Hudon, H.E.,(1965). Physical Aspects of Flocculation. Journal AWWA. Vol. 41. No.5. pp. 885-892.
- 16.- Shuval, H. I. (1977). Coagulation and Flocculation. En : Water Renovation and Reuse, Ed, Academic Press, New York. pp. 10-15.
- 17.- Steel, E. W., (1981). Coagulation-Sedimentation. En: Water Supply Seurance, Ed. Mc. Graw-Hill, Barcelona. pp. 253-259
- 18.- Unda, O. F., (1969). Plantas de Tratamiento de Agua Potable. En : Ingeniería Sanitaria aplicada a Saneamiento y Salud Pública, Ed. UTEHA, México. pp. 131-139.
- 19.- Kawamura, S.(1973). Coagulation Considerations. Journal AWWA. Vol. 56. No.10. pp. 417-423.
- 20.- Letterman, R.D., Ovon, J.E. and Gemmell, R.S., (1973). Influence of Rapid-Mix Parameters on Flocculation. Journal AWWA, Vol. 53.No.8. pp. 716-721.
- 21.- Hardenbergh, W.A, Rodie, B., (1977). Tratamiento del Agua mediante Cribado y Sedimentación. En : Ingeniería Sanitaria, Ed. CECSA, México. pp. 280-287.
- 22.- Nordell, E., (1976). Sedimentación, Coagulación, Asentamiento y Filtración. En : Tratamiento de Agua para la Industria, Ed. CECSA, México. pp. 385-394.

1.- Orgánicos solubles que incluyen productos químicos, sintéticos y productos naturales provenientes de animales y plantas. Si bien los microorganismos pueden degradar la mayoría de estos en el medio ambiente, son indeseables porque la biomasa creciente agota el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua al cual son descargados.

El contenido de materia orgánica se expresa comunmente como demanda bioquímica o química de oxígeno. La demanda bioquímica de oxígeno en cinco días DBO5 es la cantidad de oxígeno que tiene que ser sumado a las aguas residuales para soportar la actividad de los microorganismos por un período de cinco días. Una medida relacionada con esto es la demanda química de oxígeno (DQO), la cual es la cantidad de oxígeno proveniente del dicromato de potasio, necesario para oxidar químicamente una corriente de agua residual dada.

La Materia orgánica no biodegradable puede ser analizada también como carbono orgánico total, la cual es analizada y medida por oxidar toda la materia orgánica hasta dióxido de carbono.

Esta categoría incluye ciertos químicos que causan olor, sabor y espuma en agua de abastecimiento. (2,8)

2.- Metales pesados tales como mercurio, cromo, plomo y otros compuestos como el cianuro, son objeto de límites muy estrictos porque son venenosos.

CROMO. El cromo no se encuentra en aguas naturales, pero suele encontrarse en las aguas que están expuestas a la contaminación por los desperdicios de industrias de cromado, se obtienen en ciertos procesos metalúrgicos, especialmente en la laminación eléctrica. Las sales de cromo trivalente son

inocuas, se sabe que las sales del cromo hexavalente son irritantes, no deben descargarse en una atarjea urbana. La eliminación del cromo hexavalente y posiblemente de otros metales tóxicos, puede llevarse a cabo por reducción con sulfato ferroso y precipitación como hidróxido, a un pH de 8.5 a 9.0 usando cal. La reducción del cromo hexavalente se puede lograr más eficazmente a un pH de 3.0 a 5.5, con bióxido de azufre.

PLOMO. El plomo no está presente en las aguas naturales y tampoco lo estaría en las aguas de abastecimiento si no fuese por la contaminación directa por el arseniato de plomo y otras sales de este metal. El problema de contaminación con el plomo ocurre cuando las aguas corrosivas permanecen durante cierto tiempo en tuberías de plomo o entran en contacto con materias que contienen plomo empleadas en juntas roscadas de tubería.

El envenenamiento causado por el plomo es normalmente el resultado del efecto tóxico acumulativo del plomo después de un consumo prolongado de agua que tenga concentraciones pequeñas, pero importantes.

MERCURIO. El mercurio puede encontrarse en el agua por contaminación de desechos industriales; su toxicidad depende de la forma química en que se presenta; el derivado metálico es más dañino que el metal y proviene de la metilación microbiana; en bajas concentraciones causa problemas neurológicos, irritabilidad, depresión y en concentraciones altas la muerte. (8,9,10)

mediante almacenamiento en estanques. También se han tratado con sales de Aluminio o Hierro por mezcla y floculación seguidas de una sedimentación. (10)

5.- Los nutrientes tales como: nitrógeno y fósforo son necesarios en tratamiento biológico, pero el exceso de N y P deberá removerse, ya que estos hacen crecer rápidamente a las algas en lagunas y pilas, las cuales pueden disminuir el oxígeno del agua por un proceso conocido como eutroficación. (8)

6.- Los sólidos suspendidos y coloides hacen que el agua se opaque; un agua clara esta libre de estos. También, los sólidos suspendidos en un efluente con sedimentación eventual, forman bancos de lodo bajo la corriente. Los sólidos suspendidos totales incluyen todos los materiales sólidos orgánicos e inorgánicos. Los sólidos suspendidos volátiles incluyen solamente aquellos que pueden oxidarse a gas a 550°C; la mayoría de los orgánicos pueden ser oxidados, mientras los inorgánicos podrán permanecer como cenizas.

Con frecuencia un efluente contiene células del proceso de tratamiento biológico; estas son muy volátiles. (9)

7.- El color, turbidez y olor son desagradables y deben ser removidos. El color es un problema típico de plantas de pulpa, papel y plantas textiles. El olor puede ser producido por materiales tales como sulfuros; otros productos químicos volátiles también contaminan el aire. (11)

8.- Los contaminantes prioritarios son los compuestos químicos orgánicos específicos, metales pesados y iones que son regulados individualmente por la agencia de protección ambiental, secretaria de desarrollo social.(SEDESOL).

Estos son más de cien; los límites de los efluentes para cada uno son expresados típicamente en partes por billón. Obviamente existe gran cantidad de desechos distintos que se deben tratar, cosa que económicamente requiere una combinación de varios procesos en la mayoría de los casos. (8)

8. FUENTES Y CLASES DE SÓLIDOS RESIDUALES

Los productos finales principales del tratamiento de las aguas y aguas residuales son : 1) el agua producida o el efluente de la planta de tratamiento y 2) los lodos o suspensiones de sólidos obtenidos como subproductos. El agua producida y el efluente de las plantas de tratamiento son productos terminados, mientras que los lodos y suspensiones no lo son. Debido a su origen, su consistencia acuosa, volumen y putrescibilidad, la mayor parte de ellos requieren proceso antes de ser transportados o desalojados hacia el drenaje. El proceso tiende a asegurar la higiene y aceptabilidad de lodos o suspensiones, y a reducir el volumen y peso de los materiales que se van a manejar, transportar o desalojar.

El peso seco de los sólidos de desecho es el peso de los sólidos sedimentables en el momento de la separación de los sólidos o de la transferencia de la fase desde el agua que tienen en suspensión. Se encuentran incluidos los naturalmente presentes en las aguas y aguas residuales; 2) los aditivos - coagulantes y precipitantes químicos, por ejemplo - que convierten a los sólidos

no sedimentables indeseados en sólidos sedimentables; 3) las partículas biológicas desprendidas y los flóculos biológicos de desecho u otras biomásas generadas por los organismos vivientes a partir de materia orgánica nutritiva durante el tratamiento de las aguas residuales.

Son ejemplos de sólidos de desecho procedentes del agua y las aguas residuales, los siguientes:

1.- Los sólidos densos, principalmente minerales sedimentados de aguas turbias de río, con o sin el beneficio de la coagulación.

2.- Los sólidos floculentos, minerales y orgánicos, sedimentados de aguas superficiales coaguladas o contenidos en las aguas de lavado de los filtros de agua.

3.- Los sólidos floculentos, principalmente minerales, que van a ser depositados precipitados por aereación o por productos químicos de aguas que contengan hierro o manganeso en solución.

4.- Los sólidos densos principalmente minerales , removidos como suspensiones espesas después de la precipitación de aguas duras o después de la evaporación de aguas salinas.

5.- Los sólidos densos, principalmente minerales, removidos como arenillas.

6.- Los sólidos de tamaño considerable, principalmente orgánicos, removidos por los coladores de rejillas y tamices de las aguas residuales.

7.- Los sólidos flotantes, principalmente orgánicos, removidos como espumas o natas de las aguas residuales en los tanques de flotación, desnatado o sedimentación.

8.- Los sólidos que se sedimentan, principalmente orgánicos, removidos como lodos o flujos de fondo de los tanques sedimentadores de aguas residuales.

Las descripciones de los sólidos de desecho se derivan también del proceso de tratamiento en el que se originan. Son ejemplos, los lodos de la coagulación química, el ablandamiento químico, y los lodos de la desferrización o de las plantas de purificación de aguas y de la sedimentación simple, la precipitación química, el humus de los filtros goteadores y los lodos activados de desecho en las plantas de tratamiento de aguas residuales. (1,9)

9.COAGULACION.

El término coagulación se deriva del latín coagulare que significa juntar.

En el tratamiento de agua el objetivo es desestabilizar el sistema y esto se logra adicionando un producto químico a la dispersión coloidal reduciéndose así las fuerzas que tienden a mantener separadas a las partículas. Desde el punto de vista operativo, la coagulación se logra añadiendo el producto químico apropiado para que las partículas se aglomeren cuando establezcan contacto entre sí. En esta fase, para obtener una dispersión uniforme del producto químico y aumentar las oportunidades de contacto entre las partículas, una mezcla rápida

es muy importante, el proceso transcurre en un tiempo muy corto, probablemente en menos de un segundo, e inicialmente conduce a la formación de partículas de tamaño submicroscópico.

En la segunda fase de formación de partículas sedimentables, a partir de partículas desestabilizadas de tamaño coloidal, se conoce por "floculación".

Este término también se deriva del latín, en este caso del verbo floculare, que quiere decir formar un flóculo que se asemeja a una pelusa de lana o a una estructura porosa muy fibrosa. Al contrario de la coagulación, donde la fuerza primaria es de tipo electrostático o interiónico, la floculación se debe a un mecanismo de formación de puentes químicos y enlaces físicos. Desde el punto de vista operativo, la floculación se consigue recurriendo a una mezcla moderada y prolongada, que transforme las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico, en otras suspendidas, discretas y visibles. En esta fase, las partículas tienen un tamaño suficiente para sedimentar rápidamente por gravedad y pueden eliminarse de la suspensión por filtración.(1)

Se han propuesto dos teorías para explicar los mecanismos involucrados en el fenómeno de la coagulación.

1.- Teoría Química. Parte de la consideración de que los coloides adquieren cargas eléctricas superficiales mediante la ionización de grupos químicos existentes en su superficie y que la coagulación o desestabilización es el resultado de interacciones químicas entre las partículas del coloide y el coagulante. Algunos coloides son estables indefinidamente y otros no lo son. Los sistemas coloidales inestables termodinámicamente se han llamado irreversibles. Ejemplos de coloides reversibles incluyen micelas de jabón y detergentes, proteínas y almidones; ejemplos de sistemas irreversibles incluyen arcillas, óxidos, metálicos y microorganismos.