

Grado de tratamiento o calidad del efluente o vertimiento requeridos.

Dificultades en la operación de los procesos de tratamiento.

Los tratamientos que existen para las aguas de desecho se clasifican, según el grado de reducción de la contaminación y del mecanismo del proceso, en los siguientes grupos:

Tratamiento previo o primario: elimina las materias sólidas que se sedimentan o flotan y reduce moderadamente la materia orgánica biodegradable.

Tratamiento secundario: elimina la materia orgánica biodegradable no retirada en el tratamiento primario.

Tratamiento terciario: elimina la materia orgánica no biodegradable, los sólidos en suspensión y las sales inorgánicas (cuadro 6.3)

En los cuadros 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7 se hace una descripción breve de los diferentes métodos de tratamiento de agua de desecho.

Normas para efluentes

Los parámetros usuales que miden la contaminación de las aguas industriales de desecho son:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- Demanda química de oxígeno (DQO).
- Sólidos suspendidos y sólidos totales en suspensión.
- Metales pesados.
- pH.

La EPA (Environmental Protection Agency-EUA) ha establecido normas para los efluentes y limitaciones para varias industrias. El cuadro 6.4 enumera los parámetros que las industrias deben controlar.

Remoción de materias sólidas (tratamiento primario)

Consiste en la eliminación de cuerpos y sólidos de gran tamaño y alta densidad, como trapos, maderas, plásticos, arena, piedra, materias inorgánicas, y la separación de grasas y aceites.

Cuadro 6.3

Parámetros que deben controlarse en los efluentes industriales

Industria	Parámetros por controlar
Enlatados, frutas y vegetales preservados	DBO sólidos totales en suspensión. Coliformes fecales, pH.
Químicos inorgánicos	Sólidos totales en suspensión, pH Amoníaco. Demanda química de oxígeno. Metales pesados, fluoruros, azufre, sulfitos, sulfuros, cianuros, carbón orgánico total, amonio.
Hierro y acero	Sólidos totales en suspensión, pH Cianuros, fenoles, amonio, metales pesados, sulfitos, fluoruros, nitratos, manganeso.
Limpieza de metal	Metales pesados, sólidos en suspensión pH, cianuro, fluoruros, fósforo.
Químicos orgánicos	DBO, sólidos en suspensión, pH Fenoles, cianuros, metales pesados.
Refinerías de petróleo	DBO, DQO, sólidos en suspensión, pH, fenoles, amonio, sulfuros, cromo.
Plásticos y sintéticos	DBO, DQO sólidos en suspensión, pH, metales pesados, fenoles.
Pulpa y papel	DBO, sólidos en suspensión, pH, color
Central termoeléctrica	Sólidos en suspensión, pH. Bifenoles policlorinados, cloro. Metales pesados, calor.
Textiles	DBO, DQO, coliformes fecales, pH, fenoles, sulfuros, cromo, color.

DBO = Demanda bioquímica de oxígeno

DQO = Demanda química de oxígeno

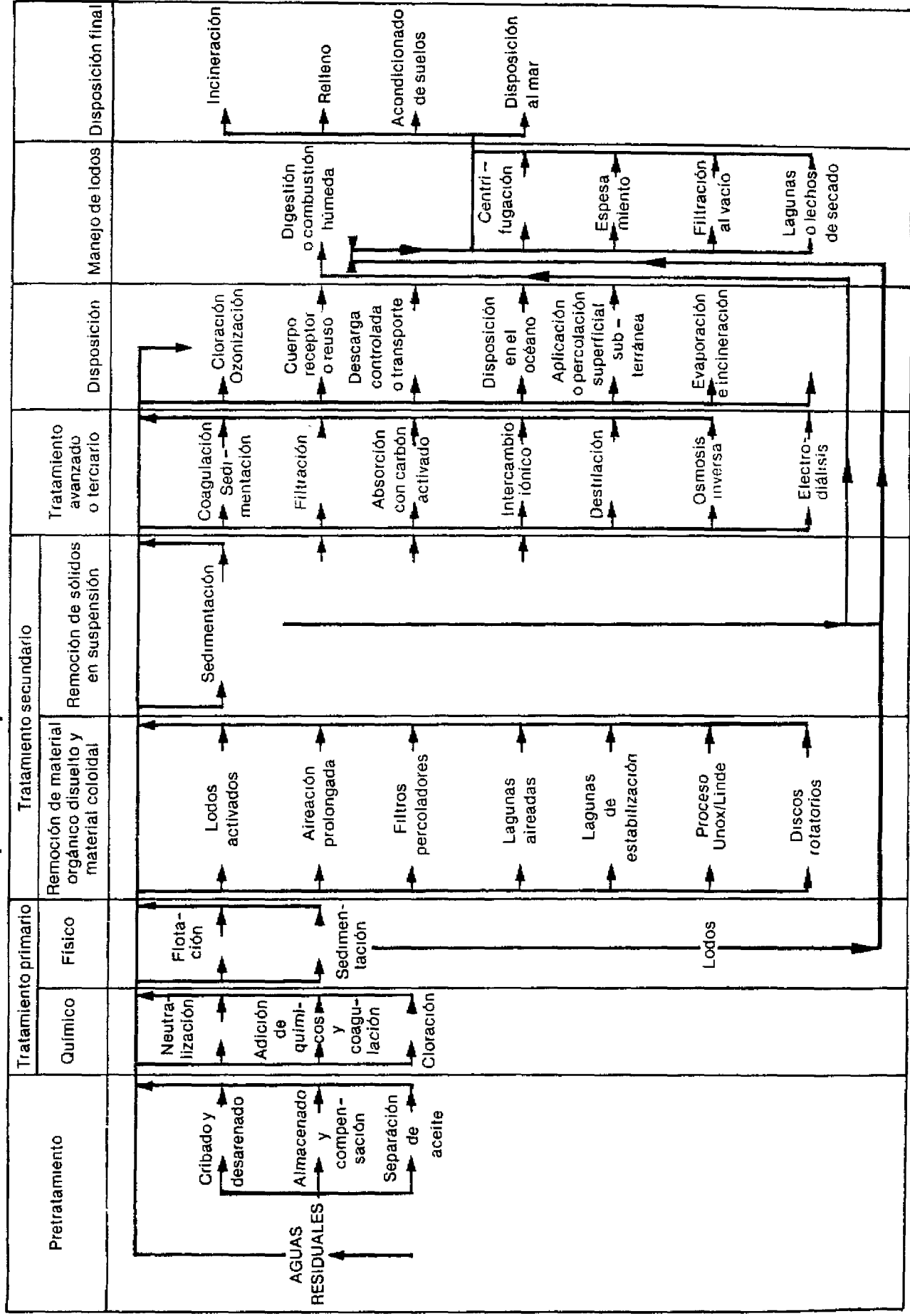
Cuadro 6.4

Método de tratamiento de mayor aplicación y características o desechos que remueve

Métodos de tratamiento		Acete, grasas	Sólidos sedimentables	Sólidos en suspensión	Metales pesados	Materia orgánica biodegradable	Materia orgánica no biodegradable	Nutrientes fosfatos, nitratos	Salas minerales disueltas
Tratamiento pri- mario	Decantación (sedimenta- ción)		X	X					
	Flotación	X	X	X					
Tratamiento se- cundario	Coagulación o precipita- ción química			X	X	X	X		
	Tratamiento biológico convencional: filtración biológica o lodos activa- dos			X		X			
Tratamientos avanzados	Flotación			X			X		
	Precipitación química						X	X(fosfatos)	
	Oxidación química						X		X
	Filtros y lechos de lónico						X	X	X

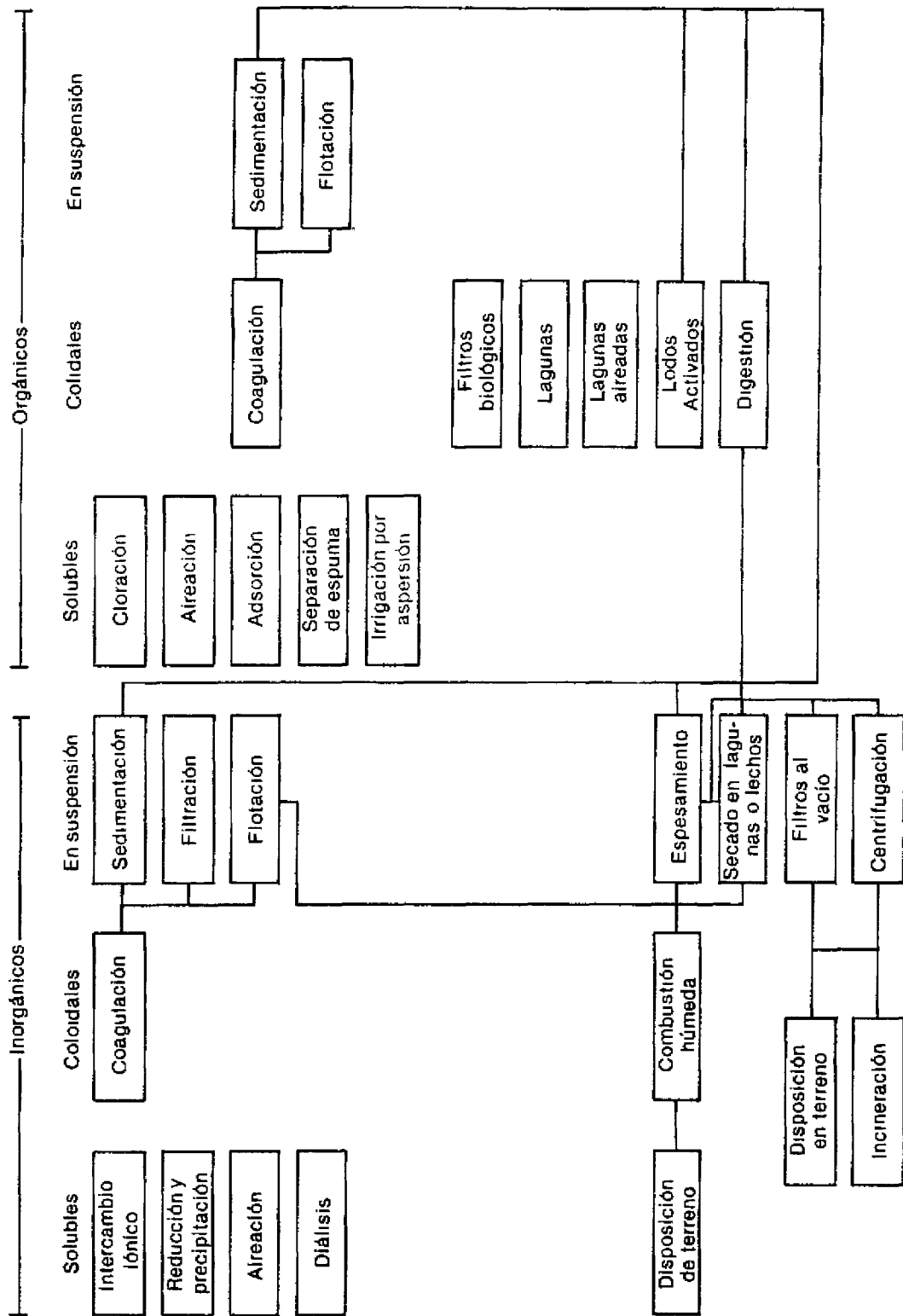
Fuente: Manual de tratamientos de aguas residuales industriales. F.M. Braille, JEWA, Calvancan-
tl. CETESB, 1979.

Cuadro 6.5
Opciones en procesos de tratamiento



Fuente: Criterios para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales Fabián Yáñez. Curso intensivo sobre diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales para países en desarrollo. OPS, Lima, 1976

Cuadro 6.6
Proceso para la remoción de contaminantes industriales



Cuadro 6.7

Resumen de métodos de tratamiento de aguas de desecho

Proceso	Aplicación común	Limitaciones de aplicación	Cambios principales en el aspecto de calidad
Separación por gravedad			
Sedimentación simple	Desarenado de aguas residuales crudas	No especificado	Remoción de sólidos pesados en suspensión no transportables a una velocidad de 30 cm/seg.
	Tratamiento primario con o sin remoción de natas	No especificado	25-40% reducción de DBO 40-70% reducción de sólidos en suspensión ± 50% reducción de turbiedad 25-75% reducción de bacterias 2% reducción de detergentes (SAL)
	Concentración de lodo activado de retorno en tratamiento secundario	Licores con contenidos de sólidos de 1 500-1 800 mg/l.	Concentra el lodo a 20-50% de su volumen original Concentra el lodo de 2 a 10 veces su contenido de sólidos original
	Reducción de BDO y sólidos en suspensión en desechos industriales orgánicos e inorgánicos	No especificado	Altamente dependiente de la naturaleza del desecho que se va a tratar.

Continúa

Proceso	Aplicación común	Limitaciones de aplicación	Cambios principales en el aspecto de calidad
Sedimentación después de coagulación química	Desechos industriales	Depende del tipo de desecho	Variable, dependiendo de la naturaleza del desecho
	Remoción de fosfatos de aguas residuales	No especificado	Reduce fosfatos solubles a cantidades trazadas
<i>Tratamiento biológico</i>			
Filtros percoladores con sedimentación secundaria	Tratamiento secundario de desechos industriales biodegradables	Presencia de sustancias tóxicas	60-85% reducción de DBO 70-90% reducción de sólidos en suspensión 90-95% reducción de bacterias 30-35% reducción de SAB 80-90% reducción de SAL
Lodos activados con sedimentación secundaria	Tratamiento secundario de desechos industriales biodegradables	Presencia de sustancias tóxicas	70-98% reducción de DBO 85-98% reducción de sólidos en suspensión 95-98% reducción de bacterias 30-50% reducción de SAB 90-99% reducción de SAL
Lagunas de estabilización	Tratamiento de desechos industriales biodegradables	Presencia de sustancias tóxicas	75-95% reducción de DBO 90-99% reducción de sólidos en suspensión 98-99.9% reducción de bacterias 30% reducción de SAB 56-93% reducción de SAL

Proceso	Aplicación común	Limitaciones de aplicación	Cambios principales en el aspecto de calidad
Aireación			
Aireación con aire comprimido	Desaendores aereados, separación de grasa, separación de sólidos por flotación, tratamiento biológico, fraccionamiento de espuma, transferencia de oxígeno	Alto costo en favor de aireación mecánica superficial	Mantener condiciones aeróbicas Contrarrestar fuerza de gravedad en flotación Reducción de SAB o SAL a 1-2 mg/l
Aireación mecánica superficial	Tratamiento biológico, mezcla de biomasa, transferencia de oxígeno	No especificado	Mantener condiciones aeróbicas
Aireación por aspersión o con cascadas	Tratamiento de desechos industriales	Variables o no especificados	Desprendimiento de gases Remoción parcial de H ₂ S y de otros gases de descomposición
Filtración			
Cribas finas	Desechos industriales: pulpa y papel, enlatadoras, etcétera	Ninguna especificada	Varía con la naturaleza del desecho

(Continúa)

Proceso	Aplicación común	Limitaciones de aplicación	Cambios principales en el aspectos de calidad
FILTRACION			
Microcribas	Clarificación de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Tratamiento de desechos industriales.	Tamaño de partículas más pequeñas o más grandes que microcriba	87-96% reducción en organismos microscópicos 60-90% reducción en partículas microscópicas 50-60% reducción de sólidos en suspensión de efluente de filtro biológico 30-40% reducción en turbiedad
Filtros lentos	Tratamiento terciario de agua residual. Sistema de reclamación de agua	Turbiedad relativamente baja	90-95% reducción de DBO 85-95% reducción de sólidos en suspensión 95-98% reducción de bacterias 90-99% reducción de surfactantes
Cloración			
Cloro líquido y compuestos de cloro	Desinfección de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Ayuda en remoción de grasas, control de moscas en filtros, limpieza de difusores, remoción de H_2S y NH_3 , control de formación de películas biológicas en alcantarillado	No especificado	99.9% reducción en bacterias 1) Con 15 min contacto a) Primario 20-25 mg/l b) Filtros biológicos 15 mg/l c) Lodos activados 8 mg/l d) Aireación extendida 5 mg/l 2) Con 2 h contacto Lagunas de estabilización 15 mg/l

(Continuación)

Proceso	Aplicación común	Limitaciones de Aplicación	Cambios principales en el aspectos de calidad
Digestión			
Digestión anaeróbica	Estabilización primaria y secundaria de lodos	pH > 6.8. Ausencia de sustancias tóxicas	50% reducción de sólidos volátiles en suspensión Mineralización de lodos.

DBO = Demanda bioquímica de oxígeno

SAL = Sulfato alkil lineales

SAB = Sulfato alkil benceno

Las operaciones que se emplean son: tamizado o cribado, desmenuzado, separación de arena, sedimentación.

Cribado

Los objetos grandes se suprimen haciendo pasar el agua de desecho a través de tamices. Los sólidos retenidos se recogen por procedimientos manuales o automáticos. En muchas industrias es el primer tratamiento, especialmente en las que procesan alimentos.

Desmenuzado

Se trata de fragmentación y trituración de materiales sólidos. Las aguas de desecho que contienen sólidos en suspensión no pueden descargarse en el sistema de alcantarillado, por lo que se hace necesario su tratamiento mecánico mediante el empleo de dilaceradores.

Separación de arena

Tiene por objetivo separar la arena y las partículas inorgánicas que producen desgaste por abrasión en los equipos.

Sedimentación

Por este tratamiento se separa la mayor parte de los sólidos suspendidos en las aguas de desecho, del orden de 40 a 60%.

Cuando se agregan productos químicos, se eliminan casi todos los sólidos coloidales y los sedimentables. Los tanques de sedimentación que se utilizan pueden ser:

- Sépticos.
- De sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- De doble acción (como los de Imhoff).
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

Tanques sépticos

Diseñados para mantener las aguas de desecho a una velocidad muy baja y bajo condiciones anaeróbicas, durante un periodo de 12 a 24 horas. Los sólidos sedimentables se descomponen en el fondo del tanque, produciéndose

gases que arrastran a los sólidos y los obligan a subir a la superficie; posteriormente el gas escapa y los sólidos se sedimentan nuevamente. Flotación y sedimentación continuas hacen que el agua que sale del tanque contenga sólidos.

Los tanques sépticos prácticamente no se utilizan, a no ser en pequeñas instalaciones o en áreas rurales.

Tanques de sedimentación simple: su función es separar los sólidos sedimentables en capas o estratos. Los sólidos asentados se retiran a intervalos frecuentes para que no se desarrolle la descomposición con formación de gases.

Remoción de sólidos en suspensión

Se logra la separación por sedimentación, flotación, floculación y filtración.

Como se anotó anteriormente, la sedimentación consiste en separar de una suspensión un fluido claro que sobrenada la superficie, y un lodo con una concentración alta de materias sólidas. Se logra disminuyendo la velocidad de circulación de la corriente de desechos líquidos. La sedimentación puede ser continua o discontinua. Se utilizan tanques sedimentadores rectangulares o circulares. Su capacidad se determina a partir del tiempo de permanencia de las aguas de desecho en el tanque, mediante la siguiente ecuación.

Capacidad del tanque sedimentador (m^3) = Volumen de las aguas de desecho (m^3/h) $\times$ Tiempo de permanencia (h).

La flotación se emplea para separar sólidos o líquidos no miscibles y de baja densidad de una corriente líquida, introduciendo en el sistema una fase gaseosa, que generalmente es aire. Las burbujas de aire que se producen se adhieren o son atrapadas en las partículas, consiguiendo que éstas se mantengan a flote, y formando una capa de espuma que se elimina por procedimientos manuales.

La separación por flotación no depende del tamaño y densidad de las partículas que se van a remover sino de sus propiedades superficiales para la fijación de las burbujas de aire.

La filtración consiste en hacer pasar un fluido que contiene sólidos en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del fluido pero no de las partículas sólidas. Los materiales filtrantes utilizados son arena, carbón, tierras diatomáceas, grava, piedra triturada, escorias de alto horno.

Neutralización

Se emplea cuando las aguas de desecho contienen productos ácidos o alcalinos, con el fin de obtener un efluente que tenga un pH entre 6 y 9.

Cuando los efluentes de una planta tienen carácter ácido y alcalino, la neutralización podría efectuarse mediante la mezcla de estas aguas.

Otro procedimiento de neutralización es el de lechos fijos, que consiste en hacer pasar el efluente de aguas residuales a través de un lecho.

Para la neutralización de desechos ácidos se emplea una capa de sulfato de calcio (CaSO_4).

La neutralización también se logra mediante productos químicos tales como:

- Lechada de cal para aguas ácidas.
- Sosa cáustica para aguas ácidas.
- Acido sulfúrico para aguas alcalinas.
- Dióxido de carbono para aguas alcalinas.

Remoción de sólidos coloidales

La coagulación química es el proceso utilizado para la remoción de sólidos coloidales. Consiste en la formación de flóculos por unión de las partículas en suspensión existentes en las aguas y provocada por la adición de sustancias químicas.

Los productos químicos más empleados son: alumbre, aluminato sódico, sulfato ferroso, sulfato férrico, cloruro férrico, óxido de magnesio.

Remoción de sólidos inorgánicos

Entre los sólidos inorgánicos que frecuentemente se remueven de los desechos líquidos están los cloruros, los fosfatos, los nitratos y los metales.

Los métodos de tratamiento utilizados son:

- Evaporación.
- Electrodialisis.

(Continuación)

Contaminante	Origen de los desechos
Cloruro de mercurio	Fabricación de monómeros
Nitrato de mercurio	Explosivos
Compuestos de mercurio orgánico	Descargas de agua en fabricación de papel
Metilamina	Curtiembres y síntesis orgánicas
Cloruro de níquel	Galvanoplastia y tinta invisible
Sulfato amoniacal de níquel	Galvanoplastia
Nitrato de níquel	Galvanización
Bisulfato de sodio	Textiles, papel e industrias de fermentación
Cloruro de sodio	Industria cloro-álcali
Fluoruro de sodio	Plaguicidas
Hidróxido de sodio	Celulosa y papel, petroquímicas, aceites minerales y vegetales, cuero, recuperación de caucho, destilación de carbón
Sulfato de sodio	Fabricación de papel
Sulfuro de sodio	Curtiembres, celulosa
Acido sulfúrico	Producción de fertilizantes, otros ácidos, explosivos, cromado de metales, purificación de aceites
Urea	Producción de resinas y plásticos, síntesis orgánicas
Zinc	Galvanoplastia
Cloruro de zinc	Fabricación de papel, tinturas

Fuente: *Manual de tratamiento de aguas residuarias industriales*. P.M. Braille, CETESB, 1979.

Cuadro 6.10

Métodos de tratamiento de aguas de desecho que remueven diferentes contaminantes procedentes de las agroindustrial

Contaminante	Método de tratamiento
Grasa, aceites emulsionados	Separación gravimétrica Coagulación y sedimentación Adsorción en carbón Filtración a través de un medio granular Flotación
Sólidos suspendidos	Sedimentación Coagulación y sedimentación Filtración a través de un medio granular
Orgánicos dispersos	Conversión biológica Adsorción en carbón
Sólidos disueltos (inorgánicos)	Evaporación Intercambio iónico Osmosis inversa Electrodiálisis
Acidez y alcalinidad	Neutralización
Lodos de procesos	Digestión anaeróbica Digestión aeróbica Centrifugación Incineración Laguna de estabilización Alimento para animales Relleno sanitario Fertilizante y acondicionador de suelos Filtración

Fuente: *Pollution problems in the agro-industries.*