

DECANTACIÓN-FLOTACIÓN

Dègremont

Las leyes físicas a las que obedecen los procesos de separación sólido-líquido que constituyen la decantación y la flotación, se estudian en el capítulo 3 (páginas 65 a 78). El presente capítulo trata de los aparatos, decantadores y flotadores, en los que se realizan estos procesos.

1. PRINCIPALES TIPOS DE DECANTACIÓN

Se ha visto que el objeto de la decantación es el de conseguir que se depositen las partículas que se encuentran en suspensión en el agua, tanto si se trata de partículas presentes en el agua bruta como si se deben a la acción de un reactivo químico añadido en el tratamiento (coagulación, eliminación de hierro, depuración química, etc.) e incluso de las que resultan de una floculación física ligada a una acción biológica (aguas residuales urbanas).

1.1. Decantación estática

Puede procederse por intermitencia, llenando un depósito en el que el agua permanezca en reposo durante varias horas, y vaciando a continuación la capa superior de agua hasta un nivel por encima del de los fangos depositados. Puede ser interesante este procedimiento para instalaciones provisionales, pero, en una explotación industrial, siempre es preferible utilizar un decantador en circulación continua, con el fin de evitar frecuentes intervenciones manuales. El decantador está constituido por un depósito rectangular o circular. Para que se depositen los fangos, es preciso que la velocidad ascensional del agua sea inferior a la velocidad de caída de las partículas, lo que, naturalmente, depende de la densidad y tamaño de las mismas.

La velocidad de decantación puede determinarse por el método descrito en el n.º 704 (pág. 950).

Los decantadores pequeños van provistos de fondos que tienen una inclinación de 45 a 60°, con objeto de que los fangos puedan evacuarse, de forma continua o intermitente, por su parte inferior.

En el caso de grandes decantadores, esto conduciría a tener que adoptar alturas prohibitivas, por lo que la pendiente del fondo se reduce al mínimo. Los fangos se evacúan mediante un sistema de rascado que los reúne en una fosa, de la que se extraen fácilmente.

En el caso de fangos procedentes de la decantación primaria del tratamiento de aguas residuales urbanas, las pendientes deben ser mayores que en el caso de aguas potables, lo que hace más imperiosa la necesidad de utilizar decantadores de rasquetas.

Los decantadores estáticos deben funcionar preferentemente de forma regular, puesto que las variaciones de caudal provocan la formación de remolinos que hacen que los fangos suban a la superficie.

Igualmente, cualquier variación de temperatura, por pequeña que sea, entre el agua bruta y el agua del decantador, da lugar a movimientos de convección que producen el mismo efecto.

Debe estudiarse cuidadosamente el reparto del agua bruta y la recogida del agua decantada, para evitar la formación de corrientes preferentes y para conseguir que el agua se reparta uniformemente en todo el volumen útil de decantación, dejando, al mismo tiempo, una zona en calma para la sedimentación del fango.

Para estudiar las corrientes que se forman en un decantador, puede colorearse el agua cuando llega a éste. Para ello, se utiliza un colorante que no se diluya rápidamente en el agua, tal como la Rhodamina B preparada a la concentración del uno por mil. Un litro de esta solución es suficiente para una capacidad de decantación de 60 m³.

En el caso de coagulación por adición de reactivos químicos, el proceso de decantación debe ir precedido de un floculador. Este floculador permitirá una floculación «difusa», en la que el volumen de materias en suspensión estará compuesto por las materias del agua bruta y por las procedentes de los reactivos introducidos.

* Aplicación de la decantación laminar.

Se ha visto que, en un decantador estático, la velocidad ascensional límite es independiente de la profundidad del depósito de decantación. Para mejorar los resultados con los mismos depósitos existentes, se han equipado éstos con módulos que constituyen, cada uno, un decantador de menor altura, con lo que, a igualdad de altura, puede aumentarse la carga superficial del depósito existente (ver capítulo 3, página 74).

1.2. Decantación por contacto de fangos

Los progresos de la técnica han mejorado la floculación aumentando la concentración del flóculo, o recirculando los fangos, con lo cual se acelera la decantación.

En el caso del tratamiento biológico de aguas residuales, los decantadores finales, en los que se separa el flóculo biológico del agua depurada, se denominan «clarificadores». Estos decantadores deben admitir grandes porcentajes de recirculación, de forma que los fangos permanezcan el menor tiempo posible en el aparato, antes de volver a los depósitos de aeración. En este aspecto, el progreso técnico ha permitido pasar de los clarificadores de rasquetas a los clarificadores de succión y a los aparatos combinados.

En el caso de aguas de consumo o de aguas de fabricación destinadas a la industria, se combina la floculación y la decantación en un aparato único, como el circulator (que utiliza la recirculación de fangos) o el Pulsator (que produce un manto de fango en cuyo seno la concentración de materia en suspensión es elevada), por medio de los cuales se consiguen reacciones completas con precipitados densos. De esta forma, puede aumentarse considerablemente la velocidad de circulación del agua y adoptarse una superficie de decantación igual al caudal horario dividido por 1,5 a 6, según el tipo de decantador. con estos decantadores puede obtenerse un agua decantada siempre de calidad buena y constante, cualesquiera que sean la turbiedad del agua bruta y la naturaleza del tratamiento.

Una cámara especial o «concentrador» garantiza el espesamiento del exceso de fangos y permite su evacuación de manera automática.

Cuando el volumen de fangos es elevado, se utiliza el decantador-floculador de rasquetas.

Con los sistemas de decantación por contacto de fangos mejoran los fenómenos de floculación y se obtiene un rendimiento óptimo de la cantidad de reactivo introducida, debido a la concentración que se produce en el lecho de fango. Se consigue así una mejor adsorción de las materias disueltas sobre el flóculo formado. En caso de tratamiento con carbón activo en polvo, la concentración en el seno del lecho de fangos es tal que puede dar lugar, a igualdad de resultados, a una notable reducción de la dosis de tratamiento, pudiendo alcanzarse una economía de hasta el 40 % del carbón utilizado (ver capítulo 11).

1.3. Aplicación de la decantación laminar a los decantadores por contacto de fangos

En un decantador por contacto de fangos, del tipo de recirculación de fangos (Circulator, Acclerator) o de lecho de fangos (Pulsator), mediante el empleo de módulos laminares, a igual velocidad ascensional, puede mejorarse la calidad del agua decantada, consiguiéndose retener el flóculo residual que escapa del lecho de fangos. Asimismo, a igualdad de calidad de agua, puede aumentarse sensiblemente el caudal tratado por el aparato.

En efecto, si se introducen placas inclinadas en un lecho de fangos que se mantienen en suspensión, se observa que se produce una sedimentación acelerada: los fangos se depositan en la placa inferior, desplazándose por deslizamiento hacia la base del lecho de fangos. Al mismo tiempo, el agua liberada como consecuencia de esta sedimentación, se desplaza hacia la placa superior y tiende a subir rápidamente hacia la parte superior del aparato. Este fenómeno puede observarse en laboratorio, si se compara la sedimentación de fangos introducidos en dos probetas (figura 77). En la probeta de la izquierda, vertical, se observa estrictamente la sedimentación del tipo lecho de fangos. En la probeta de la derecha, inclinada en un ángulo de 60° con respecto a la horizontal, el efecto combinado del lecho de fangos y de la decantación tubular provoca un aumento espectacular de la velocidad de decantación. En el gráfico n.º 78 puede observarse el incremento de esta velocidad de decantación.

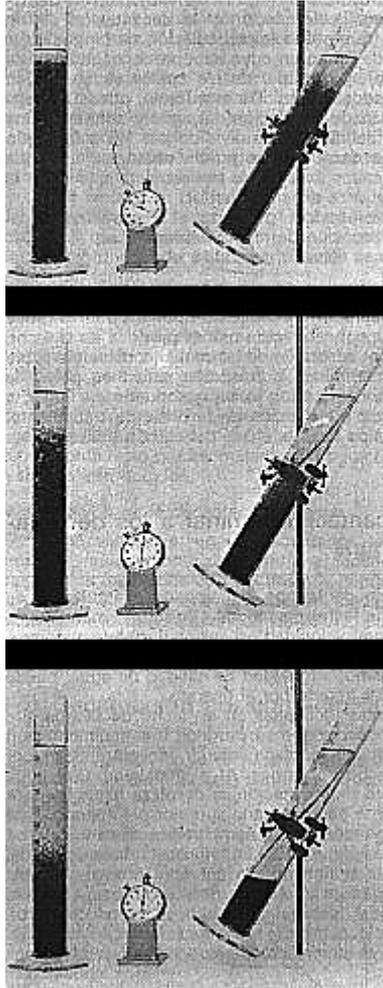


Fig. 77. Sedimentación de los fangos en una probeta vertical y en una probeta inclinada, después de 5 min., 70 min. y 15 min.

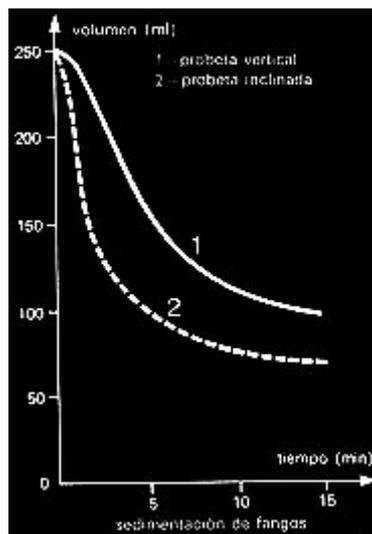


Fig. 78.

Si se observa el final de la sedimentación en estas curvas, se comprueba que corresponde a un volumen de fangos de 125 ml, alcanzado en 6 min. en la probeta vertical, y en 2 min. y 30 seg. en la probeta inclinada. Por lo tanto, mediante este dispositivo puede combinarse a la vez el efecto del lecho de fangos y el efecto de la decantación laminar. Se obtienen así velocidades de decantación muy elevadas, que pueden llegar, según la calidad del agua y la naturaleza de las materias en suspensión, hasta cerca de 20 m/h.

1.4. Decantación super-acelerada

La combinación del efecto laminar y del efecto de contacto de un lecho de fangos, que se consigue introduciendo placas inclinadas en el lecho de fangos (Superpulsator), permite alcanzar velocidades 2 a 3 veces más elevadas que en la decantación acelerada tradicional por contacto de fangos.

* Corrientes de convección: cualquier proceso de decantación puede verse afectado si la densidad del agua no es constante, lo que sucede cuando varían su temperatura o salinidad. Una variación de 1 °C por hora en la temperatura del agua bruta puede ser suficiente para reducir el rendimiento del decantador. El mismo efecto produce una variación de salinidad de 1 g/l por hora.

2. DECANTADORES

Cuando el proceso de decantación se realiza dinámicamente, es decir cuando la separación de las dos fases líquido-sólido se efectúa de forma continua, estando el agua en movimiento permanente en el aparato, el diseño de este aparato no puede hacerse partiendo únicamente de la noción de velocidad ascensional.

Para definir su estructura, es necesario que se tengan en cuenta otros parámetros tales como la relación altura diámetro, los números de Reynolds y de Froude cuyos valores deben conciliarse en diferentes puntos del aparato para asegurar un flujo lo menos turbulento posible y al mismo tiempo suficientemente homogéneo, la disipación de energía al nivel de la distribución del agua a la entrada del aparato, que debe hacerse progresivamente, de forma que no se creen turbulencias perjudiciales para la decantación, al mismo tiempo que se consiga una alimentación uniforme de la zona de decantación. Debe prestarse especial atención a los dispositivos de recogida de agua decantada, que siempre debe hacerse de forma homogénea.

El estudio hidráulico del sistema no se limita únicamente a la fase líquida, sino que se refiere igualmente al flujo, a la concentración y a la evacuación de los fangos producidos, cuyos parámetros característicos conoce, por experiencia, el especialista en tratamiento de aguas.

Un decantador, por lo tanto, no debe ser considerado como una simple cuba, sino como un conjunto, más o menos complejo según el tipo de aparato, cuyo rendimiento está condicionado por su hidráulica, que debe ser objeto de un estudio minucioso.

2.1. Decantadores estáticos

La costumbre ha hecho que el término «estático» se reserve para designar a los decantadores que no son ni de recirculación de fangos ni de lecho de fangos, si bien en estos aparatos la decantación se efectúa, de hecho, según un proceso dinámico.

Según la cantidad de materia en suspensión en el agua bruta, el volumen de los precipitados a evacuar y la pendiente del fondo del aparato, el decantador puede equiparse o no con un sistema de rascado de fangos.

2.1.1. DECANTADORES ESTÁTICOS SIN RASCADO

A. Decantadores cilindro-cónicos normales

Este decantador, de flujo vertical, se utiliza para instalaciones de pequeño caudal, hasta unos 20 m³/h, especialmente en el caso de depuración por vía química. Se utiliza, asimismo, en el tratamiento de aguas residuales para poblaciones inferiores a 1000 ó 2000 habitantes.

También puede utilizarse en instalaciones de mayor importancia, cuando el volumen de precipitados es reducido, y elevada su densidad. Este decantador puede ir precedido, en caso necesario, de un floculador, e incluso de un desarenador.

La pendiente de la parte cónica del aparato estará comprendida entre 45 y 65°, según la naturaleza del agua tratada y el tratamiento aplicado.

La velocidad ascensional media será de 0,5 a 1 m/h en el caso de clarificación de agua para abastecimiento público, y de 1 a 2 m/h para decantación primaria de aguas residuales urbanas.

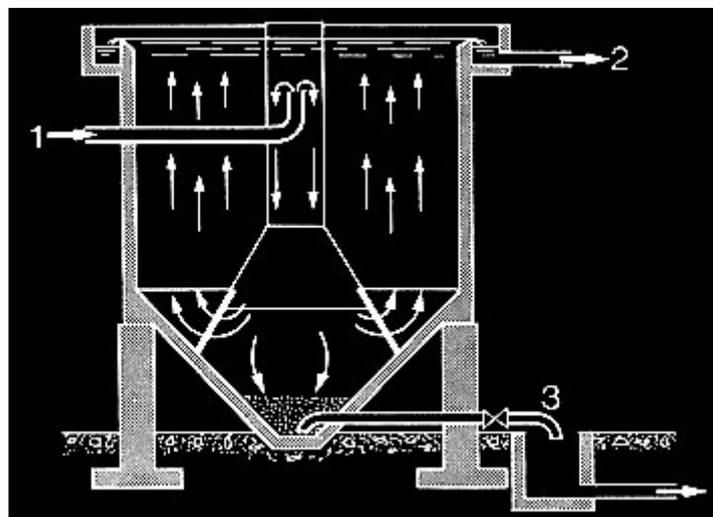


Fig. 79.- Decantador cilindro-cónico.

- 1 - Agua bruta.
- 2 - Agua tratada.
- 3 - Vaciado.

B. Decantadores estáticos de flujo horizontal.

En este tipo de decantador, que fue utilizado en estaciones de depuración de agua potable, la superficie de decantación, en metros cuadrados, es igual a 1 ó 2 veces el caudal horario en metros cúbicos de agua a tratar.

Esta solución exige grandes superficies y obras de fábrica importantes.

Por otra parte, cuando se quieren evacuar los sedimentos de fango, debe procederse al vaciado total del depósito. Por lo tanto, este sistema sólo puede utilizarse cuando el volumen de fango es pequeño.

Los depósitos de decantación estática generalmente van precedidos de una cámara de mezcla en la que se consigue una difusión rápida de los reactivos, y de un floculador de agitación lenta para favorecer la floculación (ver pág. 71).

C. Decantadores estáticos laminares.

Existen diversos tipos de decantadores estáticos laminares, provistos de placas paralelas o de tubos.

El Sedipac, representado en la figura 80, reúne, en un mismo recinto, una zona de mezcla del agua y los reactivos de tratamiento, un floculador acelerado equipado del dispositivo de «placas deflectoras» del Superpulsator (ver página 182) y una zona de decantación laminar. Los fangos producidos pasan por gravedad, concentrándose en la tolva de fondo del aparato.

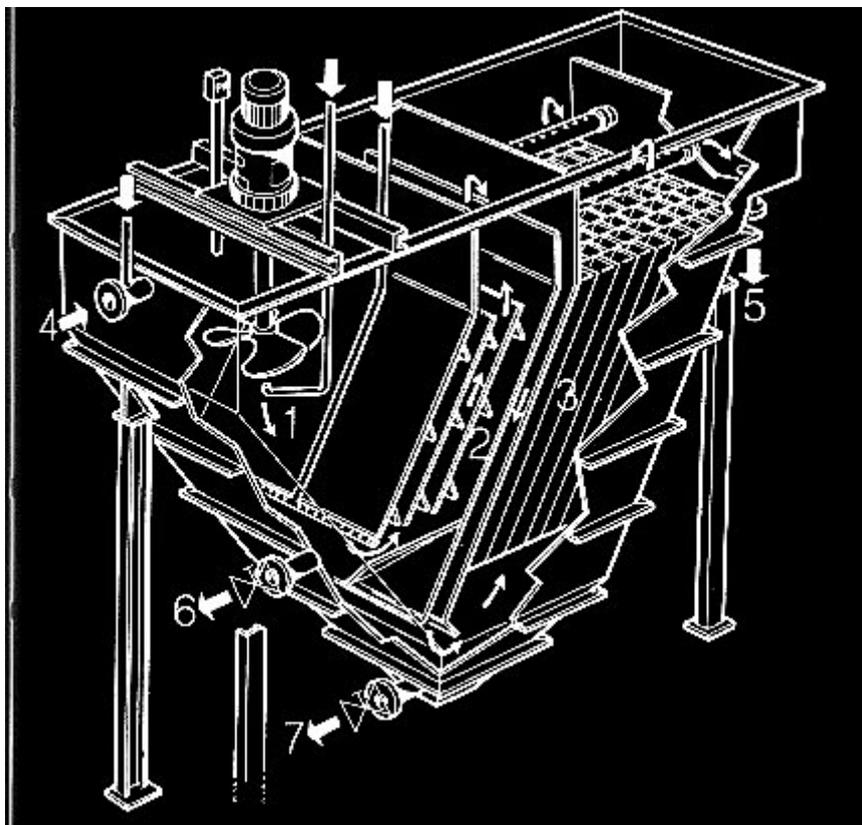


Fig. 80. - Decantador estático laminar SEDIPAC.

- 1 - Mezclador.
- 2 - Flocculador.
- 3 - Decantador.
- 4 - Entrada agua bruta.
- 5 - Salida agua decantada.
- 6 - Purga.

2.1.2. DECANTADORES ESTÁTICOS CON BARRIDO MECÁNICO DE FANGOS

Los decantadores de rasquetas se utilizan, generalmente, en el desbaste de agua bruta, y en el tratamiento primario, clarificación y depuración química de aguas residuales.

Se utilizan, igualmente, en la depuración de aguas de minas, aguas de lavado de carbón y, en general, de cualquier tipo de agua que contenga materias pesadas que puedan sedimentar espontáneamente.

Es conveniente que los fangos puedan extraerse a medida que se van formando.

Con el barrido de fangos en el fondo del decantador, se consigue el espesamiento de los mismos: el volumen a extraer es pequeño y la pérdida de agua evacuada con los fangos es mínima. Por otra parte, mediante este barrido, los fangos pueden enviarse a una o varias fosas especiales, de las que más tarde serán extraídos.

La velocidad de desplazamiento de las rasquetas destinadas a reunir los fangos en la fosa de concentración y evacuación, depende del porcentaje de sólidos en suspensión en el agua a tratar, así como de su densidad.

Por término medio, en los decantadores rectangulares de barrido longitudinal, esta velocidad es del orden de 1 cm/s para agua de abastecimiento y de 2 a 5 cm/s para aguas residuales. En los decantadores circulares de barrido rotatorio, las velocidades periféricas de los brazos son, respectivamente, de 1 a 3 cm/s y de 2 a 6 cm/s.

Existen numerosos tipos de decantadores de rasquetas.

A. Decantadores circulares.

En los decantadores circulares, el sistema de barrido va sujeto a una estructura que gira alrededor del eje del depósito. Puede llevar una sola lámina (fig. 81) o bien una serie de rasquetas montadas en «celosía» (fig. 82).



Fig. 81.- Decantador primario de rasquetas, de 25 m Ø, de lámina de barrida del fonda. Caudal umtaria: 300 m3/h. Tratamiento de aguas residuales de ISPAHAN (Irán).

Según el tratamiento utilizado y la calidad del agua tratada, puede ser conveniente prever un sistema de eliminación de espumas en superficie. Este sistema se utiliza especialmente para aguas residuales.

El sistema de barrido puede ser radial o diametral y, en este segundo caso, se duplican los rascadores de fondo. Este sistema es accionado por una estructura giratoria, de arrastre periférico o central.

La construcción más frecuente es la del puente radial, de arrastre periférico. Un grupo motorreductor, montado sobre el puente, acciona una rueda motriz que se desliza sobre el muro de coronación del decantador. La barredera de superficie va fijada rígidamente a la pasarela giratoria, y las rasquetas de fondo, cuya fijación generalmente va articulada, son arrastradas por la misma pasarela.

En el caso de arrastre central, la estructura metálica se compone de dos brazos radiales suspendidos de una corona dentada central, accionada por un grupo motorreductor fijo. Los rascadores de fondo y de superficie son solidarios de la estructura giratoria. La corona central y el grupo de arrastre pueden apoyarse sobre una pasarela diametral fija, o sobre una columna central de hormigón, que descansa sobre el fondo del decantador. La pendiente de solera en la que se efectúa el barrido de fangos, es del 4 al 10 %. Los fangos, concentrados en una fosa central, son evacuados por un sistema automático de extracción.



Fig. 82. Decantador de rasquetas, de 24,50 m Ø, equipado con rasquetas montadas en «celosía». Tratamiento de aguas residuales de REIMS (Marne).

Los decantadores circulares de rasquetas pueden equiparse con un floculador de agitación lenta, que se sitúa en el centro del aparato.

A continuación, el agua floculada pasa, a través de amplias aberturas sin vertedero (con el fin de evitar una turbulencia excesiva), a la zona periférica de decantación, en la que se depositan las partículas floculadas y las materias en suspensión.

Los decantadores circulares de rasquetas generalmente tienen alturas periféricas de agua comprendidas entre 2 y 3,50 m.

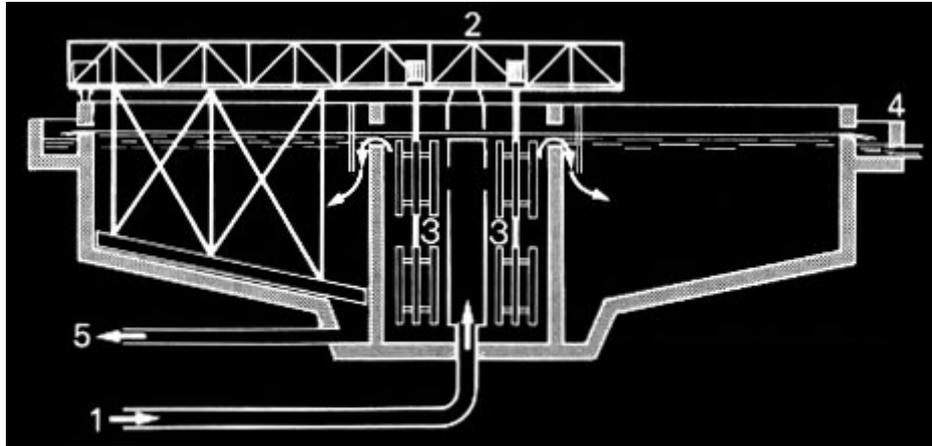


Fig. 83. Decantador floculador con puente de rasquetas de arrastre pentérico, sin recirculación de fangos.

- 1 - Llegada de agua bruta.
- 2 - Puente de rasquetas.
- 3 - Zona de floculación.
- 4 - Salida de agua decantada.
- 5 - Evacuación de fangos.

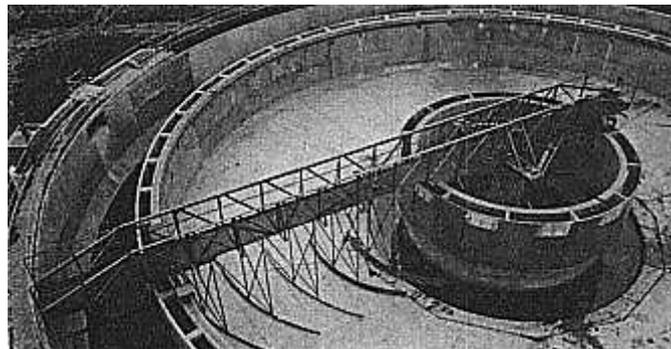


Fig. 84. Decantador-floculador con puente de rasquetas de arrastre pentérico, de 40 m \varnothing .

B. Decantadores longitudinales rectangulares.

Los decantadores rectangulares presentan la ventaja de que permiten una implantación más compacta de los diferentes equipos de tratamiento, si bien su costo generalmente es más elevado.

Normalmente, se adopta una relación longitud/anchura comprendida entre 3 y 6. La profundidad de los depósitos está comprendida, frecuentemente, entre 2,5 m y 4 m. La pendiente del fondo es del orden del 1 %.

El sistema de barrido puede ser accionado por un puente que abarque el depósito, y que se desplace de un extremo a otro del decantador, o mediante cadenas sin fin, sumergidas.

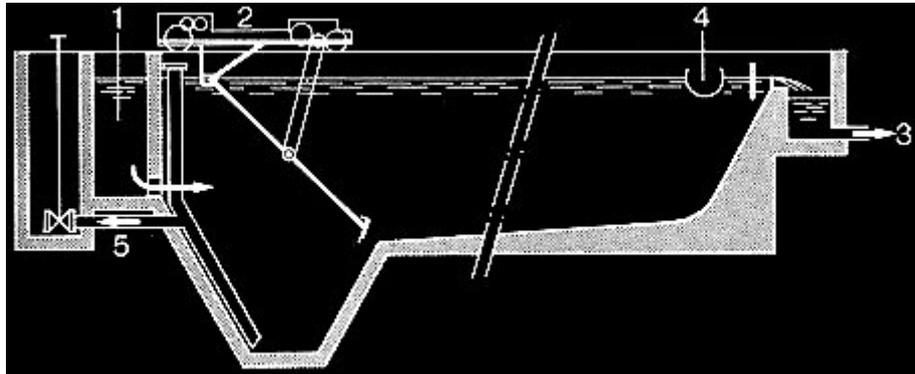


Fig. 85. Decantador longitudinal, con puente de rasquetas.

- 1 - Llegada de agua bruta.
- 2 - Puente de rasquetas.
- 3 - Salida de agua tratada.
- 4 - Recogida de flotantes.
- 5 - Evacuación de fangos.

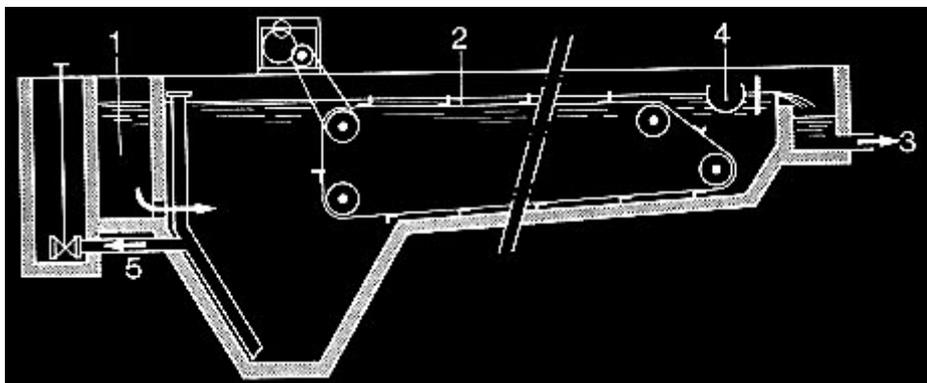


Fig. 86. Decantador longitudinal con sistema de cadenas.

- 1 - Llegada de agua bruta
- 2 - Cadena rascadora
- 3 - Salida de agua decantada
- 4 - Recogida de flotantes.
- 5 - Evacuación de fangos.

Las fosas de fangos van situadas justamente debajo de la llegada de agua bruta, y la recogida de espumas inmediatamente antes de la salida de agua decantada. El rascador

de fondo desplaza los fangos en sentido contrario al de circulación del agua, y el rascador de superficie en el mismo sentido. Las maniobras de los diferentes rascadores, así como la inversión del sentido de marcha del puente, se efectúan de forma totalmente automática.

Pueden preverse puentes que soporten y muevan rascadores correspondientes a varios decantadores paralelos. La luz de estos puentes puede ser superior a 25 m.

En el caso de agua bruta relativamente poco cargada, puede utilizarse un puente único para varios decantadores, desplazándolo periódicamente de un decantador a otro.

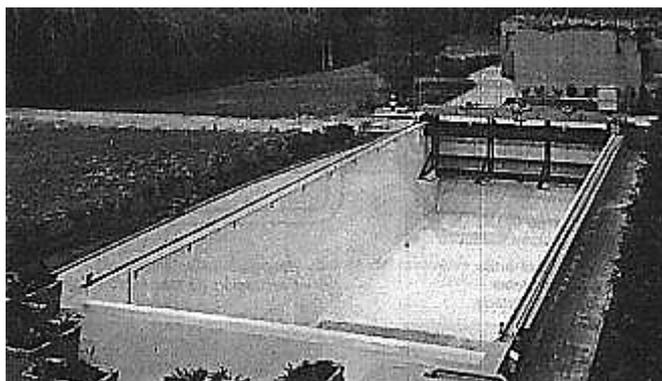


Fig. 87. Decantador longitudinal can puente de rasquetas de fondo y de superficie. Tratamiento de aguas residuales de SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES (Yvelines).

2.7.3. DECANTADORES ESTÁTICOS CON SUCCIÓN DE FANGOS

Los decantadores estáticos con succión de fangos se utilizan principalmente en el campo del tratamiento de aguas residuales por fangos activados, en el que es importante que se reduzca el tiempo de permanencia de estos fangos en el decantador, con el fin de evitar su degradación.

Cuando el decantador alcanza un cierto diámetro, conviene multiplicar los puntos de recogida de los fangos depositados, utilizando un dispositivo de succión.

En efecto, no puede acelerarse el retorno de los fangos hacia el centro del aparato aumentando la velocidad de rotación de la rasqueta de fondo sin crear turbulencias inaceptables. El dispositivo de succión puede adaptarse tanto a decantadores circulares como a decantadores rectangulares.

En los decantadores circulares de diámetro inferior a 40 m, se utiliza generalmente un puente radial de arrastre periférico del que es solidaria una canaleta a la que llega un cierto número de tubos que quedan sumergidos casi hasta el fondo del aparato.

Cuando el diámetro del aparato es superior a 40 m, la succión de fangos no se realiza únicamente en un radio, sino en todo el diámetro. El dispositivo de succión es generalmente de arrastre central.

En ambos casos, puede conseguirse el efecto de succión por presión hidrostática, estando en este caso la llegada de los tubos a la canaleta de recogida a una cota inferior a la de la superficie del agua, o bien por emulsión del fango con aire, lo que permite regular por separado el caudal de cada uno de los tubos de aspiración, actuando sobre el caudal de aire inyectado.

La evacuación de los fangos recogidos en la canaleta móvil se efectúa por el centro del aparato, mediante un sifón, que a su vez es móvil si el aparato es de arrastre periférico.

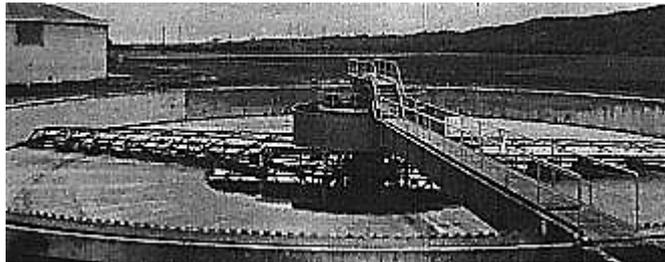


Fig.88. Decantador con puente de arrastre central y tubos de succión de fangos, de 41 m Ø. Tratamiento de aguas residuales de METZ (Moselle).

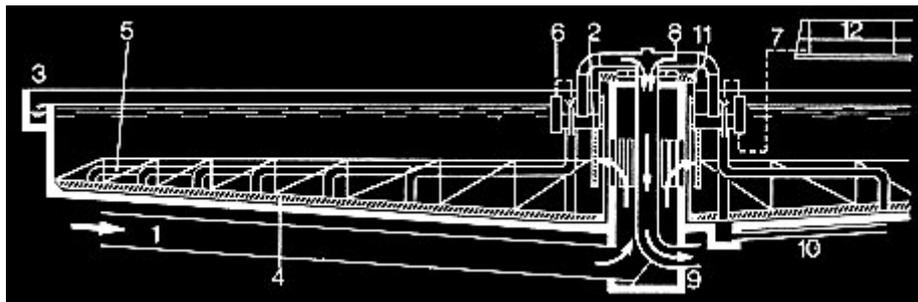


Fig. 89. Clarificador de succión de fangos, con rasqueta diametral de arrastre central

- 1 - Alimentación.
- 2 - Deflector calado.
- 3 - Vertedero.
- 4 - Rasquetas.
- 5 - Tubos de succión.
- 6 - Air-lift de descarga de los tubos.
- 7 - Alimentación de aire a presión.
- 8 - Sifones de extracción de las fangos.
- 9 - Tubería de salida de fangos.
- 10 - Tubería de vaciada.
- 11 - Cabeza de arrastre.
- 12 - Pasarela de acceso.

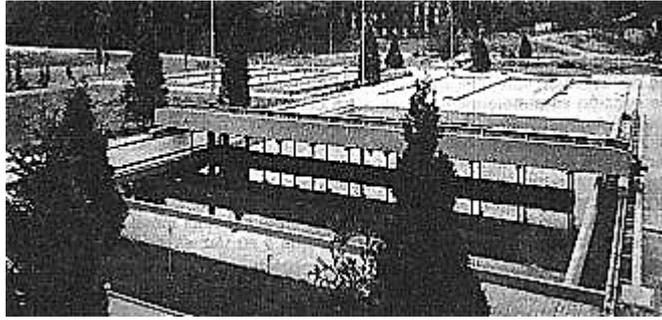


Fig. 90. - Clarificador longitudinal, de 21,00 · 29,50 m, con puente transversal y succión de fangos.

En un decantador rectangular, los fangos aspirados se recogen en una canaleta, cuyo movimiento de vaivén es perpendicular a la dirección del flujo de agua. Los fangos se evacuan de esta canaleta por bomba o sifón.

El diseño del aparato debe estar especialmente bien estudiado, tanto por lo que se refiere a la entrada de agua, cuya distribución debe ser uniforme, sin formación de turbulencias perjudiciales a la decantación, como a los extremos, con el fin de evitar zonas muertas en las que podría acumularse el fango.

2.2. Decantadores por contacto de fangos

2.2.1. GENERALIDADES

A. Factores que favorecen la floculación:

Para que puedan flocular las partículas presentes (hidróxidos metálicos y materias coloidales), es preciso que se pongan en contacto unas con otras. La floculación se facilita considerablemente agitando el líquido. Por otra parte, las posibilidades de encuentro de las partículas aumentan con su concentración en el agua, y a ello se debe la idea de reforzar dicha concentración conservando en el líquido un elevado porcentaje de los fangos formados en el tratamiento anterior.

La agitación necesaria para que se mezclen el agua a tratar, el reactivo y los fangos, debe ser suficientemente lenta para que no se rompa el flóculo ni se provoque una nueva suspensión coloidal.

Es esencial, asimismo, que las partículas antiguas, que se ponen en contacto con el líquido que se está tratando, se encuentren en el mismo estado físico que las formadas por los reactivos añadidos.

Por lo tanto, los fangos que se reintroducen no deben haberse aglomerado a causa de una decantación prolongada que puede dar lugar a una excesiva deshidratación.

Para conseguir que los fangos se mezclen con el líquido, pueden utilizarse dos procedimientos:

Aparatos de circulación de fangos: los fangos se separan del agua clara en una zona de decantación. Seguidamente, se recirculan haciéndoles pasar a una zona de mezcla, provista de un sistema de agitación mecánica (Accelerator, Turbocirculator) o hidráulica (Circulator). El agua bruta, a la que se han añadido los reactivos, se introduce igualmente en esta zona de mezcla.

Aparatos de lecho de fango propiamente dicho. (Tipo Pulsator): no se pretende que circule el fango. Se trata solamente de mantenerlo en forma de una masa en expansión, que el agua puede atravesar de abajo arriba, de manera regular y uniforme. La agitación, muy lenta, tiene lugar en el punto de introducción del agua a tratar.

B. Separación de los fangos:

En el seno del lecho de fango o de la zona de recirculación, el fango se encuentra en suspensión y ocupa un volumen aparente que varía según su densidad y la velocidad ascensional del agua. No puede producirse aglomeración.

La verdadera separación tiene lugar en unas zonas tranquilas previstas en el decantador, del cual sólo ocupan una pequeña parte. Los fangos se concentran en estas fosas (llamadas también concentradores), de las que se extraen automáticamente, por medio de válvulas o de sifones, accionados por un programador.

C. Aplicación de la decantación laminar:

El principio de la decantación laminar no se reserva únicamente a los decantadores estáticos, sino que también es aplicable a los decantadores por contacto de fangos, en los que aumenta los resultados de velocidad.

En los aparatos de recirculación de fangos, los módulos laminares, generalmente en forma de tubos cuyas dimensiones deben elegirse cuidadosamente, para que se consigan los resultados previstos y al mismo tiempo se eviten obstrucciones, se colocan en la zona de decantación, cuya superficie eficaz, de esta forma, resulta aumentada artificialmente (decantador laminar R.P.S.).

En los aparatos de lecho de fangos, los módulos se colocan en la zona de decantación (Pulsator de placas o de tubos) o en el propio lecho de fangos (Superpulsator).

En el primer caso, los módulos desempeñan la misma misión que en un decantador laminar estático o de recirculación de fangos.

En el segundo caso, los módulos, diseñados de forma especial, están formados por placas o deflectores, y realizan una doble función: aumentan la eficacia del lecho de fangos por medio de los lentos movimientos de torbellino que crean en su seno, con lo que se reduce considerablemente el tiempo necesario para la floculación; por otra parte, su concepción permite que se produzcan torbellinos estacionarios y se mantenga entre las placas un lecho de fangos sometido a velocidades ascensionales importantes.

D. Campo de aplicación:

Los decantadores por contacto de fangos pueden utilizarse en todos los procesos de depuración en los que interviene un reactivo químico:

coagulación de materias coloidales (clarificación),
decoloración y desodorización,
precipitación de sales alcalinotérreas (descarbonatación, desendurecimiento),
eliminación de hierro y manganeso,
tratamiento de aguas residuales por vía química.

2.2.2. DECANTADORES DE RECIRCULACIÓN DE FANGOS

Se caracterizan por la existencia de una zona de reacción y de una zona de decantación. Los fangos se recogen en la base de esta última, y, a continuación, se envían nuevamente a la zona de reacción.

Estos aparatos, cuyo principio de funcionamiento es muy simple, deben estudiarse cuidadosamente en su forma general y en todos sus detalles, con el fin de evitar los depósitos de fango, procurando que éste circule de forma regular, sin importantes movimientos de torbellino, y tratando de conseguir su mezcla sin excesiva agitación.

A. Decantador CIRCULATOR:

Este tipo de decantador está provisto de un dispositivo hidráulico muy eficaz, con el que se consigue la aceleración de las reacciones por circulación metódica de los precipitados formados con los reactivos y el agua a tratar.

Es de construcción muy sencilla, y se adapta muy bien a instalaciones medianas con cubas de pequeños diámetros.

También se utiliza normalmente cuando se desea conseguir una floculación y una decantación acelerada, a presión. En infinidad de pequeñas instalaciones rurales para tratamiento de agua de abastecimiento, en las que el doble bombeo supone una complicación de explotación, el empleo del decantador Circulator presenta especial interés.

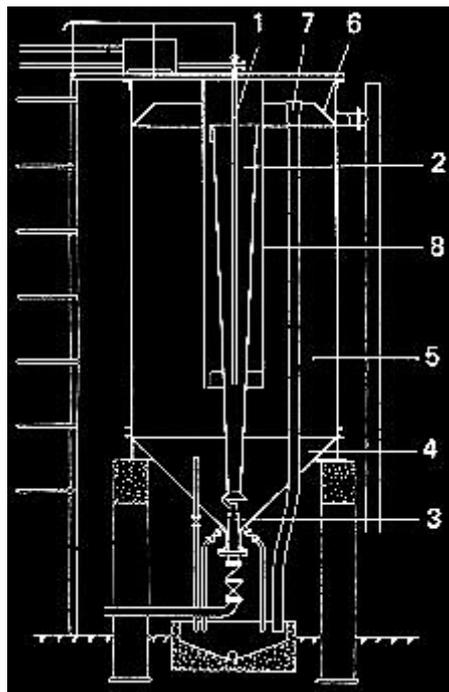


Fig. 91. - Decantador CIRCULATOR en descarbonatación.

- 1 - Reactivos.
- 2 - Zona de reacción.
- 3 - Hidroeyector.
- 4 - Concentración de fangos.
- 5 - Zona de decantación.
- 6 - Colector de agua decantada.
- 7 - Rebose.
- 8 - Campana deflectora.

Generalmente, los aparatos tienen un fondo cónico, para facilitar el deslizamiento de los fangos hacia el eyector que efectúa la recirculación. El aparato no lleva ningún órgano mecánico (figura 91, página 174).

En los aparatos de gran diámetro, que no pueden tener suficiente pendiente de fondo, se utilizan rasquetas giratorias idénticas a las que van incorporadas a los decantadores de las figuras 81 y 82, cuya misión es dirigir los fangos hacia el centro, de forma continua.

El Circulator puede clarificar o descarbonatar normalmente un agua con un tiempo de retención comprendido entre 45 min y 2 h, según los casos; la velocidad ascensional del agua no debe ser superior a 2 m/h en clarificación y 5 a 7 m/h en desendurecimiento.

B. Decantador TURBOCIRCULATOR:

En este aparato, la recirculación de los precipitados formados se realiza mediante una hélice de perfil bien estudiado. Esta hélice evita que se rompan los precipitados frágiles de hidróxido metálico, que no soportarían la recogida por eyector hidráulico, y permite que el aparato se utilice tanto en clarificación como en desendurecimiento.

La zona de reacción, situada en el centro del aparato, permite una reacción completa de coagulación, floculación, desendurecimiento e incluso de oxidación.

Un sistema de barrido lleva los fangos, de forma continua, hacia el centro, de donde se recogen por el sistema de recirculación, o se dirigen hacia la fosa de fangos, en la que se concentran o de donde se extraen intermitentemente.

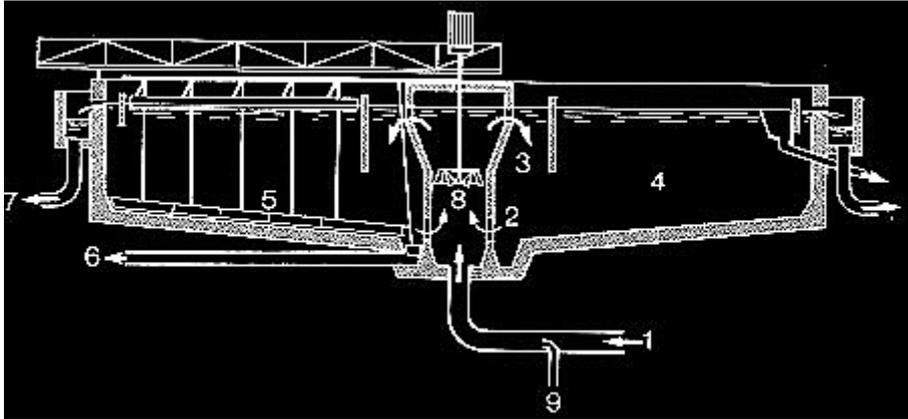


Fig. 92. Decantador TURBOCIRCULATOR

- 1 - Llegada de agua bruta.
- 2 - Recirculación de fangos.
- 3 - Maduración del flóculo.
- 4 - Zona de decantación.
- 5 - Rascadores.
- 6 - Fangos en exceso.
- 7 - Salida de agua tratada.
- 8 - Hélice de mezcla agua bruta-fangos recirculados.
- 9 - Introducción de reactivos.

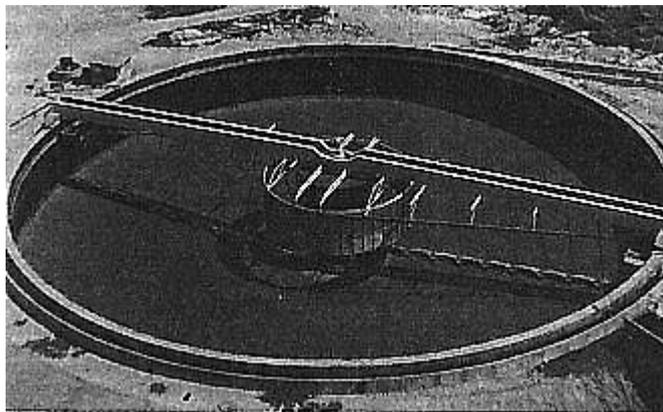


Fig. 93. - Decantador TURBOCIRCULATOR de 53 m Ø. Caudal 4000 m³/h.

C. Decantador ACCELATOR:

El decantador Accelator NS dispone de una zona central de reacción rodeada por una zona de decantación. Estas dos zonas se comunican por arriba y por abajo.

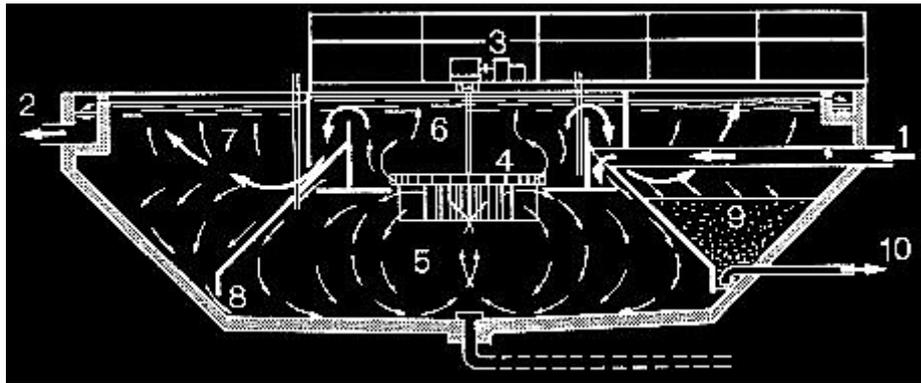


Fig. 94. - Decantador ACCELATOR NS.

- 1 - Llegada agua bruta.
- 2 - Salida agua tratada.
- 3 - Grupo de arrastre.
- 4 - Turbina.
- 5 - Zona de mezcla primaria.
- 6 - Zona de mezcla secundaria.
- 7 - Agua clarificada.
- 8 - Recirculación de fangos.
- 9 - Concentrador de fangos.
- 10 - Fangos en exceso.

Una turbina, situada en la parte superior de la zona de reacción, hace que el agua pase a la zona de decantación.

Los fangos que sedimentan en esta última, vuelven, por circulación inducida, a la zona central. Se produce así un enriquecimiento del fango, con el que se consigue una floculación rápida y la formación de un precipitado denso.

Eventualmente, un agitador de fondo realiza una mezcla rápida del agua bruta con el fango y los reactivos, y, al mismo tiempo, evita la acumulación de sedimentos pesados, que podrían atascar el aparato.

Por medio de una o varias fosas, puede extraerse el exceso de fangos en la forma más concentrada posible.

El Accelator IS es una variante del Accelator, que va provista de un sistema de barrido en la parte inferior del aparato. Mediante dicho sistema se consigue un espesamiento de los fangos, los cuales se dirigen hacia las fosas de fangos, situadas al nivel de la solera, de donde se extraen.

D. Decantador laminar R.P.S.

El decantador R.P.S. es, en realidad, un Turbocirculator de rasquetas, con zona de decantación laminar, dentro de una estructura rectangular.

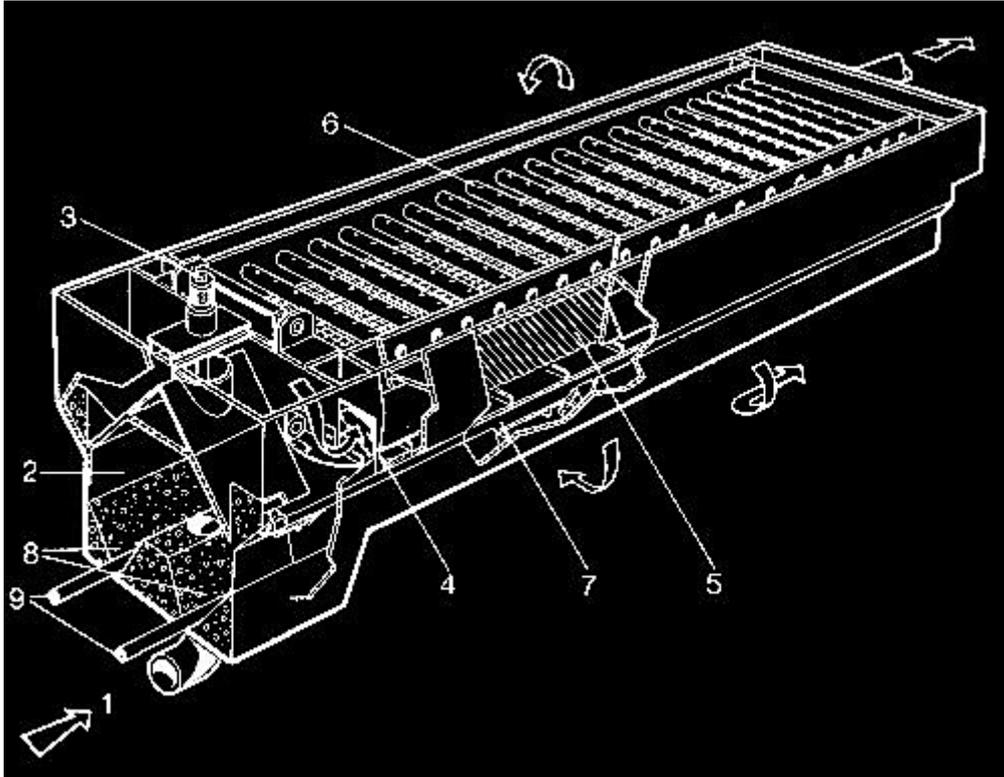


Fig. 95. - Decantador laminar R.P.S.

- 1 - Entrada agua bruta.
- 2 - Cámara de reacción.
- 3 - Hélice de recirculación.
- 4 - Conductos de alimentación de la zona de decantación.
- 5 - Zona de decantación laminar.
- 6 - Dispositivo de recogida de agua decantada.
- 7 - Rasqueta de fangos.
- 8 - Fosas de fangos.
- 9 - Tuberías de extracción de fangos.

En este aparato, la cámara de reacción, cuyo fondo está previsto como fosa de fangos, va equipada con una hélice de flujo axial, que realiza la recirculación de los fangos y que comunica lateralmente, por su parte inferior, con la zona de decantación laminar. En esta zona, un dispositivo de barrido de la solera lleva los fangos depositados, de forma permanente, hacia la cámara de reacción, en la que nuevamente se ponen en circulación, o se concentran antes de ser extraídos del aparato.

La mezcla agua-fango que sale por la parte superior de la cámara de reacción, se reparte uniformemente, por dos conductos laterales, en toda la longitud de la zona de decantación. La homogeneidad en la recogida de agua decantada se consigue mediante una serie de tuberías perforadas, uniformemente espaciadas, que vierten a dos arquetas dispuestas por encima de los conductos de distribución.

Cuando los caudales de agua a tratar son muy importantes, el aparato puede estar provisto de dos zonas de decantación, dispuestas a ambos lados de una misma cámara de reacción.

En caso de equipos de pequeñas dimensiones, éstos pueden preverse sin sistema de barrido.

2.2.3. DECANTADORES DE LECHO DE FANGOS

A. Comportamiento de un lecho de fangos:

Si se quiere medir la velocidad de sedimentación de un fango en el laboratorio, para determinar las dimensiones de un decantador, puede seguirse el método siguiente: Colocar el fango en un tubo de vidrio, hacer circular el agua de abajo arriba, a caudal continuo, a través del fango, y medir la velocidad a partir de la cual comienza a ser arrastrado.

Ahora bien, al cabo de cierto tiempo de funcionamiento, el fango no permanece en suspensión en el líquido. Por el contrario, va concentrándose progresivamente, empezando por una pared, y, finalmente, se observa una masa compacta de fango, en cuyo seno el agua ha creado un paso. Es evidente que, en estas condiciones, no se produce un contacto eficaz entre el agua que atraviesa el tubo de vidrio y el fango que contiene.

En cambio, si la entrada de agua se realiza de una manera intermitente, introduciendo un fuerte caudal durante un tiempo muy corto seguido de un periodo de reposo prolongado, se comprueba que la masa de fango se mantiene en suspensión regular. Todo el fango es arrastrado hacia arriba durante la introducción de agua, pero, a continuación, durante el período de reposo siguiente, se deposita de una forma regular, como lo haría en una probeta de agua fangosa que se dejara en absoluto reposo.

Esto es lo que constituye el principio básico de la determinación del coeficiente de cohesión del fango (n.º 705, pág. 951). De esta forma, se consigue una masa de fango homogéneo en todos sus puntos.

Si se hace pasar a través de una capa de fango una corriente vertical de agua, se comprueba que el volumen ocupado por el fango varía con el caudal y aumenta con éste hasta un cierto límite, por encima del cual la expansión del fango es tal que las partículas que lo constituyen se encuentran tan alejadas unas de otras, que la fuerza de gravitación es insuficiente para mantener su cohesión. El fango es arrastrado entonces por el agua. El efecto del lecho de fangos queda suprimido. La velocidad límite así definida no es la velocidad máxima a la que podrá funcionar el decantador. Esta velocidad máxima depende de gran número de factores (temperatura, naturaleza del agua, etc.), y deberá determinarse en función del ensayo (n.º 705, pág. 951) que da el coeficiente K de cohesión del fango.

Un lecho de fangos se comporta como un resorte que tiende a comprimirse bajo la acción de la gravedad, pero que se estira más o menos bajo la acción de la fuerza ejercida por el agua sobre las partículas de fangos que constituyen este resorte, las

cuales, naturalmente, aumentan con la velocidad del agua. El resorte se rompe si se estira demasiado, lo que es preciso evitar adoptando una velocidad conveniente.

Puede incrementarse la resistencia del resorte, y aumentar por tanto la velocidad máxima posible, mejorando la cohesión del lecho de fangos, mediante el empleo de ayudantes de floculación tales como la sílice activada o los polielectrólitos. Esta velocidad puede más que duplicarse si se mejora mecánicamente el contacto del agua con los fangos y la concentración de éstos, reduciendo al mismo tiempo el nivel de turbulencia del flujo del agua que atraviesa el lecho de fangos. Esto es lo que se realiza en el Superpulsator, recurriendo a la decantación laminar (ver páginas 74 y 182).

Si se coloca un recipiente sin tapa en el seno de una masa de fangos mantenida en expansión por una corriente de agua ascensional, se comprueba que el fango se concentra en el mismo. Esto se comprende fácilmente, ya que dentro de dicho recipiente no circula el agua y no existe fuerza alguna que tienda a mantener el fango en expansión. Sucede como si el recipiente constituyese una zona de débil presión (resorte en su posición naturalmente comprimida), mientras que en el resto del decantador existe una presión más elevada (resorte estirado por la acción de una fuerza de rozamiento).

Es natural, por tanto, que el fango pase rápidamente de la zona de alta presión hacia la zona de baja presión. El recipiente en cuestión constituye el concentrador desde el cual podrá evacuarse el exceso de fango.

B. Decantador PULSATOR (Patente francesa n.º 1115038; patente española n.º 225179. Patentado en diversos países):

El PULSATOR es la aplicación industrial de las observaciones de laboratorio y de las consideraciones teóricas expuestas anteriormente. Con él se consiguen velocidades ascensionales elevadas que pueden llegar, según la naturaleza de las materias en suspensión, hasta 8 m/h.

· Realización: El decantador está constituido por un depósito de fondo plano, provisto en su base de una serie de tubos perforados (9) que permiten introducir el agua bruta uniformemente por todo el fondo del decantador. En su parte superior va provisto de una serie de tubos perforados o canaletas (2), mediante los cuales se consigue la recogida uniforme del agua decantada y se evita cualquier irregularidad de velocidad en las diferentes partes del aparato.

Para alimentar el colector inferior de una manera discontinua, pueden emplearse diferentes medios. Todos consisten en almacenar, durante un tiempo determinado, un cierto volumen de agua bruta que se hace penetrar en seguida en el aparato, de la forma más rápida posible.

El procedimiento más económico para efectuar esta operación consiste en introducir el agua bruta en una campana (6), en cuyo interior se aspira el aire por medio de una máquina (7), que extrae un caudal de aire sensiblemente igual a la mitad del caudal máximo de agua a tratar. Esta campana se encuentra en comunicación con el colector inferior del decantador.

En estas condiciones, el nivel de agua bruta aumenta progresivamente en la campana. Cuando alcanza una altura comprendida entre 0,60 m y 1,00 m por encima del nivel de agua en el decantador, se efectúa la apertura brusca de una válvula (8) de comunicación de la campana con la atmósfera, por medio de un relé eléctrico. La presión atmosférica actúa entonces, inmediatamente, sobre el agua almacenada en la campana, que penetra en el decantador a gran velocidad.

Estos aparatos se regulan, generalmente, de forma que el vaciado de la campana al decantador se efectúe en 5 a 10 segundos, en tanto que el tiempo de llenado de esta campana dura de 30 a 40 segundos.

La aspiración en la campana se efectúa por medio de un ventilador o de un grupo motocompresor que funciona como bomba de vacío. Las aperturas y cierres de la válvula de puesta en comunicación con la atmósfera se accionan en función de los niveles del agua contenida en la campana.

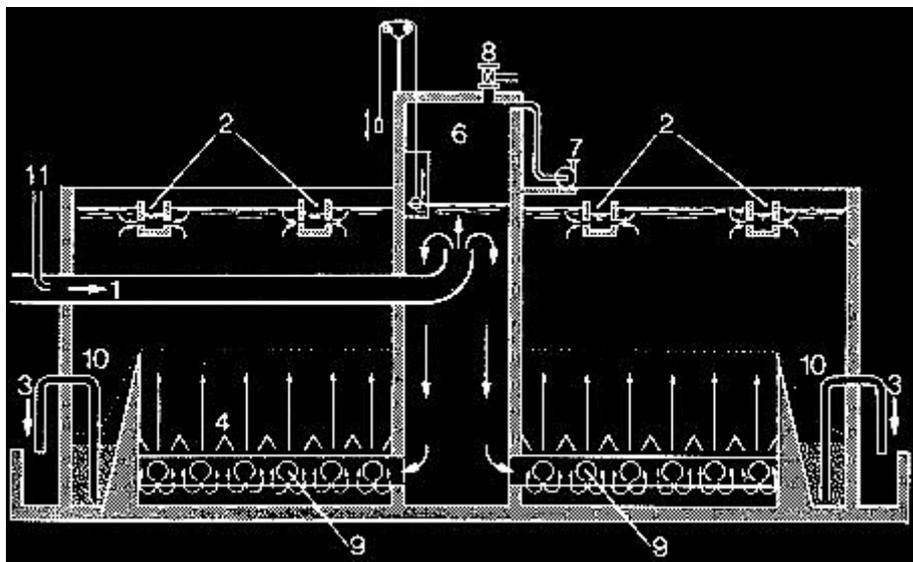


Fig. 96. - Decantador PULSATOR.

- 1 - Llegada de agua bruta.
- 2 - Salida de agua decantada.
- 3 - Extracción de fangos.
- 4 - Tranquilizadores.
- 5 - Campana de vacío.
- 6 - Bomba de vacío.
- 7 - Válvula automática rompevacío.
- 8 - Tubos perforados de reparto de agua bruta.
- 9 - Concentradores de fangos.
- 10 - Introducción de reactivos.

El colector general, situado en la parte inferior del decantador, es de gran sección, con el fin de reducir su pérdida de carga. Los orificios dispuestos en sus ramificaciones están calculados de forma que se constituya un lecho de fangos homogéneo, en la mitad inferior del decantador. Este lecho está animado de movimientos alternos verticales, y tiende a aumentar el volumen, debido a las impurezas aportadas por el agua bruta y a los reactivos flocculantes introducidos, con lo que su nivel asciende de manera regular. Se

reserva una cierta zona del decantador para formar las fosas de fondo inclinado (10), en las que se vierte y concentra el exceso de fangos. Las purgas tienen lugar de forma intermitente, por las tuberías (3).

El aparato carece de todo sistema de agitación mecánica de los fangos, que tendería a romper los flóculos ya formados. A causa de la elevada concentración del lecho de fango, y de su acción amortiguadora, un mal ajuste de la dosis de tratamiento, o una variación del pH del agua bruta, no provocan graves trastornos de forma inmediata; se observa una variación lenta de la turbiedad del agua decantada, pero nunca el escape en masa de los fangos contenidos en el decantador.

Puede construirse un decantador Pulsator aprovechando una cuba existente, de un filtro o depósito, lo que permite modernizar antiguas instalaciones y multiplicar su caudal por 2 o por 3.

Se ha efectuado una transformación de este tipo en Buenos Aires (300 000 m³/d), en Durbán y en otras instalaciones.

C. Decantador PULSATOR laminar:

Instalando, por encima del lecho de fangos del Pulsator, módulos laminares, placas o tubos generalmente de material plástico, inclinados unos 60° con respecto a la horizontal, puede mejorarse la calidad del agua producida a igual velocidad de decantación en un aparato clásico, o bien aumentar dicha velocidad. La disposición de estos módulos puede apreciarse en el esquema n.º 97.

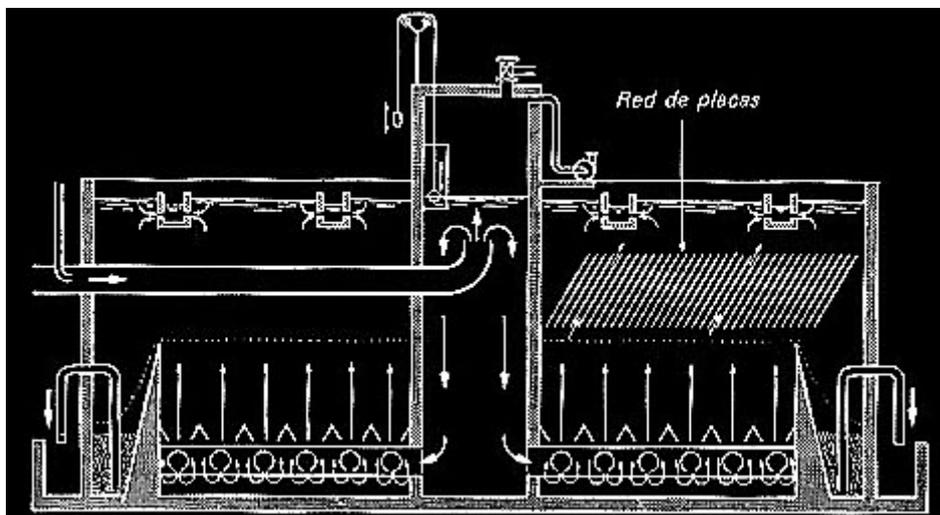


Fig 97. Decantador PULSATOR laminar.

Las partículas de flóculo que hayan podido escaparse del lecho de fangos se depositan sobre las paredes inferiores de los módulos y se acumulan en una ligera capa, hasta que su cohesión les permita deslizarse y descender nuevamente al lecho de fango.

D. SUPERPULSATOR:

En el Superpulsator se combinan las ventajas de la decantación por contacto de fangos, de la pulsación de un lecho de fangos y de la decantación laminar. Este decantador tiene varios puntos en común con el Pulsator, del cual se deriva y cuyas posibilidades aumenta. Por consiguiente, conserva el mismo principio de alimentación de agua bruta y de reparto en la base del aparato.

La mezcla «agua coagulada fangos ya floculados» asciende verticalmente en filetes paralelos, a través de la zona profunda situada entre los tubos inferiores de distribución y las placas inclinadas, que se alimentan así de manera uniforme. En este caso, pueden suprimirse los «tranquilizadores» utilizados en el Pulsator.

El agua floculada, perfectamente equirrepartida por la red de distribución, penetra seguidamente en la red de placas paralelas inclinadas a 60° sobre la horizontal, y perpendiculares al concentrador. La cara inferior de cada placa va provista de deflectores, que sirven a la vez de soportes y de órganos creadores de movimientos de torbellino.

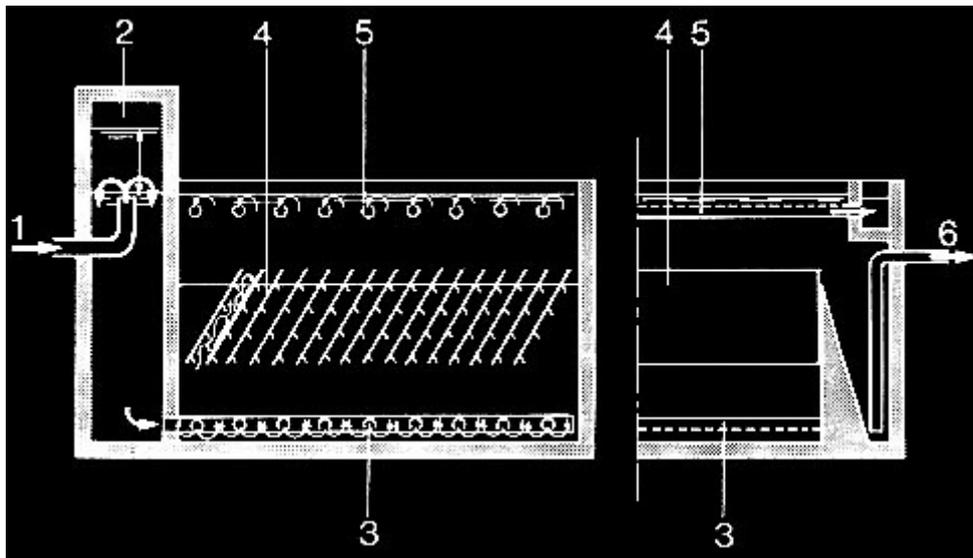


Fig. 98. Decantador SUPERPULSA TOR.

- 1 - Llegada de agua bruta.
- 2 - Campana de vacío.
- 3 - Tubos perforados de reparto.
- 4 - Placas.
- 5 - Tubos perforados de salida de agua decantada.
- 6 - Extracción de fangos.

Las placas de deflectores permiten mantener en el lecho de fangos una concentración elevada, dos veces superior a la de un Pulsator que funcione a la misma velocidad.

Esta fuerte concentración del lecho de fangos, que puede llegar hasta un 50 % en volumen, hace que el Superpulsator desempeñe el papel de un verdadero filtro de impurezas, principal ventaja de los decantadores de lecho de fangos concentrados de gran altura.

Como en el Pulsator, el nivel superior del lecho de fangos se limita por vertido a la zona del concentrador, en la que no se ejerce empuje alguno debido a la velocidad ascensional, y la recogida de agua decantada se realiza por medio de una red de colectores. La flexibilidad de funcionamiento del Superpulsator le permite una puesta en marcha muy rápida.

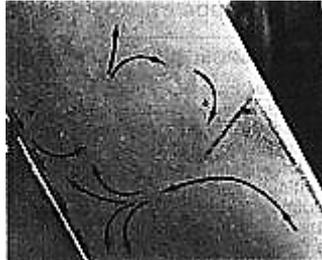


Fig. 99.



Fig. 100.- En primer plano, decantadores SUPERPULSATOR de 476 m² de superficie. Caudal 3100 m³/h. Estación de MORSANG-sur-SEINE. Abastecimiento de agua potable a la región parisiense sur.

2.3. Equipos anexos a los decantadores

2.3.1. DISPOSITIVOS DE EXTRACCIÓN DE FANGOS

En el caso de aguas sometidas a un tratamiento de floculación o de precipitación química, con excepción de los decantadores horizontales sin barrido (que deben vaciarse por completo para su limpieza), los fangos obtenidos en el tratamiento se concentran en las fosas de fangos (o concentradores). Estos fangos pueden extraerse mediante un dispositivo de purga continua, pero es preferible evacuar de forma intermitente los fangos que sedimentan. La frecuencia y duración de las purgas pueden regularse

mediante aparatos de relojería o por un Chronocontact 401 E, como el representado en la figura 101.

El caudal instantáneo es entonces mayor, siendo necesario disponer de una carga suficiente para conseguir velocidades elevadas en las tuberías y evitar así todo riesgo de obstrucción.

Los órganos de extracción propiamente dichos pueden ser válvulas automáticas, sifones o incluso bom-as.

Las válvulas automáticas, generalmente, son válvulas de membrana o de manguito, cuyo cierre se consigue aplicando una presión de agua o de aire al exterior del manguito o de la membrana. La apertura de la válvula es accionada por una electroválvula de 3 vías, situada en el circuito del fluido motor y conectada al programador.



Fig. 101. CHRONOCONTACT 401 E.

Los sifones se utilizan especialmente para extracciones de fangos de los concentradores de los decantadores Pulsator y Superpulsator. Se provoca el cebado del sifón conectando su punto alto al órgano de puesta en vacío de la campana del Pulsator. Se desceba el mismo mediante la puesta a la atmósfera de la tubería.

La extracción de fangos fuertemente concentrados se realiza por medio de bombas. Su empleo está totalmente indicado en el caso de un decantador de rasquetas, con arrastre central, que trate un agua cargada. En tal caso, las bombas se alojan en la columna central del aparato, tal como puede apreciarse en la figura 104, lo que permite una salida aérea de los fangos.

Cuando el caudal del decantador es variable, y se desea conseguir una pérdida mínima de agua y una concentración máxima del fango extraído, la frecuencia de las purgas debe seguir las variaciones de caudal, lo que puede hacerse automáticamente, intercalando un Chronocontact 401 E que trabaje en función de un Chronocontact 402 E (ver página 565). El Chronocontact 401 E provoca entonces la apertura de las válvulas de purga durante un tiempo constante, pero a intervalos de duración proporcional al caudal de alimentación del decantador.

En algunos casos, puede ser interesante no proceder a la extracción de los fangos de un decantador mientras su concentración no alcance un cierto valor. Esta concentración se determina por la medida de la absorción, por parte del fango, de una radiación y o

también de una onda ultrasónica. En algunos casos, también puede utilizarse el turbidímetro marca DEGRÉMONT que se describe en la página 574.

La medida del par desarrollado por la cabeza de arrastre del mecanismo de barrido también da una buena imagen de la concentración de los fangos.

Cuando las extracciones de fangos se accionan por el sistema de medida de concentración másica, conviene controlar el nivel del lecho de fangos en el decantador, mediante un aparato fotoóptico. Con ello se evita un vertido accidental de fango, por ejemplo cuando se produce un incremento del caudal a tratar.

En el caso de extracción manual de fangos de aguas residuales, se utilizan válvulas telescópicas que permiten un control visual de la extracción.

Se recuerda la posibilidad de extracción de los fangos por succión, en decantadores estáticos circulares o rectangulares (ver página 171).

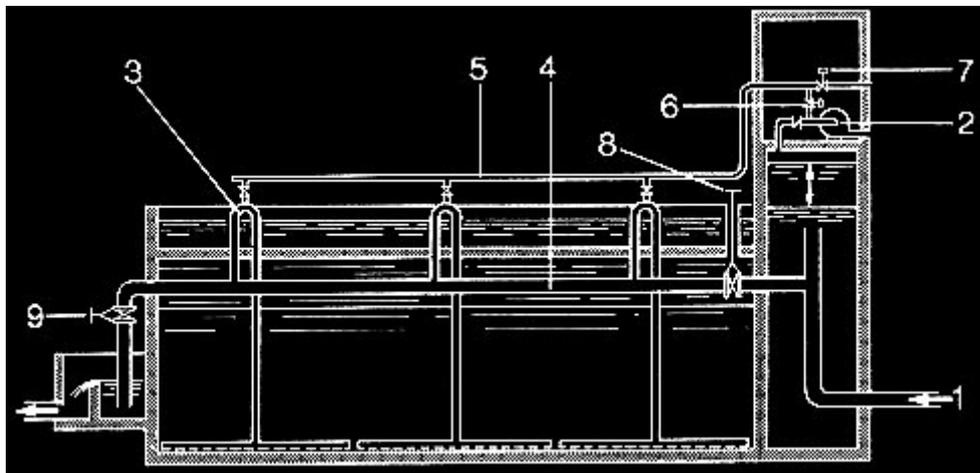


Fig. 102. Dispositivo de extracción de fangos por sifón del FUL SA TOR y del SUPERPULSA TOR.

- 1 - Llegada de agua bruta.
- 2 - Bomba de vacío.
- 3 - Extracción de fangos por sifón.
- 4 - Tubería general de extracción de fangos.
- 5 - Tubería de puesta en vacío de los sifones.
- 6 - Electroválvula.
- 7 - Válvula de puesta a la atmósfera.
- 8 - 9 - Válvulas para limpieza automática de la solera.

2.3.2. DISPOSITIVOS DE BARRIDO DE FANGOS Y DE ELIMINACIÓN DE ESPUMAS DE SUPERFICIE

A. Decantadores circulares;

Cuando no es demasiado importante el esfuerzo necesario para llevar el fango hacia el centro del aparato, se utiliza un puente giratorio, radial o diametral, con arrastre desde la periferia. Las suspensiones de las rasquetas de fondo van fijadas, generalmente, por medio de articulaciones que evitan someter al puente a momentos de torsión. El puente descansa, en el centro del aparato, sobre un pivote de rodamiento, que le permite moverse en el plano vertical. En la periferia, dicho puente va apoyado sobre un estribo de arrastre, que lleva una rueda motriz conectada a un motorreductor y, eventualmente, una rueda guía.

En el caso de que el puente sólo lleve una rueda, a la vez motriz y guía, lo que, a igualdad de masa arrastrada, mejora la adherencia sobre el camino de rodadura, debe concebirse su estructura para resistir los esfuerzos de torsión provocados por el par motor.

La alimentación de corriente eléctrica del motor de arrastre se realiza partiendo del centro, por medio de una toma de corriente circular, giratoria, de anillos rozantes.

Hasta un diámetro de depósito de 20 a 25 metros, y cuando los fangos son bastantes ligeros, el rascador de fondo puede estar constituido por una lámina única perfilada, inclinada con relación al radio del aparato, de manera que los fangos pasen, de forma natural, hacia el centro.

A partir de un cierto diámetro de aparato, ya no es posible, con una sola lámina, llevar los fangos al centro, puesto que resulta insuficiente el ángulo de deslizamiento de los mismos sobre la lámina. Por ello, se utiliza un dispositivo denominado «de láminas múltiples», que lleva, fijadas sobre un bastidor, varias láminas dispuestas en celosía y cuyo ángulo de inclinación decrece desde la periferia hacia el centro. Se utiliza, igualmente, este dispositivo en pequeños aparatos, cuando los fangos son poco deslizantes.

Un puente diametral está constituido por dos puentes radiales articulados en el centro sobre un mismo pivote, y provisto cada uno de ellos de su propio mecanismo de arrastre.

Las posibilidades de los decantadores de arrastre periférico quedan limitadas por el esfuerzo sobre las rasquetas que provoca su elevación. Este esfuerzo, creciente con el diámetro del aparato, corresponde a un par que, referido al m² de superficie barrida, no excede de una decena de m·daN. Cuando la cantidad y la calidad del fango requieren pares más importantes (a veces se necesitan pares de 40 a 50 m · daN/m²) se recurre a un dispositivo de barrido diametral, con arrastre desde el centro, como el que se representa en la figura 104.

Una jaula, sobre la que va fijada una estructura diametral que soporta las rasquetas, rodea la columna central del decantador y va suspendida de una cabeza de arrastre que reposa sobre dicha columna. Se consigue la transmisión de pares importantes por medio de la cabeza de arrastre Centrideg, de DEGRÉMONT, representada en la figura 103, la cual va equipada con dos motorreductores acoplados por una transmisión Cardán y accionados por un mismo motor, estando provisto cada grupo motorreductor de un

brazo de par (dispositivo patentado). Las cabezas Centrideg de mayor potencia de la gama, se construyen para pares nominales superiores a $100000 \text{ m} \cdot \text{daN}$.

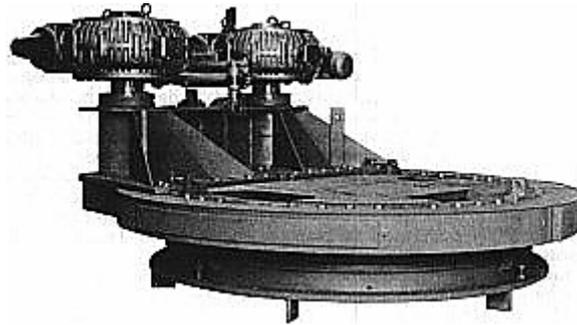


Fig. 103. Cabeza de arrastre CENTRIDEG.

En los aparatos circulares, el barrido de flotantes, cuando es necesario, se efectúa siempre desde el centro hacia la periferia. La rasqueta está constituida por una lámina cuya inclinación está invertida con relación a la de la rasqueta de fondo, y, en su extremo periférico, acaba en una parte articulada que provoca la ascensión de las materias en un plano inclinado de acceso a una tolva cuyo nivel de vertido se encuentra por encima del plano de agua. Una tubería, cuyo perfil debe estudiarse de forma que se evite toda obstrucción, une la tolva con la parte exterior del decantador.

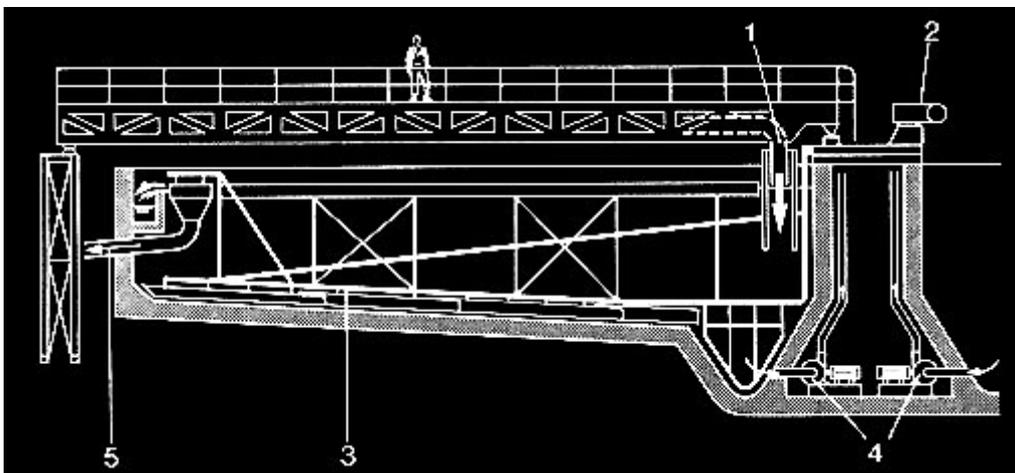


Fig. 104. Decantador espesador de arrastre central

- 1 - Alimentación.
- 2 - Cabeza de arrastre CENTRIDEG.
- 3 - Brazo rascador.
- 4 - Bombas de recogida de fangos.
- 5 - Recogida de espumas.

B. Decantadores rectangulares:

En los decantadores rectangulares, los fangos que se depositan en el fondo se conducen a una fosa dispuesta justamente en la entrada del agua al aparato, bien sea mediante rascadores arrastrados por cadenas sin fin (figura 86), o bien, de forma más general, mediante un rascador solidario de un puente que abarque el depósito y que se desplace de un extremo a otro del mismo. En su movimiento de traslación aguas abajo-aguas arriba, el puente arrastra una rasqueta de fondo que barre los fangos hacia la fosa de concentración. Al final de la carrera, el puente se para y la rasqueta se eleva automáticamente, mediante un sistema de elevación articulado, ya sea al nivel de la superficie del agua, cuando en su trayecto de retorno debe realizar el barrido superficial hacia un canal dispuesto aguas abajo, o bien por encima del plano de agua, cuando el puente va provisto de un sistema independiente de barrido de superficie.

El automatismo de accionamiento de este tipo de puente puede resultar, a veces, muy complejo por ejemplo cuando es preciso conseguir, en el punto de partida del sistema de barrido, el paso automático de la rasqueta bajo un canal, o también en caso de corte de corriente, la nueva puesta en marcha automática de una secuencia en el punto en que quedó detenida.

3. FLOTACIÓN

3.1. Principales sistemas de flotación

La definición de la flotación y los aspectos teóricos de su cinética se exponen en el capítulo 3, página 76. Este procedimiento se utiliza mucho en la industria minera; tiene por objeto, normalmente, separar los sólidos, basándose en su diferente aptitud para ser mojados por el agua. (Ver página 190, flotación mecánica.)

En el campo de la depuración del agua, o del tratamiento de los fangos procedentes de la depuración del agua, no interesa, generalmente, «seleccionar» ciertas materias de la suspensión con relación a otras. Si se deseara esta selección, el valor de los productos separados no justificaría, generalmente, el costo de reactivos «colectores» o «depresores».

La flotación puede ser natural cuando la masa volúmica de las partículas que se quiere eliminar es inferior a la del agua.

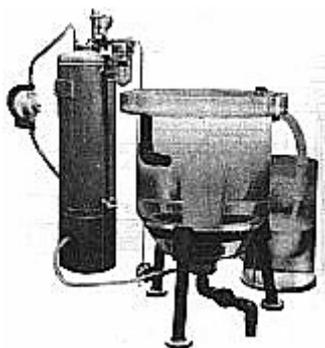


Fig. 105 - Piloto de flotación.

La flotación provocada se produce por la fijación artificial de burbujas de aire o de gas sobre las partículas a eliminar, confiriéndoles así una masa volúmica media inferior a la del agua. Por un fenómeno semejante, aunque no deseable, la costra que se forma en los digestores puede presentar contenidos en materia seca del 20 al 40 %, mientras que la masa volúmica del fango es sólo de 0,8 ó 0,7 kg/l.

Se observa, a veces, un espesamiento natural por flotación, debido a una fermentación, sobre grandes depósitos de fangos orgánicos situados en zonas despobladas.

3.1.1. FLOTACIÓN NATURAL

Se emplea frecuentemente una flotación natural para el predesaceitado de aguas de refinерías, laminación, etc. La figura 106 indica las velocidades ascensionales de las gotas de hidrocarburos de diferentes dimensiones, valores que sirven de base para el cálculo de los desaceitadores estáticos.

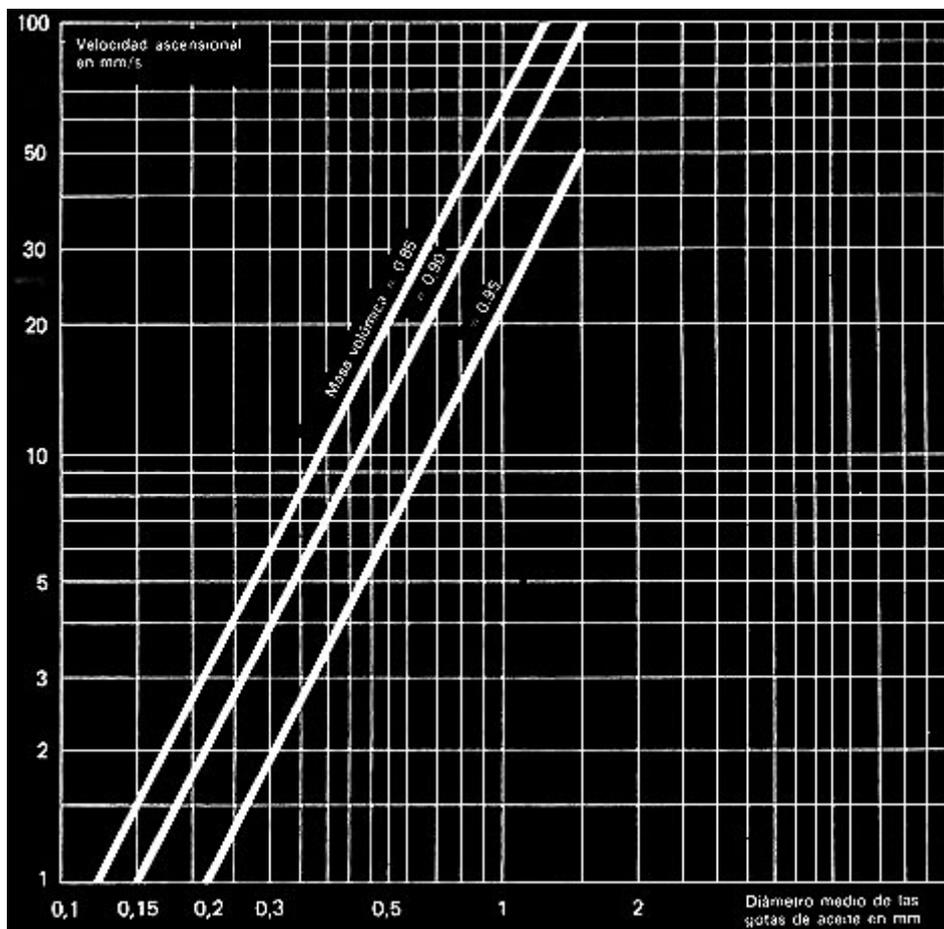


Fig. 106

Con aguas de refinería no cargadas en productos parafínicos u otros desechos voluminosos, pueden disponerse en el desaceitador una serie de placas paralelas inclinadas espaciadas algunos centímetros (ver pág. 128).

Estas placas tienen dos efectos; por una parte, mejoran la repartición en un plano vertical del agua que se quiere desaceitar; y, por otra, presentan una gran superficie de contacto, que facilita la coalescencia del aceite. Este se reúne en la cara inferior de las placas, y se dirige hacia arriba. Estos dispositivos necesitan, normalmente, manipulaciones bastante difíciles al efectuar las limpiezas periódicas necesarias.

3.1.2. FLOTACIÓN MECÁNICA

Este procedimiento, que consiste en una dispersión mecánica de burbujas de aire de 0,1 a 1 mm de diámetro, se utiliza especialmente para la separación y concentración, por formación de espuma, de los minerales. El mineral triturado en forma de partículas de diámetro generalmente inferior a 0,2 mm, se pone en suspensión en el agua, a la que se añade un agente colector, que favorece la adherencia del aire a las superficies, haciéndolas hidrófobas, y un agente espumante. A veces es necesario un activador para permitir la adherencia a la superficie del agente colector. Cuando se pretende una separación, se utiliza un agente depresor selectivo para evitar la flotación del cuerpo indeseable. Normalmente es necesario un ajuste del pH.

La suspensión así acondicionada se introduce en el centro de un rotor que gira a gran velocidad y que igualmente aspira aire. Las burbujas de aire finamente divididas, aparecen generalmente, durante la impulsión de la emulsión a través de una jaula que rodea al rotor.

Debido a su brusquedad, este procedimiento no se aplica al tratamiento de aguas, en el que la materia que ha de separarse se presenta, generalmente, en forma de un precipitado más o menos frágil.

Un procedimiento de flotación mecánica mejor adaptado a los problemas de tratamiento de aguas consiste en provocar la creación de las burbujas de aire, y su dispersión, por medio de los Vortimix descritos en la página 229.

3.1.3. FLOTACIÓN POR INYECCIÓN DE AIRE

Se trata, en realidad, de una flotación natural mejorada por inyección, en el seno de la masa líquida, de burbujas de aire de algunos milímetros de diámetro.

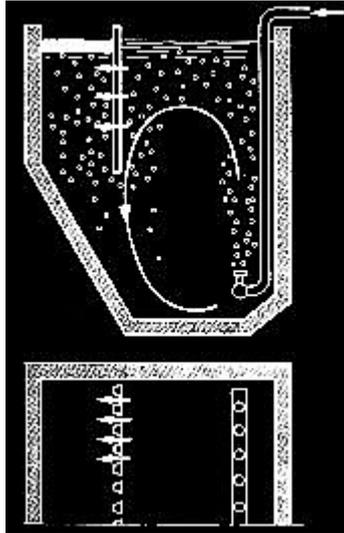


Fig. 107.

Se utilizan, para ello, cuerpos porosos, o, en el caso de líquidos muy cargados, difusores de burbujas de tamaño medio, dispuestos de forma que provoquen turbulencias locales que favorecen la división de las burbujas de aire. El tamaño de las burbujas debe ser suficientemente pequeño para que puedan adherirse a las partículas que deben flotar.

En las instalaciones destinadas a la eliminación de materias ligeras (grasas, aceites espesos, fibras gruesas, papeles, etc.), se prevén, generalmente, dos zonas, una de agitación y emulsión, y la otra, en calma, de flotación propiamente dicha. La figura 107 representa el esquema de principio del proceso.

En la zona de emulsión, la suspensión se agita y se mezcla con el aire. El recorrido de las burbujas de aire aumenta por el movimiento en espiral creado por la agitación.

En la zona de separación y de recogida de las materias flotantes, el caudal es muy pequeño y, por consiguiente, la turbulencia muy reducida.

3.1.4. FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO

En el tratamiento del agua, se reserva el término de flotación a los procedimientos en los que se utilizan burbujas de aire muy finas o «microburbujas», de 40 a 70 micras de diámetro, similares a las que se encuentran en el «agua blanca» que sale por el grifo de una tubería de agua a gran presión.

* Influencia del tamaño de las burbujas: la separación, por flotación, de las partículas sólidas en suspensión en un líquido sigue las mismas leyes que la sedimentación (ver pág. 65), pero en un campo de fuerza «invertido». Se tiene, en primer lugar, la flotación simple regida por la ley de Stokes. Después, en el caso de partículas floculadas o de suspensiones muy cargadas, se encuentran fases de flotación difusa y de flotación a través de un lecho de fango (ver pág. 68). Es preciso ver, sin embargo, cómo se produce esto y en qué medida puede considerarse uniforme.

La uniformidad y la continuidad están ligadas al diámetro de las burbujas emitidas en la masa líquida.

La figura 108 indica la variación de la velocidad ascensional de burbujas de aire en función de su diámetro. Las burbujas de 20 micras tienen una velocidad ascensional de algunos milímetros por segundo, mientras que burbujas de unos milímetros de diámetro, tienen velocidades 10 a 30 veces superiores. Si, dentro de un depósito, se introduce en un punto una emulsión, estando prevista la evacuación en el otro extremo, la duración de la inmersión de las burbujas de aire en el agua y, por consiguiente, la zona llena de burbujas de aire, serán tanto mayores cuanto menor sea la velocidad ascensional de las burbujas, es decir, cuanto menor sea su diámetro (ver fig. 109).

Para un flotador de sección dada, el empleo de burbujas de algunos milímetros de diámetro exigirá un caudal de aire mucho mayor que en el caso de microburbujas, si se desea una buena repartición de las burbujas en toda la sección.

Paralelamente, este aumento de caudal de aire engendra corrientes turbulentas, que dificultan una buena separación y crean una especie de agitación mecánica.

Las burbujas sólo producen un efecto de flotación en la medida en que se fijan a las partículas. Esto supone, generalmente, que su diámetro sea inferior al de las materias o flóculos en suspensión.

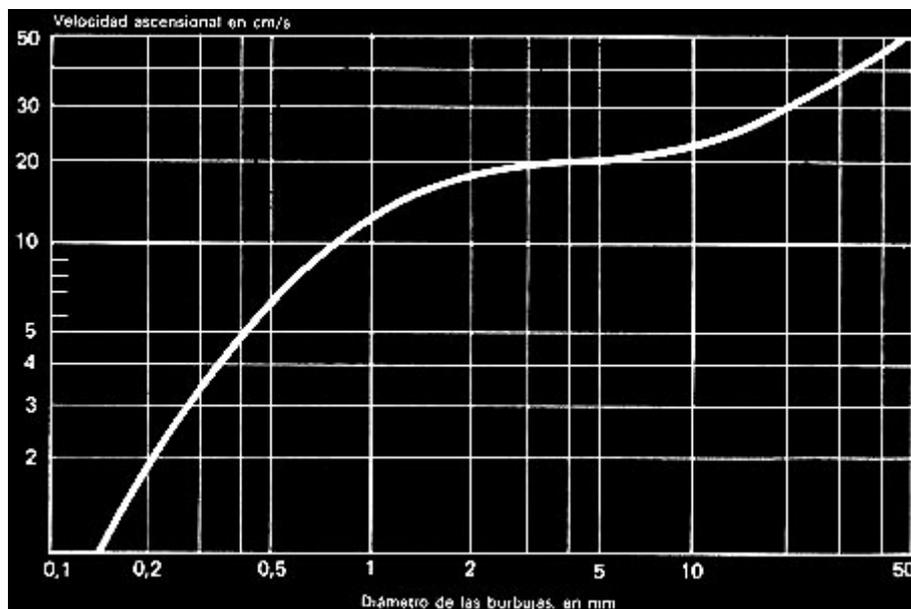


Fig. 108.

Un proceso de flotación sin el empleo de microburbujas sólo podrá utilizarse en el caso de suspensiones que contengan materias voluminosas y ligeras, cuya recogida de superficie no esté entorpecida por movimientos de torbellino.



Fig. 109.

Las aplicaciones de la flotación, en el campo del tratamiento de aguas, son múltiples:

separación de materias floculadas en clarificación de agua de superficie (generalmente en lugar de la decantación, para aguas poco mineralizadas cargadas de materias orgánicas y frías>;

separación y recuperación de fibras en aguas de papelería;

separación de aceites, floculados o no, en aguas residuales de refinerías, aeropuertos, metalurgia;

separación de hidróxidos metálicos o de pigmentos en tratamiento de aguas residuales industriales;

espesamiento de fangos activados (o de mezcla fangos activados-fangos primarios) procedentes del tratamiento de aguas residuales orgánicas.

Las técnicas varían según;

el modo de formación de las burbujas;

la forma de alimentación del flotador;

la forma de los tanques o depósitos utilizados;

el sistema de recogida de las materias flotantes.

La técnica más extendida de producción de microburbujas es la de la presurización. Las burbujas se obtienen por expansión de una solución enriquecida de aire, disuelto a una presión de varias atmósferas. La curva de la figura 110 indica el grado de saturación del agua en aire para diferentes presiones, a 20 °C. Como líquido presurizado, se utiliza el agua bruta, o agua tratada recirculada. El caudal de agua presurizada es sólo una fracción del caudal nominal de la instalación; para presiones de 8 a 3 atmósferas, esta fracción equivale del 10 al 30 % del caudal a tratar, y se obtiene como valor medio la disolución de un exceso de aire del 60 % aproximadamente, con relación al nivel de saturación a la presión considerada. El consumo de aire comprimido varía entre 15 y 50 litros normales de aire por m³ de agua tratada.

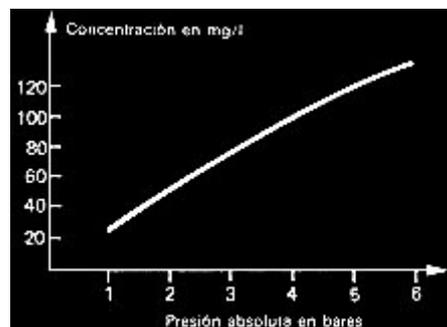


Fig. 110.

Cuando es elevada la cantidad de materias sometidas a flotación, y se tiende ante todo a un proceso de espesamiento (caso de los fangos activados) el caudal recirculado puede representar hasta un 200 % del caudal nominal del aparato. Se llega así, mediante la utilización de un polielectrólito, a obtener concentraciones de fangos que pueden alcanzar un 3 a 6 % para cargas específicas de 5 a 13 kg de materia seca por m² y por hora y una velocidad descensional del orden de 2 m/h. Se han propuesto algunas otras técnicas para la producción de microburbujas. Puede citarse especialmente la electroflotación, procedimiento que tiene por objeto la producción de burbujas de hidrógeno y de oxígeno por electrólisis del agua mediante electrodos apropiados. Los ánodos son muy sensibles a la corrosión y los cátodos a las incrustaciones por descarbonatación. Cuando la protección de los ánodos requiere el empleo de titanio protegido, no pueden invertirse periódicamente los electrodos a efectos de su autolimpieza, sino que, en tal caso, debe preverse un tratamiento químico previo del agua, o una desincrustación periódica de los cátodos.

En la práctica, las densidades de corriente practicadas son del orden de 80 a 90 amperios-hora por m² de superficie de flotador. La producción de gas es de 50 a 60 litros por hora y por m² de superficie. Las velocidades empleadas son del orden de 4 m/h.

La flotación se combina, frecuentemente, con una floculación previa: con adición de un ayudante de floculación (ver pág. 141) puede engrosarse el flóculo y aumentar así la superficie de las partículas. Se mejora así la fijación de las burbujas y se incrementa la velocidad ascensional de los flóculos.

La velocidad de separación o velocidad «descensional» del agua, adoptada en los aparatos de flotación, varía según la naturaleza de las suspensiones a tratar y según la forma de producir y distribuir las microburbujas.

Para un aparato dado, la velocidad descensional y la concentración del fango separado por flotación están fuertemente influenciadas por el valor de la relación:

cantidad de aire disuelto/cantidad de materias que flotan

Cuanto mayor es esta relación, mayor es la fuerza ascensional comunicada a las partículas y más elevada la velocidad descensional, menor la densidad del fango y más importante su concentración en materia seca.

Esta velocidad no podrá ser superior a la velocidad de elevación de las burbujas. Si bien una finura extremada de las burbujas es, como se ha indicado anteriormente, muy favorable a su reparto por toda la superficie, así como al rendimiento de separación, puede obligar, sin embargo, a limitar la velocidad de paso y, por tanto, la producción de agua tratada de la instalación.



Fig. 111. Tamaño de burbujas. Dispersión muy densa. Expansión: 5 bar. (x 30).



Fíg. 112. Tamaño de burbujas. Dispersión suelta. Expansión: 3 bar. (x 30).

Con aguas de superficie poco mineralizadas y frías, en las que se separan fácilmente, por flotación, flóculos naturalmente ligeros, pueden alcanzarse velocidades de 5 a 8 m/h. En los flotadores de desaceitado, estas velocidades variarán de 3 a 7 m/h, según la naturaleza de los aceites y el grado de depuración deseado.

En aguas residuales, no pueden eliminarse generalmente, por flotación, todas las materias en suspensión. Inevitablemente, una parte de ellas, muy pesada, y más o menos importante, se acumulará en el fondo del aparato. Por ello, estos flotadores deberán ir siempre equipados con un sistema de eliminación de fangos del fondo (fondo cónico con gran pendiente o con rascadores de fondo).

En el cuadro siguiente, se resumen las principales aplicaciones, en tratamiento de aguas, de los diferentes procedimientos de flotación.

Procedimiento de flotación	Tamaño de burbujas, micras	Consumo de energía, en vatios por m ³ /h tratado	Tiempo de permanencia, en min	Principales aplicaciones
Por inyección de aire	100 a 500	20 a 30	2 a 5	grasas
mecánica	100 a 1000	100 a 200	2 a 16	desbaste de suspensiones de polímeros y de látex o de elastómeros
aire disuelto con 20 % de recirculación	40 a 70	45 a 60	20 a 30	hidrocarburos disolventes fibras suspensiones finas partículas floculadas
eléctrica	50 a 70	150 a 300		idénticas aplicaciones que las de la flotación por aire disuelto, en el caso de aguas calientes y salinas

4. FLOTADORES

4.1. Tecnología general

Los flotadores pueden ser circulares o rectangulares, reservándose generalmente esta última forma al tratamiento de aguas de abastecimiento público, ya que con ella se consigue realizar conjuntos compactos, que agrupan el floculador, el flotador y los filtros, dentro de un espacio reducido.

Cuando se plantea un problema de flotación, es extraordinariamente interesante efectuar ensayos previos, a escala de laboratorio (Flotatest, ver figura 113) o a escala semi-industrial (ver figura 105, pág. 188). Seguidamente puede pasarse a la fase de dimensionamiento, que está condicionada por dos parámetros fundamentales: la velocidad descensional y la cantidad de materia separable por flotación, por unidad de superficie y de tiempo.

Una velocidad descensional reducida, disminuyendo el arrastre hacia abajo de las partículas, conduce teóricamente a un mejor rendimiento de separación, pero igualmente trae como consecuencia un incremento del tiempo de permanencia en el aparato de los fangos flotados, que, de esta forma, podrían desairearse y disgregarse, en perjuicio de su concentración. Por ello, corresponderá al especialista decidir, en cada caso, sobre la conveniencia entre un mayor espesamiento de los fangos o un mejor rendimiento de separación.

La forma interior tiene, igualmente, gran influencia en los resultados de un flotador.



Fig. 113. - Flotatest.

El reparto de las burbujas de aire es mejor en los aparatos de forma circular que en los de forma rectangular. La distancia entre la columna de llegada y la chimenea de salida es menor a igualdad de capacidad, y puede mantenerse un reparto casi uniforme de las burbujas en toda la sección horizontal del aparato.

4.1.1. ALIMENTACIÓN

Está constituida siempre por una columna o una cámara que tiene por objeto;

la puesta en contacto del agua a tratar (floculada o no) con el agua presurizada. La expansión del agua presurizada debe efectuarse, preferentemente, a la entrada inmediata del aparato;

la dispersión de la energía cinética de la mezcla agua bruta-agua presurizada y reducción de las velocidades antes de su introducción en la zona de flotación propiamente dicha.

En esta cámara se eliminan, además, las burbujas gruesas que hayan podido formarse a la entrada.

En el caso de una floculación previa, tienen una gran importancia los puntos y niveles relativos de introducción del agua bruta y del agua presurizada.

Las precauciones que deben tomarse para la tranquilización de la mezcla, al introducirla en la zona de flotación, varían según el grosor, la estabilidad y la densidad de las materias que deben flotar, floculadas o no. En el caso de una flotación de agua potable o de aceite muy poco viscoso, debe cuidarse este punto de forma especial.

El agua emulsionada se introduce, generalmente, en la mitad superior del aparato. La recogida de fangos se efectúa en la superficie libre y la salida del líquido claro se dispone en el tercio inferior del aparato.

La toma de líquido claro deberá situarse tanto más alejada del fondo cuanto más altura tenga el aparato y cuanto mayor sea la cantidad de fangos que puedan depositarse. Se efectúa, generalmente, en una cámara periférica limitada por un tabique en forma de sifón; en algunos casos, se emplean colectores ramificados sumergidos.

La altura del aparato, comprendida generalmente entre 2 y 4 m, podrá ser tanto menor cuanto más uniforme sea el reparto del agua y de las microburbujas.

4.1.2. FORMACIÓN DE BURBUJAS

La figura 114 indica los principales dispositivos empleados para la compresión y la saturación de aire del agua presurizada (que generalmente es agua recirculada).

En algunos, se prevé la introducción de aire en la entrada de la bomba de compresión. Los sistemas con balón de saturación de colchón de aire son más costosos, pero su funcionamiento es muy estable. Se proponen también dispositivos con dispersión de aire a presión en la tubería de impulsión de la bomba.

En el caso de electro-flotación, una capa de electrodos cubre la superficie del depósito y la alimentación de agua debe situarse necesariamente por encima de este enrejado.

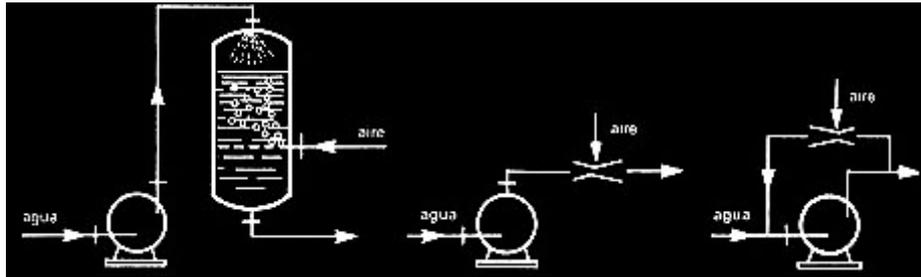


Fig. 114.

4.1.3. RECOGIDA Y ELIMINACIÓN DE LOS FANGOS

La capa de fangos en la superficie puede alcanzar, en algunos casos, varias decenas de centímetros y puede ser extremadamente estable (espesamiento de fangos activados). En otros casos, es más fina y frágil (flotación de flóculos de hidróxidos metálicos o de aceites). Cuando la eliminación de los fangos no es total, la capa se espesa con el tiempo y presenta una cohesión que puede facilitar la adherencia de las partículas que acaban de flotar.

Es, por consiguiente, muy importante, la eliminación progresiva y regular de los fangos, por lo que, en un flotador destinado a espesamiento, el dispositivo de barrido de fangos debe ser de gran potencia.

En los flotadores circulares, los fangos son empujados, por una o varias rasquetas, hacia un canal radial de longitud igual a la mitad del radio, y cuya rampa de acceso debe realizarse de forma que se asegure su contacto con la lámina rascadora.

El número de rasquetas está condicionado por la cantidad de fango que ha de evacuarse, por la rapidez con que deba hacerse esta evacuación, con el fin de evitar todo riesgo de desaeración, y por la distancia a la que puede empujarse este fango sin que se disgregue.

En los flotadores rectangulares, el fango es empujado por una serie de rascadores arrastrados por cadenas sin fin, hacia un canal de evacuación dispuesto en uno de los extremos.

DEGRÉMONT ha normalizado 4 tipos de flotadores.

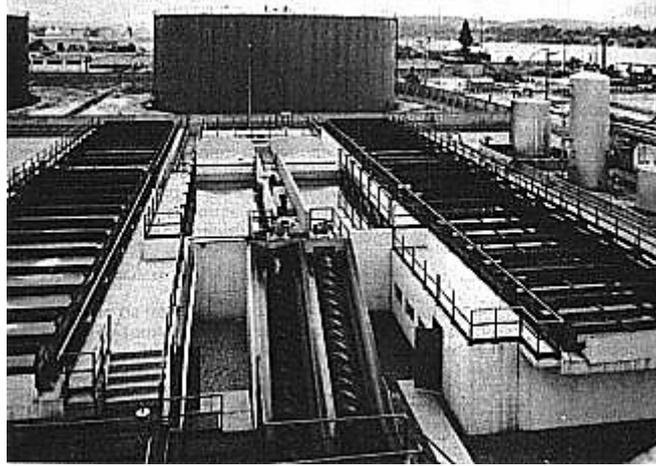


Fig. 115 - Flotadores rectangulares. Caudal 7800 m³/h.

4.2. FLOTAZUR B

El Flotazur representado en la figura 116 se construye en chapa de acero hasta un diámetro de 6 m, y lleva una o dos láminas rascadoras de superficie, con arrastre central. La forma troncocónica del fondo hace innecesario su barrido. El caudal principal entra verticalmente en la parte inferior de una cámara central de mezcla, mientras que el caudal de agua presurizada se introduce de forma tangencial, inmediatamente por encima de la entrada principal.

La expansión del caudal de agua presurizada se produce en dos etapas, en la proximidad inmediata de la cámara, por medio de dos válvulas especiales.

Con las disposiciones adoptadas, se consigue a la vez un contacto íntimo entre las materias que han de flotar y las microburbujas, sin riesgo de que se rompa el flóculo, y un perfecto reparto del caudal en toda la superficie del aparato.

Un tabique en forma de sifón, en la parte periférica, provoca la inversión del sentido de la velocidad, sin producir una aceleración excesiva que pueda arrastrar flóculos hacia el vertedero periférico de recogida.

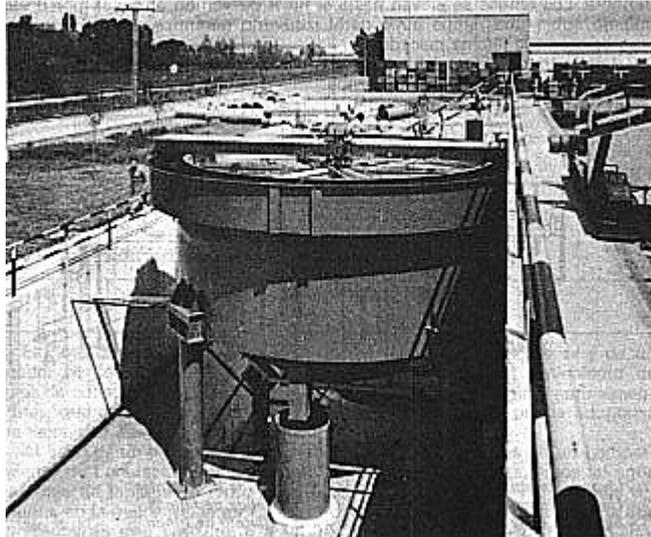


Fig. 116. - FLOTAZUR 8.6 m Ø, Caudal 720 m³/h. FASA-RENAULT. Valladolid.

4.3. SEDIFLOTAZUR

El Sediflotazur es un flotador circular, cuyo diámetro puede alcanzar hasta 20 m y cuyas disposiciones hidráulicas se derivan de las del Flotazur, diferenciándose del mismo por un doble dispositivo de barrido de fangos, en la superficie y en el fondo. Por lo tanto, se adapta perfectamente al tratamiento de aguas que producen al mismo tiempo fangos separables por flotación y fangos pesados, únicamente sedimentables.

La rasqueta de fondo es accionada por una pasarela radial de arrastre periférico, idéntica a la que llevan los decantadores estáticos de rasquetas (ver página 166). La rotación de los brazos rascadores de superficie, radiales, cuyo número varía con la cantidad de fangos que ha de extraerse y con el diámetro del aparato, es accionada por la de la pasarela, en cuyo pivote los brazos están solidarizados por una articulación. Su extremo opuesto va soportado por un carro que se desplaza sobre un camino de rodadura periférico. Las láminas rascadoras, de movimiento paralelo al plano de agua, se articulan alrededor de los brazos y llevan, en cada extremo, una rueda que, al ponerse en contacto con una leva, asegura su penetración lenta y progresiva en el agua, después de pasar por encima del canal de recogida de fangos. Esto evita la formación de remolinos perjudiciales para el correcto mantenimiento del lecho de fangos flotante. Los fangos se elevan hasta el nivel de vertido al canal, por deslizamiento sobre una rampa cuyo perfil izquierdo garantiza, en todo punto, el contacto con la lámina rascadora.

Los aparatos de gran diámetro, superior a 15 metros, llevan generalmente dos canales diametralmente opuestos.

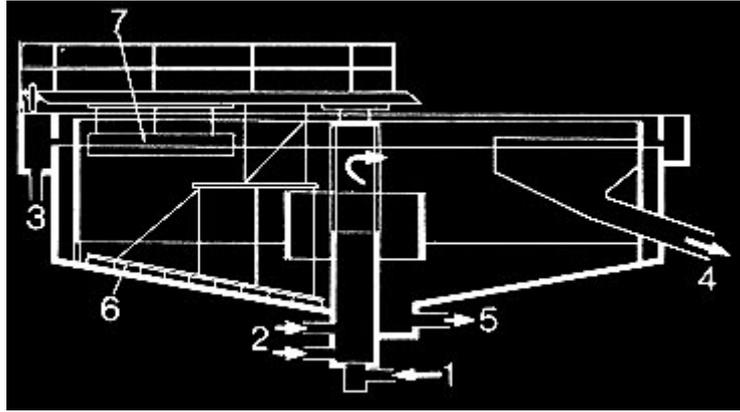


Fig. 117 A. - SEDIFLOTAZUR.

- 1 - Llegada de agua bruta.
- 2 - Llegada de agua presurizada.
- 3 - Salida de agua tratada.
- 4 - Salida de flotantes.
- 5 - Salida de fangos.
- 6 - Barrido de fondo.
- 7 - Barrido de superficie.

4.4. SEDIFLOTOR

El Sediflotor, lo mismo que el Sediflotazur, va equipado con un dispositivo de barrido de superficie, si bien su arrastre es central, y, en algunos casos, va igualmente provisto de rascadores de fondo.

Este aparato lleva una pasarela fija de acceso a la parte central, en la que una cabeza Centrideg (ver página 107) arrastra una jaula de la que son solidarios los rascadores de fondo y de superficie.

Se utiliza este aparato cuando el agua a tratar está cargada de materias pesadas sedimentables, para cuyo barrido se necesitan pares importantes, o también cuando, debido a unas condiciones climatológicas muy severas, se hace difícil el empleo del dispositivo de arrastre periférico del Sediflotazur.

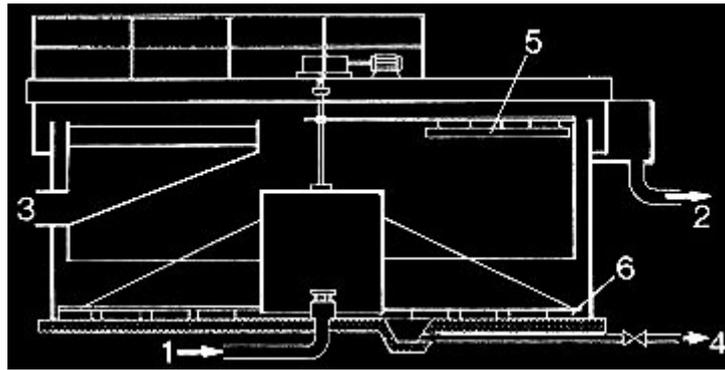


Fig. 117B-SEDIFLOTOR.

- 1 - Llegada agua bruta presurizada.
- 2 - Salida de agua tratada.
- 3 - Salida de flotantes.
- 4 - Salida de fangos.
- 5 - Barrido de superficie.
- 6 - Barrido de fondo.

4.5. FLOTAZUR R

El Flotazur R es, en realidad, una combinación de un floculador y de un flotador de forma rectangular. Se adapta perfectamente al tratamiento de aguas de consumo poco mineralizadas, ricas en materia orgánica, normalmente frías, que dan un flóculo ligero y frágil y para las cuales puede adoptarse una velocidad descendente de 5 a 8 m/h.

Al cabo de un tiempo de permanencia de 15 a 30 minutos en un compartimiento de floculación equipado con uno o varios agitadores lentos, el agua pasa bajo un tabique en forma de sifón, y entra en la cámara de mezcla del flotador, en la que se pone en contacto con el caudal de agua presurizada que representa, en este caso, un 6 a un 15 % del caudal de la instalación. Por medio de los dispositivos apropiados, se consigue la expansión del agua presurizada y su mezcla homogénea con el agua bruta en toda la anchura del aparato. Una serie de rascadores de superficie, arrastrados por cadenas, empujan periódicamente el fango hacia una tolva de recogida, situada en el extremo opuesto a la entrada del agua al aparato (fig. 115).

En esta aplicación, la producción de fangos es reducida. El barrido se realiza a veces de forma discontinua, de forma que el fango que se evacue se encuentre lo más concentrado posible. La evacuación del fango también puede efectuarse por simple desborde. La ausencia de materias sedimentables en este tipo de agua hace innecesario el barrido de fondo del aparato.