

AGUAS NEGRAS (*Continuación*)

En muchas plantas cada línea de tubería de distribución está provista con un tapón o válvula de manera que el tubo y la línea puedan lavarse fácilmente. Cuando éste no es el caso, la boquilla de la regadera situada al final de cada línea debe quitarse durante el período de la dosificación para que la corriente adquiera una velocidad suficiente que le permita lavar la línea de tubería.

Funcionamiento durante el invierno.—Cuando se emplean boquillas de regadera, los tubos que conducen las aguas negras a éstas pueden helarse fácilmente. Esto se puede evitar usando el tipo de válvula llamado de "sangría" u otra válvula semi-abierta para vaciar las líneas de distribución en los intervalos en que no trabajan. Esta válvula debe colocarse en un agujero pequeño y fácil de inspeccionar.

En los distribuidores de revolución las aguas negras entran por la columna central. Durante el frío riguroso esta parte del distribuidor se puede proteger contra el frío envolviéndola con arpielera o en otra forma semejante. Cuando los intervalos entre las dosificaciones son relativamente largas, se puede usar en el mismo objeto una válvula que permita drenar la columna central.

Prevención de los olores.—Si las aguas negras son sépticas, la aireación por medio de los surtidores es una manera efectiva de liberar los gases de sulfuro de hidrógeno que son los que producen el mal olor. Este objeto también se consigue, aun cuando en menor escala, con el empleo de distribuidores del tipo rotatorio. Los olores se deben controlar eliminando las causas antes de que las aguas negras lleguen a las boquillas. Probablemente la preclorinación es el procedimiento más efectivo y económico. Este se describirá detenidamente en la sección sobre clorinación.

Registros de funcionamiento.—Los registros de funcionamiento deben indicar las unidades del filtro en servicio cada día, el número de las boquillas limpiadas, las fechas de limpieza de los distribuidores principales y de los drenes inferiores, así como datos de detalles similares; también debe aparecer la velocidad a la cual se han operado los filtros.

Los métodos de tratamiento y las fechas de las medidas tomadas para la corrección de los pozos, así como para el control de la *P. alternata* y otros asuntos fuera de lo corriente, también deben llevarse en estos registros.

Los resultados del tratamiento son anotados por medio de las pruebas de DBO en el afluente y en el efluente y cuando no se hagan éstas, con los resultados de las pruebas con azul de metileno. Los sólidos sedimentables en el efluente del filtro se anotan corrientemente por medio de los resultados obtenidos en las pruebas hechas con conos de Imhoff.

Sedimentación secundaria.—De tiempo en tiempo, y principalmente durante la primavera o el otoño, los filtros de goteo se "descargan." El material acumulado en los intersticios del lecho se desprende y es arrastrado después por las aguas negras. Se acostumbra mantener un tanque de sedimentación secundaria para el efluente del filtro de goteo; el período común de retención es de 1 a 1½ hora. El funcionamiento de un tanque de sedimentación secundaria no difiere materialmente del de un tanque de decantación primaria.

Carga de los filtros de goteo.—Para comprobar la carga de un filtro de goteo, se determina la DBO del agua cloacal aplicada al filtro en partes por millón. El aporte diario en millones de galones multiplicado por la DBO en ppm y por 8.33, da las libras de la DBO en un período de cinco días aplicadas por día. Este número dividido por el área del filtro en acres da la carga por acre. Una carga de 1800 a 2200 lb diarias se considera como normal.

LECHOS DE CONTACTO Y FILTROS DE ARENA

Lechos de contacto.—Los lechos de contacto, que ya no se emplean más en las nuevas plantas municipales, son hechos de piedra partida de más o menos del mismo tamaño y tipo que en los filtros de goteo; sin embargo, en estos lechos la piedra se mantiene más apretada. En lugar de gotear sobre la piedra, como es el caso en los filtros de goteo, las aguas negras se mantienen en contacto con la piedra por una hora o más: de ahí el nombre lechos de contacto. La película orgánica que se forma sobre la piedra es igual a la formada en los filtros de goteo y da lugar a la misma acción oxidante. La proporción de operación es menor que la de los filtros de goteo, siendo por lo general de 125,000 galones diarios por acre, y por pie de profundidad media de unos 3 pies.

El ciclo de operación es aproximadamente el siguiente: se llena el lecho, esto gasta un tiempo variable de acuerdo con la velocidad y cantidad del flujo de las aguas negras que se van a tratar; el lecho se mantiene lleno desde una hora o menos hasta dos o tres horas; vaciamiento de lecho en 30 a 45 minutos, esto depende siempre del tamaño y forma del lecho; y descanso por 3 o cuatro horas. El período de descanso es quizás de más importancia que ningún otro, porque durante este tiempo es cuando las bacterias de la película formada en las piedras reducen la materia orgánica que se ha depositado.

El control de la operación se efectúa por lo general por medio de llaves de aire y sifones. Estos llenan el lecho, conducen la corriente a otros cuando el primero está lleno, regularizan el período de descanso y cuando los otros lechos han sido dosificados en rotación, el primero se vuelve a llenar.

Factores de operación.—La superficie de los lechos debe mantenerse libre de todo crecimiento orgánico; el aparato de dosificación debe inspeccionarse y medirse diariamente a fin de asegurar su funcionamiento apropiado y determinar el ciclo de operación. Los escapes de aire o los tubos obstruidos impiden la operación adecuada de los controles. Todos los tubos deben mantenerse limpios y las uniones y tubería bien ajustadas.

Cuando los lechos de contacto están nuevos, apenas tienen un 40 ó 45% de la capacidad del tanque y los lechos retendrán solamente un 40 a 45% de las aguas negras que caben en éste. Esta capacidad disminuye con el uso y al cabo de unos pocos años puede reducirse a la mitad y aun a menos de la capacidad primitiva, por los depósitos sólidos que van dejando las aguas negras en los lechos.

Cuando la capacidad del tanque se reduce notablemente, la piedra puede ser lavada o reemplazada con piedra nueva. Para conocer la capacidad de un tanque, es menester saber la proporción del flujo de las aguas negras y el tiempo requerido para elevarlo; con estos dos factores puede computarse.

Los registros de operación deben mostrar el número de lechos en uso, el número de veces que se llena cada lecho por día, y la calidad del efluente del lecho determinada por las pruebas de la DBO o del azul de metileno. En las plantas pequeñas estas pruebas deben hacerse una o dos veces por semana y en las grandes todos los días.

Lechos de arena.—Un filtro de arena es un lecho de unas 30 pulgadas de arena con drenes inferiores y con medios para aplicar las aguas negras en la superficie. La arena le quita algunas impurezas a las aguas negras por simple acción mecánica y por la oxidación que resulta de la película orgánica formada en la superficie de los granos. Esta película es igual a la que se forma en la superficie de las piedras de los filtros de goteo y obra de la misma manera.

La proporción de operación de un filtro de arena es alrededor de 75,000 a 100,000 galones por acre y por día, sin tomar en cuenta la profundidad. Estos filtros dan mejores resultados que los filtros de goteo o los lechos de contacto. La gran

extensión que se requiere y el peligro de emanación de malos olores de los lechos, hacen que el empleo de estos filtros sea inadecuado para las grandes ciudades y aun para las de regular tamaño; apenas se pueden usar en pequeñas comunidades.

Operación de los filtros de arena.—Las aguas negras se aplican a los lechos intermitentemente. Un acre contiene 43,500 pies cuadrados. La proporción que se debe aplicar depende de la clase de las aguas negras, si son crudas o están ya sedimentadas. Si la proporción de operación es de 87,000 galones por día, la proporción por pie cuadrado es de 2 galones diarios. Un pie cúbico de agua contiene 7.5 galones. Por lo tanto, para una proporción de 87,000 galones diarios por acre, la profundidad de las aguas negras que se deben aplicar diariamente es $2 \div 7.5$, ó sea 0.22 pies lo que equivale a un poco más de $2\frac{1}{2}$ pulgadas; cuando se haga esto, se alargarán los correspondientes períodos de descanso. En algunas plantas se aplican las aguas negras continuamente por 24 horas y se deja descansar el lecho por varios días.

Los lechos se deben poner fuera de servicio a intervalos para que se sequen. Una vez secos se debe rastrillar o arañar la superficie para quitarle la película que se le forma algunas veces. La arena no debe ser arada, respada o sacada porque esto tiende a colocar bajo la superficie la arena ya obstruida. El lecho debe rastrillarse ligeramente en cuanto se necesite hasta que haya algún signo que indique que la parte superior del lecho se ha obstruido, en este caso se procede a quitar una capa delgada, de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ pulgada.

La superficie de los lechos se debe mantener a nivel para que todas las porciones reciban la misma dosis, también se debe impedir toda clase de vegetación. Una vez al año, más o menos, los lechos se deben escarbar por completo y se les debe agregar arena limpia en cantidad suficiente para que vuelvan a su espesor original.

Operación de los lechos de arena durante el invierno.—Durante el invierno, los lechos se arreglan en surcos, es decir, se hacen montones de arena de un pie de altura con 2 pies de separación, o también en elevaciones de 6 a 12 pulgadas de alto con 2 a 3 pies de canal entre cada uno. Durante el frío los lechos se llenan hasta la cima de los montones y se deja que se congelen. El hielo que se forma se sostiene sobre los surcos y se convierte en una capa protectora que permite que el lecho opere satisfactoriamente. Se debe tener mucho cuidado al formar los montones de arena a fin de que todo el lecho quede accesible a las aguas negras. Inmediatamente que pase el peligro de las heladas el lecho se debe limpiar y nivelar nuevamente.

Registros de operación.—En los registros de operación se debe anotar el número de lechos en servicio con la proporción de aplicación; el número de lechos limpiados y la cantidad de material que se les ha quitado, y la DBO o la putrescibilidad del efluente del lecho de arena determinada con la prueba de azul de metileno.

Tratamiento químico.—Se puede aumentar la eliminación de los sólidos suspendidos en las aguas negras con ciertas sustancias químicas. Estas sustancias forman un precipitado floculento y gelatinoso que no sólo aglutina las partículas más finas que están en suspensión sino que también apresura la decantación. Con el sólo proceso de sedimentación apenas se alcanza a retirar el 50% ó 60% de los sólidos en suspensión en un período de 2 a 3 horas, y muy poco más alargando el tiempo de sedimentación, mientras que usando ciertas sustancias químicas, se puede lograr una remoción prácticamente total de los sólidos en suspensión.

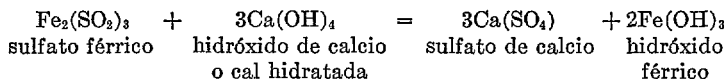
En una planta que haya sido bien planeada y que funcione correctamente, la DBO puede reducirse en un 75% más o menos, y lograrse, con el auxilio de sustancias químicas, la clarificación del efluente del tanque de sedimentación.

Sustancias químicas usadas.—Las sales de hierro (ferrisul, sulfato ferroso, caparrosa clorada y cloruro férrico) y el sulfato de aluminio se usan como agentes

coagulantes en el tratamiento químico de las aguas negras; y la cal se emplea para suplir la alcalinidad u otros factores requeridos.

La elección del agente coagulante que se va a usar depende del tamaño de la planta, de la calidad de las aguas negras y de su costo local, porque éste puede variar de un lugar a otro. Para determinar cuál es el mejor coagulante es deseable hacer experiencias previas a la selección porque algunos agentes químicos reaccionan mejor que otros con ciertas clases de aguas negras. El cloruro férrico ofrece algunas ventajas para las plantas grandes; en las pequeñas es preferible un compuesto químico que sea fácil de almacenar, manipular y aplicar.

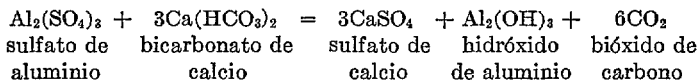
Ferrisul.—Este es el nombre de fábrica de un sulfato férrico preparado en forma granular para facilitar su manipulación y aplicación; puede formar un coágulo con pH muy diferentes, puede considerarse que no lo afectan los cambios de acidez y alcalinidad que ocurren ordinariamente en las aguas negras. Por lo general, en éstas hay suficientes sustancias alcalinas para reaccionar con el ferrisul; en caso de que faltaren se les debe agregar cal. La reacción que se verifica entre el ferrisul y la cal hidratada es la siguiente:



El coagulante que se busca es el hidróxido férrico.

El ferrisul se puede usar directamente en solución o aplicarse en forma seca a un recipiente para efectuar allí la solución antes de agregarlo a las aguas negras.

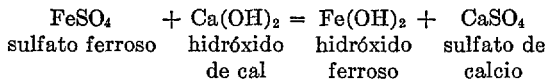
Sulfato de aluminio.—La fórmula química del sulfato de aluminio es $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. La coagulación se hace mejor con un pH de 6.5 a 8.5. Para la reacción se necesita técnicamente una alcalinidad de 7.7 ppm por grano y por galón (17.1 ppm) de sulfato de aluminio que se use; este grado de alcalinidad se encuentra corrientemente en las aguas negras. Cuando está en forma de bicarbonato de calcio la reacción es:



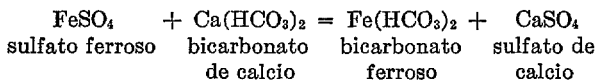
El coagulante que se busca es el hidróxido de aluminio. El sulfato de aluminio se emplea ordinariamente en polvo o en forma granulada, pero también puede aplicarse en solución directamente.

Sulfato ferroso.—Frecuentemente se denomina caparrosa a este compuesto químico que no se debe confundir con el sulfato de cobre; su fórmula es $\text{FeSO}_4, 7\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$. Se encuentra en forma de terrones o en forma de "azúcar de hierro"; en esta última forma tiene menos de 7 moléculas de agua.

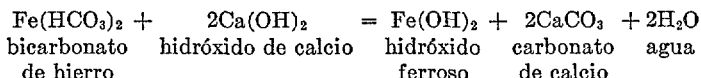
Para el tratamiento con este agente se debe agregar cal a las aguas negras para aumentar sus carbonatos alcalinos y facilitar la reacción con el sulfato ferroso. La cal se puede agregar antes o después del sulfato. Cuando se agrega antes, la reacción es como sigue:



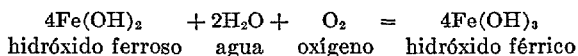
Cuando el sulfato ferroso se agrega a aguas negras que contienen bicarbonatos alcalinos, la reacción que se verifica es:



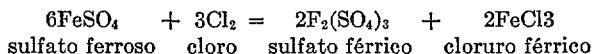
Si después se le agrega cal, se forman los siguientes compuestos:



Para obtener el hidróxido férrico que es el coagulante que se desea, debe haber suficiente oxígeno para oxidar el hidróxido ferroso. El oxígeno se provee generalmente con la cloración, porque el cloro al combinarse con el agua pone en libertad O_2 , pero también puede suplirse por medio de la aeración. En ambos casos la reacción es:



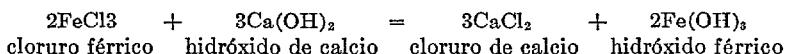
Caparrosa clorada.—La caparrosa clorada se hace en el mismo lugar en que se va a usar, agregando cloro a una solución de sulfato ferroso. La reacción entre la caparrosa y el cloro produce sulfato y cloruro férricos:



Técnicamente una libra de cloro reacciona con 8 de sulfato ferroso, pero en la práctica se debe agregar un 10% más de cloro para conseguir la oxidación de toda la caparrosa, además se debe aguardar un tiempo suficiente para que se verifique la reacción. Cuando el cloro se emplea como desinfectante, se debe agregar una cantidad más que suficiente para que oxide la caparrosa. El coagulante que se busca es el hidróxido férrico que resulta de la reacción con los carbonatos alcalinos, como se explicó anteriormente.

La coagulación se hace mejor cuando el pH está por debajo de 7.0.

Cloruro férrico.—La reacción entre esta sal y la cal produce hidróxido férrico, compuesto insoluble, de la manera siguiente:



La coagulación se puede obtener con una escala extensa de pH.

El cloruro férrico se emplea comúnmente en solución.

Cal.—La cal se encuentra en forma de óxido de calcio, CaO ; o de cal apagada, hidratada o hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El óxido de calcio es la cal viva, se debe hidratar antes de aplicarlo en solución. La cal apagada se puede emplear en forma seca. Cuando se necesitan grandes cantidades, como en las plantas de gran tamaño, la cal viva puede resultar más barata. En las plantas pequeñas es preferible la cal apagada porque su manipulación es más fácil, no se deteriora al almacenarla, y porque se encuentra en el mercado en sacos de tamaño conveniente.

Para poder dosificar adecuadamente la cal es preciso conocer su contenido en calcio; en la cal viva puede variar de 75 a 99%, y en la apagada, de 85 a 99%. La cal viva se debe comprar y usar a base del calcio que contenga.

Si se supone un 100% de CaO en la cal viva y un 100% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en la apagada, 75.7 libras de la primera equivaldrán a 100 libras de la segunda; y 100 libras de cal viva a 132 de cal apagada. Esta relación se modifica según el porcentaje de CaO o de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de la cal empleada. Por ejemplo, si la cal apagada tiene un 95% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 140 libras ($132 \div 95$) equivaldrán a 100 libras de cal viva con un 100% de CaO .

Aplicación de los agentes químicos.—Los compuestos químicos se emplean en solución o en forma seca, según sus características. Como regla general, es más sencillo emplearlos en forma seca que en solución; algunos son poco solubles;

también es más sencillo emplear un solo agente que dos, sobre todo cuando es preciso ajustar la dosis relativa de cada uno. Esta regla se refiere especialmente a las plantas pequeñas, donde es más difícil conseguir empleados hábiles para mezclar apropiadamente las sustancias químicas y para el control cuidadoso de 2 ó más máquinas de aplicación.

Algunos agentes químicos son corrosivos y es preciso que los aparatos empleados para su aplicación sean fabricados con metales que no se corroan o estén recubiertos con caucho. Información acerca de este punto se puede obtener de las casas fabricantes de las sustancias químicas o del equipo de distribución.

Mezcla de los agentes químicos.—Es esencial mezclar bien y de manera completa el agente y las aguas negras para obtener buenos resultados y para economizar la sustancia química. La agitación o mezcla que se hace al pasarlas por una criba, por una cámara de arena o por un canal con tabiques, no es suficiente por lo general; prácticamente, en todos los casos es necesario un mezclador mecánico o de aire, u otro aparato similar. La fuerza empleada en hacer la mezcla varía de acuerdo con los agentes químicos y las aguas negras, y por consiguiente es preciso regular la cantidad y la intensidad del proceso. Se debe considerar el proceso de mezcla inmediata o de alta velocidad que precede a la coagulación o mezcla lenta.

Para determinar el resultado del tratamiento químico se puede usar, en los ensayos preliminares, mezcladores temporales o improvisados, pero para uso permanente se deben instalar aparatos adecuados, aun cuando sólo se empleen por 2 ó 3 meses en el verano. Este costo se justifica por los mejores resultados que se obtienen con los últimos.

Dosificación de los agentes químicos.—La dosis depende de los resultados que se deseen. En la mayor parte de las plantas se usan dosis inferiores a las requeridas para lograr el resultado óptimo que se puede esperar del tratamiento químico. Las aguas negras varían tanto que es imposible dar una regla fija. Las pruebas de laboratorio son útiles para estimar la cantidad probable de sustancia química que se necesita. Se sugiere que con el promedio de las aguas negras se use como dosis mínima en los ensayos, 80 ppm y que además se hagan otras pruebas con 100, 120 y 140 ppm. La razón para esto, es que las pruebas se hacen por lo general durante la primera parte de la tarde, período en el cual las aguas negras están más concentradas y son más difíciles de coagular; mientras que de las 5 P.M. a las 9 A.M. se requerirá una cantidad más pequeña del agente químico.

Una cantidad más pequeña del compuesto—50 ó 60 ppm—puede producir un efluente muy superior al que se obtendría sin tratamiento químico; pero en cambio, una cantidad adecuada puede producir en la mayor parte de los casos un efluente claro y espumoso, casi igual, en apariencia, al de los filtros de arena. Las dosis pequeñas, sin embargo, dan a menudo excelentes resultados con las aguas cloacales de la noche que están menos concentradas.

Preparación de soluciones para los análisis de laboratorio.—Se pueden preparar las soluciones agregando 10 gm del agente químico a un litro de agua. Un mililitro de esta solución en 1 litro de aguas negras equivale a una dosis de 10 ppm.

En algunos casos, principalmente con cal cuyo contenido en CaO o Ca(OH)_2 pueda variar, las cantidades de sustancia química que se necesitan se deben basar en las características del lote que se vaya a usar. Como regla general esto se puede pasar por alto en las pruebas de rutina del laboratorio.

Si se usan recipientes de 1 "cuarto" en vez de 1 litro, la cantidad de sustancia química que se debe agregar al "cuarto" de agua debe ser de 9.02 gm para obtener una dosis de 10 ppm cuando se añade 1 mililitro de la solución a 1 "cuarto" de aguas negras.

Procedimiento para determinar la dosis.—Un método práctico consiste en agregar dosis diferentes del coagulante a varios recipientes que contengan un litro de aguas negras. Suponiendo que la prueba se haga con sulfato de aluminio y que se empleen 6 recipientes, se preparan las soluciones que se necesitan y se pone la cantidad adecuada de aguas negras en cada recipiente, y se procede de la manera siguiente:

Se averiguan y se anotan el pH y la hora en que se toma la muestra; se agrega el sulfato de aluminio en cantidades progresivas:

Reci- piente No.	Dosis en ppm.	Reci- piente No.	Dosis en ppm.
1	70	4	100
2	80	5	110
3	90	6	120

Las muestras se agitan 10 ó 15 minutos y se dejan decantar. En términos generales, en las aguas negras tratadas químicamente, se debe formar rápidamente un coágulo de partículas grandes que se sedimentan en poco tiempo.

Se anota el recipiente en que se presenta la mejor reacción y se ensaya esta dosis en la planta; si no se forma un coágulo satisfactorio y el pH está entre 6.5 y 8.0, se ensaya una dosis más grande de sulfato de aluminio. Se debe repetir la prueba con muestras de las aguas negras de la noche y de una hora temprana de la mañana.

También se deben hacer experimentos semejantes con ferrisul, sulfato ferroso y cloruro férrico, usando no sólo las dosis descritas sino también más pequeñas y más grandes. Si es necesario, se puede ajustar el pH con cal para volverlo más alcalino o con ácido sulfúrico para volverlo más ácido; se determinará con pruebas preliminares qué cantidad se necesita de uno u otro. El ácido sulfúrico se debe diluir antes de usarlo en una proporción de 50 a 100 partes de agua por una parte de ácido.

Resultados del tratamiento químico.—En una planta bien planeada y manejada, se puede quitar la turbidez durante las 24 horas, en la mayoría de los casos, si se emplean dosis adecuadas de los compuestos químicos. La reducción en la DBO promediará 75%; se removerán casi por completo los sólidos en suspensión, y se reducirán los sólidos disueltos y las partículas coloidales.

Puntos esenciales en el tratamiento químico.—El punto más importante es la determinación del agente químico apropiado. Por experiencia se sabe que no se pueden obtener resultados óptimos con un solo agente en todos los tipos de aguas negras. Antes de escoger el agente, se deben ensayar varios por un período suficientemente largo para conocer su verdadero valor. Se recomienda analizar adecuadamente en las plantas pequeñas, el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso y el ferrisul; y en las grandes, el cloruro férrico y los anteriores. Para obtener buenos resultados no basta que se elija el compuesto químico más conveniente sino que es preciso disponer de un equipo de aplicación y de un mezclador adecuados y que se dejen decantar el tiempo necesario. También se requiere un equipo regular de laboratorio y espacio para hacer análisis de esta clase.

La experiencia muestra claramente que es preciso tener una capacidad más grande para la digestión del lodo cuando se usan agentes químicos que cuando se hace la decantación solamente; el autor considera que se necesitan 3 pies cúbicos por persona. Parece que se requiere por lo menos una decantación de 2 horas, y que una más larga sería deseable. Darby sugiere que el flujo sea de 800 a 1,000 galones por pie cuadrado del área del tanque y por 24 horas.

Desinfección de las aguas negras.—La cloración de las aguas negras se hace con varios objetos: (1) Para reducir el número de bacterias del efluente de la planta

y disminuir así el peligro y los inconvenientes que representa para las playas de baño, los criaderos de mariscos, etc. (2) Para prevenir o controlar los olores. (3) Para mejorar la coagulación cuando se emplean el sulfato ferroso o la caparrosa como coagulantes. (4) Para reducir la DBO de las aguas negras.

Reducción bacteriana.—La cloración no mata todas las bacterias de las aguas negras pero reduce grandemente su número; no hace que sean potables las aguas que reciben las aguas cloacales tratadas, pero hace más fácil el proceso de su purificación.

La cantidad de cloro que se necesita depende de la calidad de las aguas negras; cuando éstas son crudas o no han recibido ningún tratamiento, 20 ppm es una cantidad razonable; cuando están sedimentadas, bastarán 10 ó 12 ppm; y para el efluente de los filtros de goteo o de arena, unas 5 ó 6 ppm serán suficientes.

La prueba de la ortotoluidina es el mejor procedimiento para determinar la cantidad de cloro que se necesita, porque mide el cloro residual que queda después del período de contacto, que en general es de 15 minutos.

La composición de las aguas negras varía considerablemente durante el día, por lo general, son más concentradas al principio de la tarde. La dosificación del cloro se debe ajustar para este período; en muchos casos también, será preciso ajustarla para el período nocturno que por lo común tiene un flujo más reducido y diluído.

Control de los olores.—Los olores aparecen a medida que las aguas negras se descomponen; el productor de olores más común e importante es el ácido sulfhídrico. El cloro sirve para impedir que se forme o para neutralizarlo cuando existe. La prevención es más efectiva porque se necesita menos cloro.

El método más común de prevención es la aplicación de cloro en el colector principal tan lejos como sea posible de la planta de tratamiento. El cloro obra sobre los micro-organismos de las aguas negras que descomponen los compuestos sulfurados y dejan en libertad el azufre. Para reducir los olores se puede requerir de 3 a 30 ppm de cloro; generalmente de 8 a 10 ppm son suficientes para lograr una marcada reducción. En los lugares en que los olores se sienten únicamente por la tarde, la cloración se puede limitar a estas horas.

El cloro se puede combinar con el azufre libre y reducir o impedir los olores, pero se necesita una cantidad considerable que vuelve poco económico el método en la mayor parte de los casos. Los olores de los filtros de goteo se han reducido en algunos casos con solo 3 ó 6 ppm de cloro.

Reducción de la DBO.—En las aguas negras que reciben una cantidad suficiente de cloro para dejar una porción residual de 0.2 a 0.5 ppm, se observa una reducción de la DBO de 5 días. Esta reducción depende hasta cierto punto de las características de las aguas negras, pero se puede estimar de un 15 a un 25%; es decir, si una muestra de aguas negras tiene una DBO de 85, se puede esperar que la cloración la reduzca a 70, y tal vez a menos. Por cada ppm de cloro que se absorba se obtiene una reducción aproximada de 2 ppm de la demanda de oxígeno. Parece que esta reducción de la DBO sea permanente.

Coagulación.—En el tratamiento químico se usa el cloro en combinación con el sulfato ferroso (caparrosa) para producir el coagulante deseado, o caparrosa clorada; con el sulfato ferroso y la cal, para suministrar el oxígeno necesario para cambiar el hidróxido ferroso a férrico que es el agente buscado en este proceso.

Modo de usar el cloro.—Se emplea principalmente en forma de cloro líquido, Cl₂; en las plantas pequeñas hay veces que se usa en forma de hipoclorito de calcio. El cloro líquido tiene un 100% de cloro utilizable; en realidad es un gas que se licúa por presión para facilitar su transporte en cilindros de acero. La presión que se necesita varía de 40 a 150 lb según la temperatura, mientras más alta sea ésta

mayor debe ser la presión; a 70°F debe ser más o menos de 85 lb por pulgada cuadrada. Los cilindros que se usan en las plantas pequeñas tienen por lo general de 100 a 150 lb de cloro, pero se pueden conseguir más grandes si se quiere. Las soluciones de hipoclorito de calcio se preparan con el producto comercial conocido con los nombres de polvo de cal, cloruro de cal o cal clorada; este producto se prepara saturando la cal viva con cloro. En el mercado se consiguen 2 tipos de hipoclorito de calcio: el cloruro de cal ordinario que contiene de 25 a 35% de cloro utilizable y que cuando se expone al aire pierde rápidamente su potencia, es decir, el cloro volatilizable. (Guardado en recipientes bien cerrados el cloro se desprende más lentamente, aproximadamente en la proporción de 1% por mes.) El otro tipo es más estable y tiene mayor cantidad de cloro utilizable, el HTH o hipoclorito de alta potencia, y el perclorón contienen alrededor de 70% de cloro utilizable.

Aplicación del cloro líquido.—Se aplica por medio de un aparato llamado clorador, el funcionamiento del cual consiste en tomar el cloro del cilindro, medirlo y aplicarlo a las aguas negras en la proporción que se desea. Este agente se puede agregar a las aguas cloacales en forma de gas o en solución acuosa.

En el tratamiento de las aguas negras se usa casi exclusivamente el aparato que sirve para aplicar el cloro en solución. Para el funcionamiento de este aparato se necesita agua a presión, dependiendo la cantidad del tamaño del clorador y del cloro que se vaya a aplicar.

Funcionamiento del clorador.—Para conseguir un funcionamiento apropiado, el cuarto en que se instala el clorador se debe mantener a una temperatura por encima de 50°F. Para evitar que el gas se condense y cause obstrucciones al pasar por un clorador que esté más frío que él, no se debe colocar el aparato contra uno de los muros que den al exterior, sino en un lugar más caliente que aquél en que está el cilindro o el tubo que lo conecta con el clorador; con este objeto se puede usar un radiador, una estufa pequeña, o un calentador eléctrico. El edificio en que se instale un clorador debe estar bien protegido o aislado contra el calor. Si el frío no es muy intenso se puede obtener el calor necesario con una bombilla eléctrica o una linterna que se dejen prendidas.

Los cilindros con cloro se deben mantener en una balanza, y se debe averiguar diariamente la cantidad que se gasta por la diferencia en el peso. En las plantas muy pequeñas la lectura del peso se puede hacer semanalmente.

La descarga máxima a 70°F. de los cilindros de 100 a 150 lb, es aproximadamente de 35 lb en las 24 horas. Se recomienda usar 2 o más cilindros unidos cuando el gasto diario pasa de 35 lb, para evitar una caída excesiva en la temperatura por el cambio del cloro del estado líquido al gaseoso. Se debe mantener siempre a mano una reserva de cloro y repuestos de algunas partes del aparato como válvulas, empaques, etc.; y aun mejor, siempre que sea posible, un clorador completo para los casos de emergencia. Sin embargo, el operador no debe intentar hacer reparaciones grandes. Se debe pedir instrucciones completas acerca del manejo y funcionamiento del clorador, qué se debe hacer para ponerlo a funcionar, cómo se pasa, etc., a los fabricantes del aparato.

Los escapes de cloro son peligrosos porque es un gas irritante para los pulmones y puede causar accesos violentos de tos; se percibe a una concentración de 1 por 100,000; al 1 por 50,000 causa molestias, y al 1 por 1,000 es fatal a los 5 minutos de exposición. Los escapes se pueden localizar con una botella abierta de amoníaco; para ésto se aplica la botella a las válvulas, conexiones y a todas las demás partes que pudieran dejar salir el gas, que se reconocerá por la formación de humos blancos de cloruro de amonio. Esta sal resulta de la combinación del cloro y del amoníaco. Es conveniente tener máscaras especiales contra este gas

y una buena ventilación a nivel del suelo, porque el cloro es más pesado que el aire, para los casos en que se encuentren escapes.

Para impedir la corrosión de las partes metálicas del clorador u otras superficies metálicas, se deben cubrir con vaselina disuelta en gasolina. La evaporación de ésta deja una capa delgada de vaselina que basta para proteger el metal.

Cloración con cloruro de cal.—Para conseguir una cloración eficaz con este producto, se debe aplicar a las aguas negras en solución y no en forma seca. Se encuentran excelentes aparatos para hacer y aplicar esta solución. Las condiciones para el uso del hipoclorito de calcio varían en una escala tan considerable, que se recomienda pedir el consejo del Ingeniero Sanitario del Estado para toda instalación de esta naturaleza.

Es más fácil aplicar grandes cantidades de una solución débil que pequeñas de una concentrada. Ejemplo para hacer una solución que contenga $\frac{1}{2}\%$ de cloro utilizable en 100 galones de agua que pesan 834 lb: el cloro que se necesita es $\frac{1}{2}\%$ de 834 = 4.17 lb; si la cal tiene 25% de cloro, que es el promedio corriente, se tendrá que multiplicar ($4.17 \times 4 =$) 16.68 lb del producto serán suficientes para 100 galones de solución.

Cuando se usa HTH o perclorón con un 70% de cloro utilizable, se requerirán ($4.17 \div 0.7 =$) 6 lb del producto para los 100 galones de agua.

Se puede conseguir la solución de hipoclorito lista para usarla, pero en general es más barato prepararla. Es conveniente disponer de un tanque mezclador con agitadores movidos mecánicamente cuando se desee prepararla. Se puede añadir directamente la cal al agua pero es preferible volverla una pasta antes de agregarla. La solución se agita por 15 ó 30 minutos y después se decanta una hora para que las partículas de cal se sedimenten.

Las soluciones se deben usar rápidamente porque pierden el cloro aun conservadas en lugares frescos y oscuros.

Computación de las dosis.—Cuando se usa cloro líquido, el producto de las partes por millón por el número de millones de galones diarios y por 8.33 dará en libras la dosis de cloro que se debe aplicar diariamente. Por ejemplo, para tratar 2 mgd con 6 ppm de cloro, se necesitarán $6 \times 2 \times 8.33 = 100$ lb de cloro por día.

Si se desea variar la cantidad de cloro cada hora, el número de galones por hora por la dosis en partes por millón y por 8.33, dará el número de libras por hora. Por ejemplo, para una dosis de 8 ppm y un flujo de 300,000 galones por hora; se necesitarán, $8 \times 0.3 \times 8.33 = 20$ lb por hora.

La escala de la mayor parte de los cloradores se lee en libras por 24 horas. Se pueden ajustar adecuadamente multiplicando la tasa por hora y por 24. En el caso anterior la tasa en libras por 24 horas, sería $20 \times 24 = 480$ lb.

Dosificación con cal.—Para clorar 70,000 galones de aguas negras por día usando una dosis de 5 ppm de HTH o perclorón: 70,000 galones de aguas negras pesan 583,000 libras ó 0.583 millones de libras; para una dosis de 5 ppm la cantidad de cloro que se necesita es de $0.583 \times 5 = 2.9$ lb; si el HTH o el perclorón tienen un 70% de cloro utilizable, la cantidad que se requiere es de $2.9 \div 0.7 = 4.2$ lb. Si se quiere usar una solución concentrada al 1%, se necesitará mezclar $2.9 \times 100 = 290$ lb de agua que equivalen aproximadamente a 35 galones, con 4.2 lb del producto.

Registro de operación.—En los registros de aplicación de cloro se debe anotar, (1) el volumen de aguas negras cloradas diariamente; (2) la tasa de aplicación del cloro; (3) el cloro residual presente, que debe tomarse a la misma hora todos los días cuando se haga esta operación diariamente; (4) el peso diario, tomado a la misma hora, de los tanques de cloro; y (5) el número y el peso de los cilindros nuevos que se pongan en la balanza.

Deshidratación de lodos con filtros al vacío.—Los filtros al vacío se usan para la deshidratación rápida de los lodos; son convenientes para lodos crudos o digeridos en plantas de tratamiento primario o secundario. Los lodos que tienen una humedad de 85 a 98% se deshidratan rápidamente y producen un terrón en el filtro con una humedad de 65 a 75% de humedad.

Hay dos clases de filtros rotatorios al vacío que gozan de una aceptación general para la deshidratación de los lodos de aguas negras, el filtro rotatorio al vacío de Conkey, fabricado por la "Filtration Equipment Corporation" y el filtro Oliver hecho por "Oliver United Filters, Inc."

La instalación de un filtro al vacío se compone de una bomba o un recipiente elevador del lodo, de aplicadores de productos químicos, de tanques para acondicionar el lodo, filtro al vacío, tanque receptor al vacío, trampa de humedad, bomba seca al vacío, bomba para el filtrado, soplete, transportador del terrón del filtro y toldas para éste.

La filtración se hace con una tela colocada en un tambor que gira en el recipiente del lodo. El molde del filtro se saca con un rastrillo y se lleva al transportador.

Para deshidratar el lodo se necesita prepararlo previamente con ciertas sustancias como el cloruro férrico, o éste y cal. La selección de la sustancia depende de la calidad del lodo que se va a tratar. Los mejores lodos para deshidratar con cloruro férrico y cal son los recién decantados y los precipitados químicamente; los activos o levigados y digeridos se preparan corrientemente con cloruro férrico sólo. Los lodos digeridos se pueden acondicionar con este agente o con la mezcla de los dos anteriormente mencionados.

Cuando el lodo se prepara convenientemente, se pueden obtener rendimientos de 5 a 8 libras de sólidos secos por pie cuadrado de filtro por hora, deshidratando lodos crudos o digeridos que se hayan decantado únicamente o precipitado por medios químicos. Las cantidades de productos químicos que se necesitan para preparar de la manera más eficaz y económica estos lodos son, en promedio, de 2% de cloruro férrico y 10% de cal, calculados a base del porcentaje de sólidos secos del lodo; la humedad del terrón del filtro será de 65 a 70%, en promedio. El lodo activo mezclado con lodo decantado únicamente, necesita alrededor de un 5% de cloruro férrico y produce 3 libras, más o menos, de sólidos secos por pie cuadrado por hora. El lodo activo sólo, produce alrededor de 1 libra de sólidos secos por pie cuadrado por hora y un terrón con una humedad de 80 a 85%. En cada caso, el operador debe determinar por medio de ensayos, la dosis más conveniente del agente químico para el tratamiento del lodo con que trabaja.

Los lechos secadores de arena requieren alrededor de 0.5 a 2 pies cuadrados por cápita; mientras que 1 pie cuadrado de área de un filtro al vacío es suficiente para 160 personas tratándose de lodo activo crudo, o para 1,280 cuando el lodo ha sido digerido anteriormente. Los otros tipos de lodo están entre estos límites.

Los filtros al vacío se hacen funcionar generalmente 8 horas durante el día: 6 horas de trabajo efectivo, 1 hora para ponerlo a funcionar y 1 hora para lavarlo. Si la filtración precede a la incineración, el trabajo de los filtros se debe coordinar de manera que llene los requisitos de los incineradores.

Para obtener un terrón satisfactorio es preciso que el lodo sea preparado adecuadamente, porque de otro modo la tela del filtro se obstruye dando por resultado un terrón de mala calidad. Para estar seguro de que el lodo queda bien preparado, se recomienda que al principiar la filtración se aumente por una media hora la dosis del agente químico en un 50% y que se disminuya después gradualmente a la cantidad normal, hasta que se consiga el tipo correcto. Cuando se emplea una dosis apropiada del agente químico el terrón no se pega a la tela y se puede desprender en forma limpia.

La tela del filtro se debe lavar con agua después de la operación diaria; esto se puede hacer abriendo las canillas y las válvulas del dren. Cuando la tela se vuelve "ciega", resulta más económico reemplazarla por una nueva que seguir trabajando con una sucia. En condiciones normales se puede trabajar con una tela sin cambiarla de 6 a 10 semanas.

Es muy importante, también, que las copas de grasa y los pozos de aceite se inspeccionen por lo menos una vez al día.

Las telas de algodón son convenientes cuando se emplean el cloruro férrico y la cal; cuando se usa el primero únicamente, es preciso que la tela sea de lana. El filtro se debe planear de manera que resista al cloruro férrico cuando éste sea el agente que se vaya a emplear para el acondicionamiento, y el fabricante debe recomendar el tipo correcto de construcción del filtro para el uso indicado. Antes de principiar a operar una instalación de filtros al vacío, el operador debe conseguir de la casa manufacturera instrucciones completas acerca del funcionamiento mecánico, de la dosificación de los productos químicos y del modo de cuidarla.

Deshidratación con centrifugas.—Las máquinas centrifugadoras se usan como sustituto de los lechos desecadores de lodo. Las ventajas que se logran con el empleo de estas centrifugas según la "American Centrifugal Corporation", son: economía en el costo de terreno y en la instalación de drenajes caros; economía en el tiempo de desecación, porque la centrifugación se hace en el mismo día en que el lodo se concentra; eliminación de olores desagradables y por consiguiente de las quejas a este respecto de los propietarios vecinos; se puede reducir la humedad de los lodos de 90 ó 95% a 70 ó 50%, según sea el tipo y calidad de éstos; el costo de operación es menos con centrifugadoras que con lechos desecadores; no se necesita acondicionamiento químico, o si se necesita, la grasa se puede separar fácilmente del lodo por centrifugación.

Preaeración.—Con la preaeración se consiguen varios objetivos. Se empleó primeramente para separar las grasas de las aguas negras y facilitar su remoción de los tanques de decantación. Previene porque conserva frescas las aguas negras previniendo así los olores; también sirve para mejorar la sedimentación, y quizás esta función sea la más importante. El mejoramiento se debe a una "floculación" de sólidos que aumenta generalmente la eficacia de la decantación en un 25% por lo menos, respecto a la remoción de sólidos en suspensión.

El tanque de preaeración es ordinariamente un sencillo tanque rectangular plano de una profundidad aproximada de 12 a 14 pies y de una anchura un poco mayor. El tiempo de retención es de 5 a 15 minutos. En las plantas pequeñas se alarga la retención para evitar cortos circuitos. Los difusores se pueden instalar a lo largo de un lado o de la línea central, o en varias líneas transversales a la línea central del tanque; en todos los casos se deben instalar en el fondo del tanque para dar una agitación máxima al aire a través de las aguas negras.

Normalmente se necesita alrededor de 0.05 de pie cúbico de aire para tratar un galón de aguas negras. Esta cantidad se debe aplicar con difusores en dispositivos rotatorios que tengan un filtro de aire en la boca de absorción. Todo el equipo que se necesita costará por lo común, menos de \$300.00 por m.g.d. de capacidad.

Consideraciones generales sobre seguridad en la planta de aguas negras.—Ya se han mencionado algunas de las precauciones que se deben tomar respecto al manejo del cloro líquido. El envenenamiento por gases y las explosiones gaseosas son otros peligros que pueden ocurrir. El gas que se produce en los digestores del lodo es explosivo cuando se mezcla con volúmenes de aire 5 veces mayores, como mínimo, ó 19 veces, como máximo; es peligroso fumar o llevar llamas descubiertas cuando se está adentro o alrededor de los tanques de digestión. En los agujeros de las bombas y en otros lugares cerrados se pueden acumular

también gases explosivos y se aconseja tomar precauciones al entrar a ellos para evitar accidentes. Estos gases pueden ser fatales al inhalarlos. De esto se deduce que todos los tanques y agujeros cubiertos se deben ventilar bien con aire a presión antes de permitir la entrada, y que todo el que entre se amarre una cuerda al cuerpo para que un asistente, que debe estar siempre listo al borde, le ayude al menor signo.

Una máscara contra gases debe formar parte del equipo de toda planta; como éstas no protegen contra toda clase de gases, se debe escoger una que sirva contra el cloro y el monóxido de carbono. Una máscara que protega contra el amoniaco puede que sea completamente inútil contra el cloro. Para evitar que los empleados o los visitantes se caigan a los tanques, es conveniente proteger éstos con rieles o cualquier otro material. Las partes móviles se deben enrejar o custodiar.

Generalidades.—Se debe mantener una serie de copias que muestren la planta en detalle, es conveniente enmarcar algunas y colgarlas a la pared no tanto como objetos decorativos sino para preservarlas mejor y tenerlas de referencia. Las copias que se usan frecuentemente se gastan muy pronto. Las que sea preciso consultar con una frecuencia relativa, como la de la instalación de las bombas, de las tuberías externas, y otras similares se pueden mantener debajo de un vidrio.

Se deben conservar copias de los informes mensuales que se envían al Departamento de Sanidad del Estado, y se deben estudiar de cuando en cuando; la familiaridad con lo que se ha hecho y con los resultados que se han obtenido es de gran valor para el funcionamiento eficiente. Es mejor escribir las notas porque la memoria puede fallar. Todos los experimentos, hayan producido o no resultados favorables, se deben escribir en un libro de notas, lo mismo que los hechos extraordinarios que ocurran en el funcionamiento. Un libro de hojas sueltas es conveniente pero no necesario.

En toda planta se debe mantener una biblioteca que tenga los "Standard Methods" y por lo menos un par de textos recientes sobre tratamiento de aguas negras, también algunos de los muchos y excelentes boletines y folletos acerca de estos temas, publicados por las casas manufactureras. Se deben leer las revistas técnicas; ingresar a una asociación de peritos en la materia, o al menos, asistir a sus reuniones. Se debe inscribir en alguno de los cursos cortos que se dan en la actualidad en casi todos los Estados.

Comprobación de la natalidad.—Comprobar nacimientos no es, como creen muchos, afirmar la efectividad de un nacimiento, sino llevar a cabo labor trascendente, iniciando una investigación biológica del más subido valor. No basta comprobar que el recién nacido existe; se necesita conocer las condiciones en que ha venido al Mundo, analizando su estado biológico, sorprendiendo sus posibles anomalías y procurar desde ese instante que la madre lo cuide y alimente en la forma más segura y eficaz, de modo que se salvguarde su salud, precioso tesoro que todos los países tratan de mantener en las mejores condiciones posibles, ya que en la tierna infancia es donde se desarrollan las energías insospechadas que todo ser trae a la vida. Si sólo se tratase de "constatar" un nacimiento, empleando el galicismo que usa el Municipio, cualquier persona podría hacerlo y no se necesitaría que fuese médico; pero, cuando los técnicos en estas cuestiones han indicado y sostienen que debe ser médico quien realice esta labor, es porque se trata de investigación que sólo pueden efectuar los que poseen las luces de la Medicina y en los tiempos actuales algo que sobrepasa el ámbito médico, porque va más allá de la ciencia de curar e irrumpe en los campos promisoros de la Eutgenesia y Eutenesia, ciencias que procuran elevar el patrimonio biológico del hombre.—CARLOS A. BAMBAREN, *Crón. Méd.*, 293, sbre. 1942.