

TRATAMIENTO DE FANGOS DE PLANTAS POTABILIZADORAS

Quaderns
d'enginyeria

1(1979) p.269-286

por: Manuel Soler Manuel*

RESUMEN

El inicio de la construcción de la Planta de Tratamiento de aguas de Abrera, por parte del Consorcio de Abastecimiento de Aguas del Rio Llobretat, planteó el problema del tratamiento de los fangos de la misma para evitar el aumento de la contaminación del cauce de dicho río.

El presente artículo, es el resultado de los trabajos previos que se realizaron a nivel bibliográfico, de laboratorio y en la Planta Piloto de San Juan Despí, con objeto de establecer el planteamiento profundo del problema que el citado tratamiento conlleva, y a fin de determinar el proceso del mismo.

Le hace una presentación de las características básicas de estos fangos, así como de las alternativas de tratamiento de que se dispone en la actualidad.

En el escrito es un recorrido por los diversos métodos de recuperación, concentración y eliminación de estos residuos. Contempla técnicas más o menos convencionales tales como decantación lechos de secado, filtración, centrifugación y solidificación-licuefacción entre otras.

En todo momento el estudio se ha orientado a las condiciones particulares de la Planta de Abrera como, localización geográfica, superficie disponible, peculiaridades del fango, ... De todos modos se ha procurado mantener la generalidad requerida en estos casos. El contenido de este artículo acaba donde finalizaron los trabajos previos realizados por el C.A.A.R.LL. En la actualidad la investigación se lleva de cooperación con la Catedra de Mecánica de Fluidos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Tarrasa de la Universidad Politécnica de Barcelona.

SUMMARY

At the start of the building of the water plant in Abrera by the Consorcio de Abastecimiento de Aguas del Rio Llobregat, the problem of its sludge treatment came forth in order to avoid the increasing contamination on the Llobregat river bed.

This article is the result of previous bibliographical and laboratory works and others carried out in the pilot plant in San Juan de Espi. These were done to establish the thoroughgoing plant of the problem that the mentioned treatment bears, so as to fix its process.

The sludge basic characteristics are presented as well as the treatment alternatives which are available at present.

The different methods of recovery, concentration, and removal of residual soils are overhauled. More or less conventional techniques such as settling, drying beds, filtration, centrifugation and solidification-liquation among others are contemplated.

The particular conditions of the plant in Abrera, such as geographical situation, available area, sludge peculiarities etc., are taken into account all the time. Nevertheless the generality required in such cases is intended to be kept.

The contents of this article finish parallelly to the previous works carried out in the C. A. A. R. LL. At the present time, the investigation is being realized in co-operation with the Catedra de Mecánica de Fluidos de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Tarrasa de la Universidad Politécnica de Barcelona.

* Mecánica de Fluidos, ETSII Barcelona y S.E.A.R.S.A.
Planta de Abrera (C.A.A.R.LL.S.A.)

1.- GENERALIDADES.

Por motivos de polución y de garantías sanitarias casi la totalidad de las aguas destinadas a abastecimiento público sufren tratamiento.

El objetivo del tratamiento es la obtención de agua potable, dándose origen a un subproducto o residuo que denominamos fango.

La composición cualitativa elemental de un fango es la de agua con sólidos en suspensión y disueltos. El fango fresco es susceptible de ser transportado por bombeo y los diversos tratamientos que puede sufrir tienden a concentrarlo y hasta reducirlo a sólido, pudiendo ser vertido en cualquiera de estas formas.

Los fangos suelen ser inorgánicos, como una demanda de oxígeno moderado, considerándolos polucionantes. Practicamente en la totalidad de las plantas de España, el fango, se les devuelve el medio natural. Esta práctica hoy no inquieta, aunque debe abandonarse. No es justificable este vertido por producir una degradación del agua que se devuelve, al aumentar la concentración de contaminantes y añadirle productos químicos (2).

El principal inconveniente para su eliminación es su gran volumen. La búsqueda de una solución se plantea desde diversos puntos de vista :

- 1 - Investigación y mejora de los tratamientos de potabilización.
- 2 - Incorporación de métodos de manipulación y tratamiento de fangos.
- 3 - Selección y modificación del proceso de potabilización y de tratamiento de fangos para reducir su producción.
- 4 - Recuperación de los productos químicos y del agua contenida en los fangos.
- 5 - Obtención de fangos en forma de subproductos que sean aprovechables.
- 6 - Transformación de los fangos en residuos manipulables, aceptables y mínimos.

Los aspectos 1º y 2º afectan al diseño de las nuevas plantas potabilizadoras en cuanto a; costo del tratamiento, procedimiento de potabilización y localización.

La minimización de la producción de fangos viene del mismo proceso de potabilización. Así, un buen control y reducción de tiempos y caudales de purgas y de lavado y la sustitución de aditivos químicos (floculantes) por otros - polímero, carbonato magnésio y cal en lugar de alúmina - contribuirán a ello. De esta manera se logra un mejor aprovechamiento y mas larga duración de los puntos de vertido tales como; lagunas, canteras, minas, estanques artificiales, ... siendo deseable que estos vertidos se realicen en forma sólida muy concentrada. (3) y, el ideal, que estos fueran aprovechables. (Según HUDSON 3.600 plantas, en USA, vertieron 1.10^6 - Tm/año en 1.972 (4)).

2 - ORIGEN, CANTIDAD, CARACTERISTICAS Y COMPOSICION DE LOS FANGOS.

2.1 ORIGEN Y CANTIDAD

Las purgas de los decantadores - clarificadores o ablandadores, - y la de, los filtros de arena y carbón, son las fuentes principales de fangos.

En los decantadores el fango puede ser: purgado de fondo de los concentradores y de las purgas temporizadas o gravimétricas, mezclándose todos en un mismo colector.

El origen de los fangos de filtros, es la operación de lavado de los mismos cuando alcanzan cierto grado de colmatación.

Considerando las diferentes características de los fangos procedentes de decantadores

y de filtros, es de interés disponer de un sistema separativo de evacuación que evite la mezcla.

Las cantidades de fangos a evacuar es función del agua tratada y del tipo de tratamiento, no obstante, se sitúan en valores próximos a los siguientes porcentajes del caudal de agua en cabecer de planta:

Decantadores	1,5 ÷ 2
Filtros de arena	1,5 ÷ 2,5
Filtros de carbón	1 ÷ 1,5

entendiéndose que los filtros de carbón están en serie con los de arena.

2.2 CARACTERISTICAS Y COMPOSICION DE LOS FANGOS.

En este aspecto, aparece la dificultad de una falta de estandarización de la de toma de muestras, medidas y evaluaciones de estos fangos residuales, para que los datos referentes a diversos casos sean comparables.

En la actualidad, se están poniendo a punto estas normas, dentro del marco de una cooperación internacional, pero los datos del pasado han seguido varias. Esto se debe a su diversidad de origen -según agua cruda y procedimiento- a su condicionamiento al estudio que se pretende realizar y a la falta de la citada normalización.

Al tratar un agua con un coagulante, éste, generalmente, sufre una hidrólisis, produciéndose la clarificación mediante un mecanismo de neutralización electrostática y/o absorción. El fango decantado podrá estar constituido por hidróxido de aluminio -fangos de alúmina- y de hierro III - fangos de Fe -, por sulfato cálcico, por polielectrolito, por sulfato de alúmina y demás reactivos no hidrolizados y por materias orgánicas e inorgánicas. Proceso análogo se observa en los casos de ablandamiento.

La concentración diferirá según el origen.

Las partículas presentes varían en su tamaño desde el coloidal a cualquier otro -brozas, papeles, plásticos.

Es de destacar el carácter oxidable y no biodegradable de los fangos de potabilización dadas sus DBO y DQC (1,4).

Después de ALBRECHT se pueden dar como valores promedios.

	FANGOS DE DECANTADORES Y FILTROS	FANGOS DE FILTROS
Sólidos totales (M.S.)	3.000÷26.000 *(1) mg/l.	300÷800 * mg./l.(1)
Sólidos en suspensión	75÷90% de los totales	40-100 mg/l.
Sólidos volátiles	20÷35% " " "	
DBO ₅	30÷100 mg/l.	≈ 5 mg/l.
DQO	500÷10.000 mg/l.	≈ 160 mg/l.
pH	5÷7	
Turbidez	2.250÷75.000 * (1)	2.000 mg/l. SiO ₂
IVL	18÷30 ml/gr. *(1)	
IGL	3÷5 gr/100 ml*(1)	

* Del autor. (1) solo decantadores.

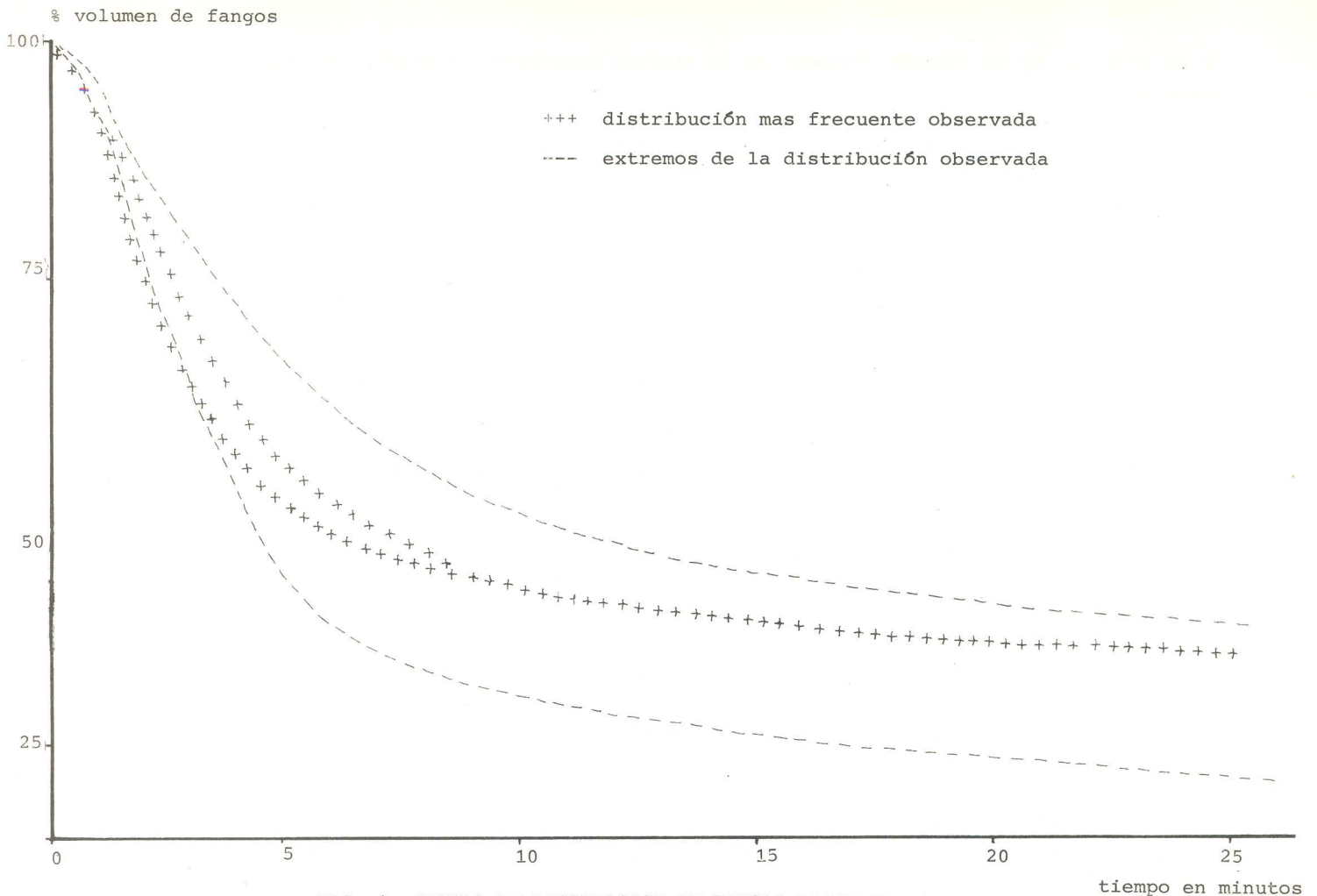
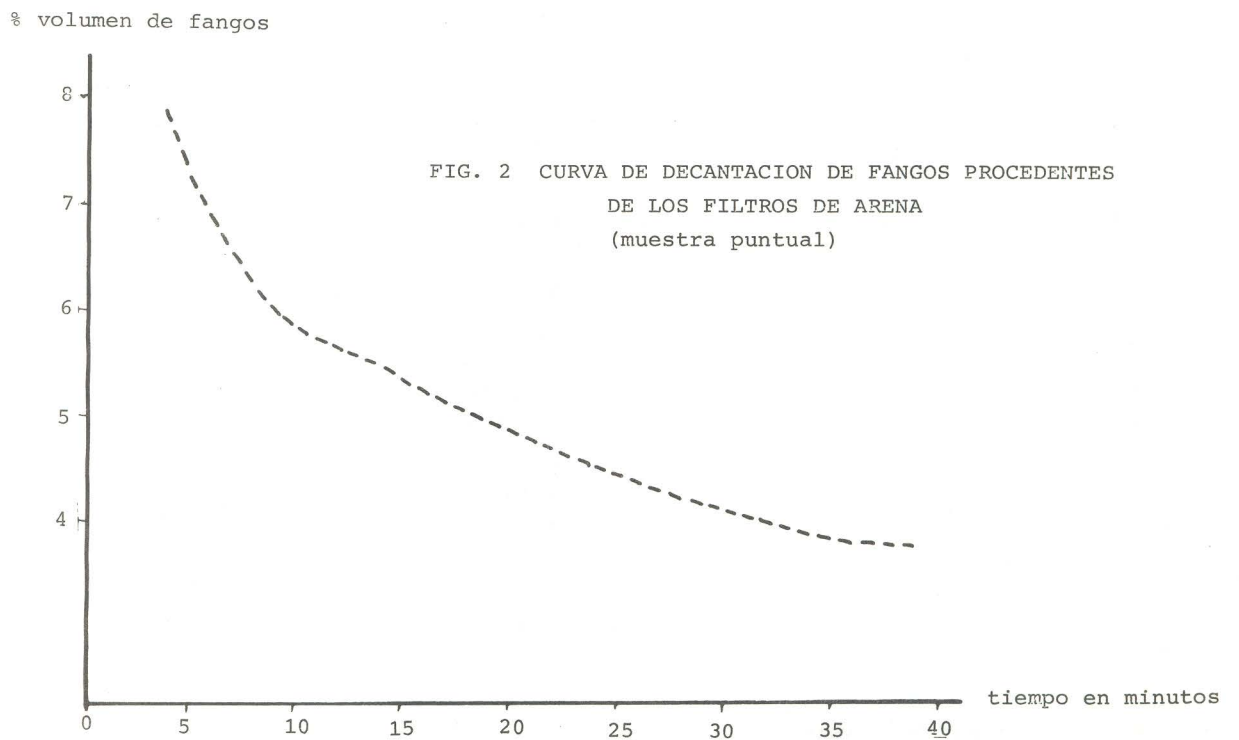


FIG. 1 CURVAS DE DECANTACION DE FANGOS PROCEDENTES DE LOS DECANTADORES



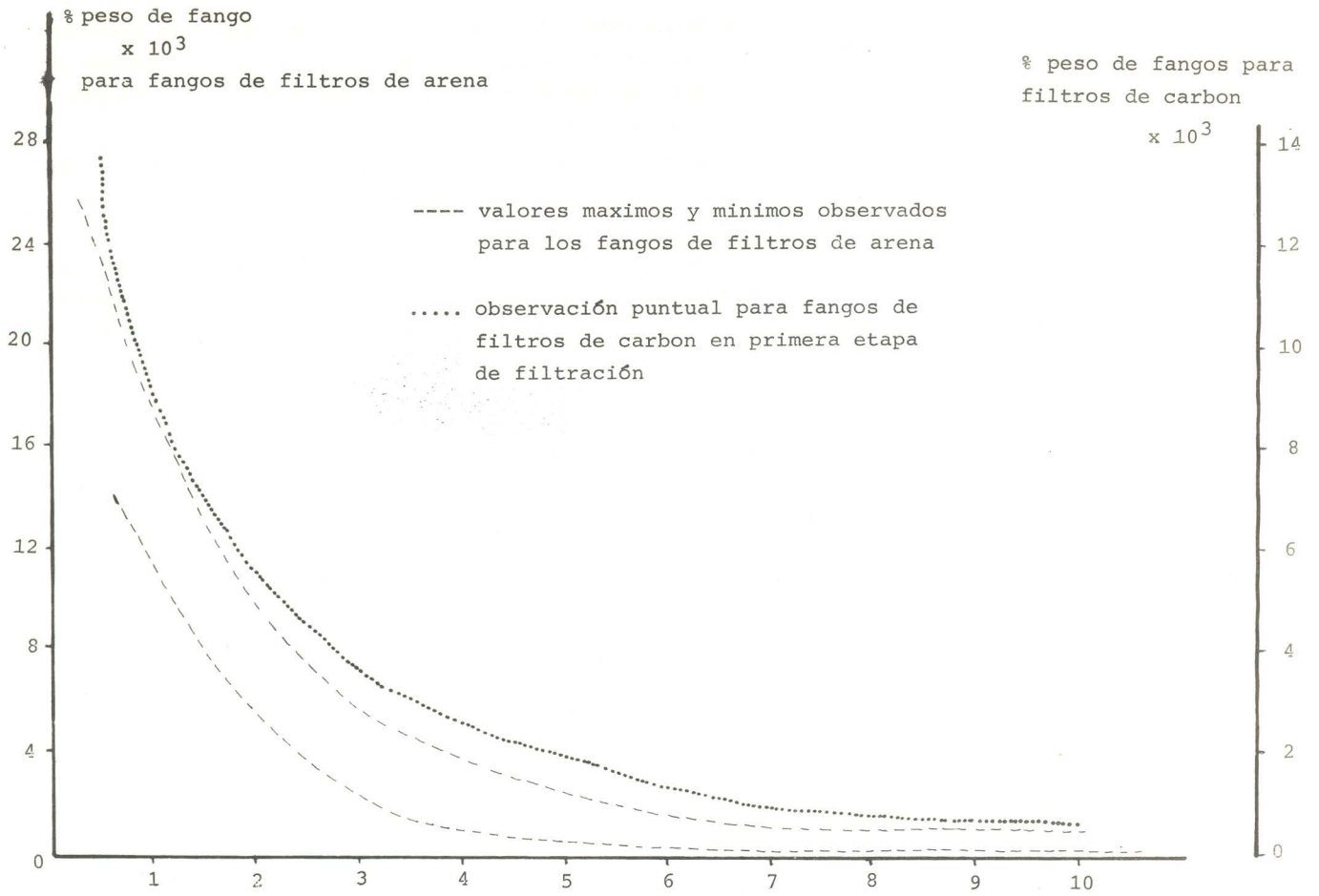
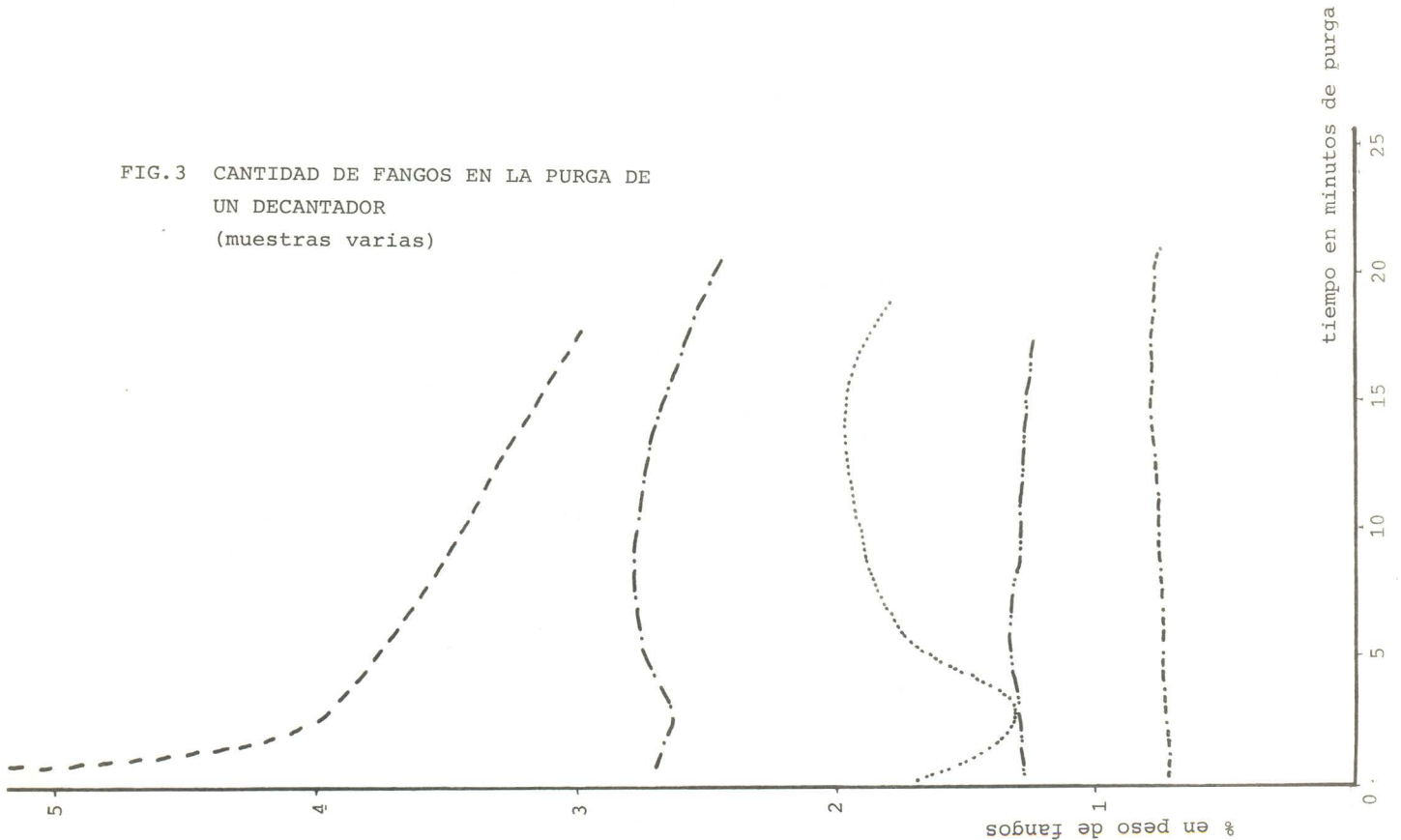


FIG.4 CANTIDAD DE FANGOS PROCEDENTE DE FILTROS

FIG.3 CANTIDAD DE FANGOS EN LA PURGA DE UN DECANTADOR (muestras varias)



RUSSELMAN (en 1), define el fango de alúmina como: "una apelusada aglomeración de precipitados químicos y desechos orgánicos con gran contenido en humedad bajo contenido en sólidos difícil de deshidratar pero fácil de sedimentar ... con una inadecuada concentración de sólidos para ser manipulados ... insolubles a los pH del agua natural", a esto se puede añadir su carácter no newtoniano, la impermeabilización que confiere al suelo donde se deposita y que impiden el paso del agua a su través al ser compresibles.

Para concentraciones del orden del 3% MS empiezan a presentar dificultades de bombeo, alcanzando el 20% MS es paletizable, de aspecto de arcilla mojada, muy suave, aptos para terraplenar en combinación con otros aportes, y para el 40% MS se puede proceder al teraplado sin ningún otro aporte (7).

En el trabajo de E. F. YOUNG, (8) se dan los parámetros de interés a determinar y las características de concentración y producción de fangos según las zonas geográficas.

En gráficas adjuntas se dan curvas de

- a) decantabilidad (fig. 1)
- b) evolución del contenido M.S. según el tiempo de purgas (fig. 3)

para los fangos de decantadores de una planta en la cuenca del río Llobregat. Se colige la decantabilidad de los mismos y la variación del contenido en sólidos sedimentables

Igual se aportan curvas del mismo tipo para los fangos procedentes de filtros de arena y de filtros de carbón en paralelo. (fig. 2,4)

3.- REDUCCION DE LA PRODUCCION DE FANGOS.

El método inmediato es el control de lavado de filtros y de purgas de decantadores.

Un sistema separativo de fangos permite que el agua procedente del lavado de filtros pueda:

- eliminarse directamente al medio natural.
- recircularse en la planta.

la eliminación al medio natural es factible en cuanto que su composición, siempre muy diluida, permite realizar este vertido en algunos medios.

La recirculación en cabecera de planta, de los fangos de lavado de filtros, aumenta la turbidez del efluente en los casos que no exista floculación. La sedimentación, previa a la recirculación hace disminuir este riesgo. Cuando el proceso consta de floculación, ésta se ve favorecida por la aportación de núcleos con los fangos, de todos modos, pueden ocasionar anomalías en la floculación y acortar el periodo de funcionamiento de los filtros.

La creación de una planta adicional que manipule aproximadamente el 2%, del total del agua, que será floculada, sedimentada, y recirculada en cabecera o en filtros y que una sus fangos a los de decantadores es una solución que; mejora la calidad del filtrado, reduce 1/3 el agua necesaria para el lavado y disminuye los costos (2).

4.- PROCEDIMIENTOS DE TRATAMIENTO DE FANGOS.

Los objetivos del tratamiento podrán ser:

- a) recirculación.
- b) recuperación de productos químicos.
- c) obtención de subproductos utilizables.

d) eliminación o vertido.

e) mixtos.

La recirculación del efluente se puede hacer en las diversas etapas de b, c y d.

La recuperación se práctica en los fangos de cal, sulfato de alúmina o hierro y carbonato de magnesio, respectivamente de los fangos residuales de tratamientos de ablandamiento con cal, floculación y mixtos.

En los fangos de tratamiento con cal se puede recalcar el residuo obteniéndose de nuevo cal que servirá de material estabilizante y/o acondicionante de suelos, de neutralizador de residuos ácidos industriales, de relleno para productos comerciales y de pigmento para pinturas blancas al agua.

Los residuos de alúmina son utilizados en la investigación de plastificantes cerámicos, refractarios de alto contenido de alúmina, estabilización de terrenos, ingrediente en los ladrillos, relleno de caucho y acondicionamiento para el cultivo de suelos arcillosos.

Los de carbonato de magnesio se emplea como floculante.

Ninguna de estas utilizaciones citadas ha tenido difusión en sus aplicaciones o, en caso contrario, el grado de pureza requerido no se consigue de forma económica (2).

Los fangos de lavado de filtros presentan una tendencia a variar sus características en el futuro, aumentando en concentración. Los sistemas de filtrado tienden a disminuir el caudal de lavado, aumentar el de agua a filtrar, disminuir la calidad de entrada (aumento de turvidez) y aumentar las cargas, por lo que la solución a adoptar será flexible y siempre mejorable con productos químicos (4).

Con aguas a tratar, de calidades relativamente buenas, se puede esperar que los polímeros sustituyan a la alúmina. El proceso será solo de filtrado, (20 ÷ 30 ppm de polímero), y sin decantación, o con esta, (0,2 ÷ 3 ppm de polímero), siendo mayores las cantidades de alúmina que se emplean (2).

La utilización de polielectrolitos catiónicos se recomienda en los procesos con coagulación y decantación. Los de carácter aniónicos no iónico y mezclas con aniónicos se recomiendan para los procesos de filtración. En estos casos se obtienen fangos pesados, de poco volumen, fáciles de manipular, deshidratar y reducibles por combustión (2).

El carbonato de magnesio y cal, a pH 11, podrán sustituir al sulfato de alúmina como coagulante. Se precisan resolver los problemas de dureza y potencial de corrosión para que se produzca esta sustitución, que de realizarse, daría fangos más fáciles de tratar que los provenientes de alúmina (8).

En las plantas, donde se realice un ablandado del agua y que estén situadas en la costa, será ventajoso proceder por intercambio iónico pues, el residuo, se puede verter al océano a la vez que se aprovechan las aguas de éste para la regeneración. Si la planta está situada en el continente, el procedimiento a adoptar será la cal-sodada (2) siendo, entonces, inevitable el producir fangos.

La eliminación vertido es el objetivo final en todo tratamiento. La manipulación, transporte y deposición exige una concentración mínima de 20% MS, necesaria para proceder al terrapleno y una concentración superior si se desean incinerar antes del vertido.

Los objetivos expuestos se alcanzan por medio de concentración, (decantadores, lagunas, es pesadores) deshidratación, (filtros prensa, cinta, vacío, centrifugas) solidificación-licuefacción, lechos de filtrado - secado y tratamiento químico. Como complemento de los anteriores -

y/o para recuperar productos, se emplea el secado (multiflash o en horno) la incineración (en horno) y el vertido (en el medio natural, al alcantarillado o en lugares concretos).

En el efluente será suficiente un control de color, pH y de turbidez, habida cuenta de su composición y siempre que no se adicionen productos tóxicos durante el tratamiento.

5.- RECUPERACION DE PRODUCTOS.

5.1 CALCINACION.

Se puede realizar en los fangos que producen las plantas de ablandamiento.

El proceso a seguir es: espesamiento (espesadores o tanques), deshidratación y clarificación (filtros o centrifugas), secado flash (gases salida de horno) y recalcinado (hornos giratorios o lecho fluidizado).

El consumo energético es de $1,89 \div 2,27$ kcal/Tm de cal producida. El CO_2 desprendido, del 15 al 27 % de los gases de salida, se utiliza para la descarbonatación del ablandador (2).

5.2 RECUPERACION DE ALUMINA.

La tecnología es reciente por lo que su uso está poco difundido. Supone una mayor inversión de capital, una pérdida progresiva de la calidad de la alúmina recuperada y un aumento del hierro presente en el agua. Luego de las experiencias realizadas en St. Petesburgo, Mineápolis, Tampa, Lago Tahoe y las realizaciones de Orly, Zele y otros lugares se espera obtener, con este método, economías de sulfato de alumina.

Los trabajos iniciales se realizaron en Polonia y en particular por CHOJNACKI (9,10), obteniendo un 50 ÷ 60 % de recuperación, con un volumen estequiométrico del 50% de sulfúrico.

Las reacciones fundamentales son:

de coagulación: $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$ el precipitado se disuelve en un exceso de hidróxido alcalí para formar aluminatos:

$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \rightarrow \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$ en realidad el $\text{Al}(\text{OH})_3$ se ioniza en presencia de un ácido (ionización básica) a $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$ y en presencia de una base (ionización ácida) a $\text{AlO}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+$.

El aluminio se puede recuperar del hidróxido, tratando éste con ácido ($\text{SO}_4\text{H}_2\text{O}$, ClH)



y con cal apagada



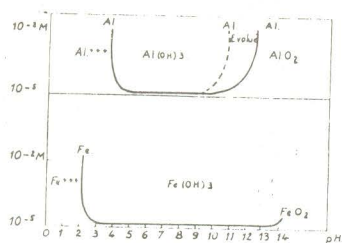
o con sosa cáustica



Estos productos resultantes se pueden recuperar en un decantador, donde queda el residuo insoluble. El sobrenadante del decantador se envía a dosificación de reactivos, economizando el consumo de sulfato de alúmina fresco (5).

Si el pH residual es alto, el rendimiento decae y si es bajo se solubiliza la materia orgánica y se pierde equivalencia del sulfato de alúmina recuperado respecto del fresco - es decir, buena parte de la alúmina se va en los fangos (2,8,11).

En el proceso de separación del sulfato de alúmina, la variación de su calidad, y el carácter de los sedimentos obtenidos, están relacionados en la solubilidad del hidróxido de aluminio (Fig. 6).



Solubilidad del hidróxido de aluminio y del hierro.
(solución 10⁻²M)

FIG. 6

Ejemplos de realización de este tratamiento son: En STRICHER (California) (4) recuperación del 80 ÷ 93 % y el residuo filtrado en filtros prensa alcanza el 40 ÷ 45 % MS. En Japón varias plantas (4), emplean unos 10 minutos de contacto a pH 2 recuperando un 60 % siendo el residuo pegadizo, difícil de deshidratar, dando el filtrado al vacío un 28 ÷ 30 % MS. En Escocia (Daer Water Board) WEBSTER (4,8) con un fango residual al 3% MS, aplicando congelación-descongelación y recuperación del sulfato de alúmina, reducen, con éste, la demanda del fresco en un 50% con buenos resultados en el tratamiento. Lago Tahoe, pH 2,5, la recuperación alcanzó el 94,4% con un costo por Tm. equivalente de sul

fato de alúmina fresco de \$ 16,6 frente a \$ 57,4 Tm en el mercado (1972) (4). La planta de Orly emplea un tiempo de contacto 15 minutos, pH 3 ÷ 3,2 (6). En Sturgeon Point (7), 25 minutos de contacto, pH 2,5 ÷ 3. El sulfúrico consumido (la relación estequiométrica da 1,9 Kgr. SO₄H₂ por Kg. Al(OH)₃, es decir 0,38 Kg/Kg. de fango con un 20% de Al(OH)₃, supone un 8% más que la relación estequiométrica. La concentración de alúmina Al(OH)₃ era de 0,70 y 0,45 en el efluente de la recuperación de fangos de decantadores y de lavado de filtros. En Zele (Bélgica) (4) trata aguas subterráneas coloreadas y con materia húmica y hierro, la acidificación alcanza pH 3 al 3,2, la recuperación 60 al 70 % sobre una dosificación en cabecera de 100 mg/l.

De la literatura se deduce que la recuperación de alúmina crece al aumentar la concentración del fango de entrada y es prácticamente independiente del tiempo de residencia (7) (durante este tiempo se produce la dilución de materia orgánica y hierro).

El pH de máxima eficacia se sitúa entre 1,5 y 2,5 (4).

Se utiliza con ventaja el SO₄H₂ en lugar del ClH debido a su precio.

La recuperación de alúmina reduce los sólidos y el volumen residual (Steiger Point 13% reducción de sólidos y 79 % de volumen de los fangos). El consumo aproximado de sulfúrico es de 0,45 a 0,70 Kg/Kg de sólido (8,9,10,11).

Los fangos resultantes de la recuperación se han de neutralizar con cal en polvo, hasta un pH 6 ÷ 7 (2,8,9,10,11). El consumo es de unos 0,23 Kg. de cal/kg de sólido, lo que supone un incremento de los sólidos totales residuales y una mejora de la filtrabilidad.

Las características de la alúmina recuperada son buenas, elimina fenoles, fosfatos, materia orgánica, detergentes (8,9,11).

La recirculación de la alúmina puede producir un descenso de calidad del agua tratada, debido: a los materiales inertes que arrastra el hidróxido, a la solubilización durante el acidificado del Fe y Mn (7) y a las impurezas que aporta el sulfúrico. En algún caso se ha observado (7) alúmina en el agua filtrada y burbujas de CO₂ en los decantadores, burbujas que flo tabilizan los flocs. (8,4).

Los datos de rendimientos de la recuperación no son comparables, ni tampoco los de tipo económico. Los factores a considerar y los métodos de análisis son diversos y no se suelen especificar.

Los métodos de medida de la recuperación son variados y no reproductibles (4). Así se -

puede proceder por determinación estequiométrica del precipitado de una solución estandar de fosfato, a pH constante, y con el volumen de alúmina recuperado partiendo de un volumen prede terminado de fangos. También, floculando de una suspensión estandar de arcilla (250 mg/l de bentonita) o la extracción por floculación del carbón activo contenido en los fangos de alúmina.

El vertido de los fangos de alúmina frescos sin proceder a su tratamiento al alcantarillado, supone una recuperación indirecta en la planta de tratamiento de aguas residuales.

6.- CONCENTRACION DE FANGOS.

Tanto la recuperación de productos, como la de subproductos y la eliminación de residuos precisan una concentración de los fangos ya sea para mejorar el tratamiento, aumentar rendimientos o permitir su manipulación y reducción de volúmenes.

Los métodos de concentración empleados son:

- Decantación en lagunas o estanques.
- Espesamiento en espesadores.
- Espesamiento en filtros y lechos de secado.
- Diversos métodos de filtrado.
- Centrifugado.

siendo previos o complementarios a los anteriores el solidificado-licuefacción y el acondicionamiento químico.

Los fangos, en el proceso de depuración, y durante su estancia en el decantador, tienen una concentración de 0,08 % MS en la zona de flocs, 0,5 % MS en la de consolidación y del mismo orden en la de compresión. Con esta última característica se presentan para ser tratados (8)

6.1 DECANTACION

Se puede producir en los depósitos de almacenamiento y balsas de decantación: El proceso realizado es el mismo que en los espesadores salvo que se suele completar con un tratamiento químico.

En los decantadores, con desplazamiento horizontal, el fango alcanza concentraciones de 1,5 a 3% MS pudiendo descomponerse por fermentación.

Los diseños de decantadores con recirculación de sólidos y lecho de fangos es multiforme.

El volumen de los fangos se reduce en 1/2 ó 1/5 con diseños algo elaborados y con un acondicionamiento químico se llega a un 5% MS. En la decantación los sólidos totales crecen con la profundidad del 1,7 % al 14 % siendo la concentración media 4,3 %, sin tratamiento químico.

En las pruebas realizadas en planta piloto (ver figura 7) se alcanzaron concentraciones en el fondo del 18%, empleando un tanque de 1,35 m. de profundidad. En estas pruebas se mandaban las purgas de un decantador dinámico a un depósito de fibrocemento que hacía las funciones de laguna.

El funcionamiento de las lagunas de decantación es prolongado.

Las condiciones climáticas son determinantes si se opera por lagunado. En el caso de congelación natural se alcanza un 17,5% MS. Este último método es complementario con el de decantación y secado. La adición de productos químicos favorece la decantación.

El líquido que sobrenada puede recircularse. Si se inyecta en cabecera de planta puede disminuir la concentración en los decantadores (8). Interesa alcanzar un espesamiento máximo en los fangos concentrados pues mejorará el proceso siguiente del fango, normalmente filtrado,

sin olvidar que el bombeo se hace difícil para concentraciones de 3% MS.

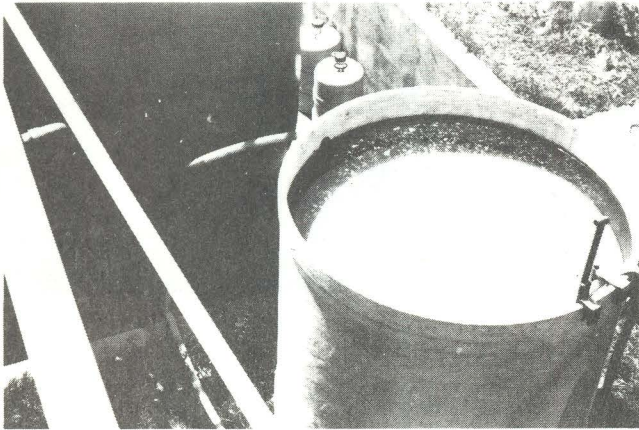


FIG. 7

El tratamiento químico disminuye el tiempo de retención o aumenta la concentración de salida.

Se suelen utilizar cargas de 0,5 m/h. durante 5-8 h. en espesadores con rascadores, en los que se suele producir una refloculación en la entrada. En este tipo de decantadores es importante alcanzar profundidades para clarificar, pues el peso de sólido por unidad de superficie influye en la densidad final (al contrario que en las lagunas). Estos espesadores son suscepti

bles de averías mecánicas por rotura de las palas al espesarse el fango (prever elevación de éstas) (8,6).

En los fangos residuales de recuperación, las burbujas de gas que se forman hacen subir las partículas de fango. Esto introduce un procedimiento de sedimentación y flotación combinados.

Los fangos férricos dan malos resultados, no sedimentan. Si se tratan con polímeros se forma una costra inestable y difícil de mejorar. La flotación con fangos acidificados es pobre aun que se mejora con polímeros catiónicos (8 mg/l) dando un fluido claro.

6.2 LECHOS DE SECADO

Son de arena con espesores de 15 a 25 cms. sobre unos 30 cms. de grava y con drenes de 12 a 20 centímetros de diámetro.

Los parámetros que intervienen son temperatura, humedad atmosférica, ventilación y viscosidad del fango.

La clarificación se produce por filtrado y por evaporación (en 70 - 100 h. se alcanza el 20 % MS) (1).

El proceso es manual y no automatizable. Se mejora el filtrado con tratamiento con polielectrolito (8) alcanzándose hasta 30% MS.

Junto con el método de langunado supone un mal uso del terreno, con inconvenientes estéticos y sanitarios.

Las pruebas realizadas en planta piloto y a muy pequeña escala demuestran el interés de este método en la zona mediterránea de nuestro país.

El fango extraído es el concentrado en un depósito y se vertió en un foso sin drenaje. Rápidamente perdió su aspecto líquido cuartenándose (ver fotografía 8). Alcanzado este estado la lluvia no afecta el proceso de secado, solamente da una patina de moho que hace cambiar su aspecto (ver fotografía 10). Esto es debido a la impermeabilidad de los fangos, habida cuenta de su textura arcillosa.

El fango, una vez cuarteado, adquiere consistencia petrea.

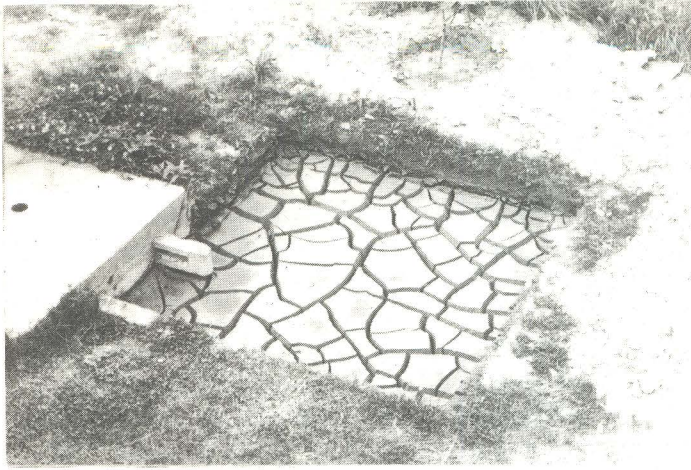


FIG. 8

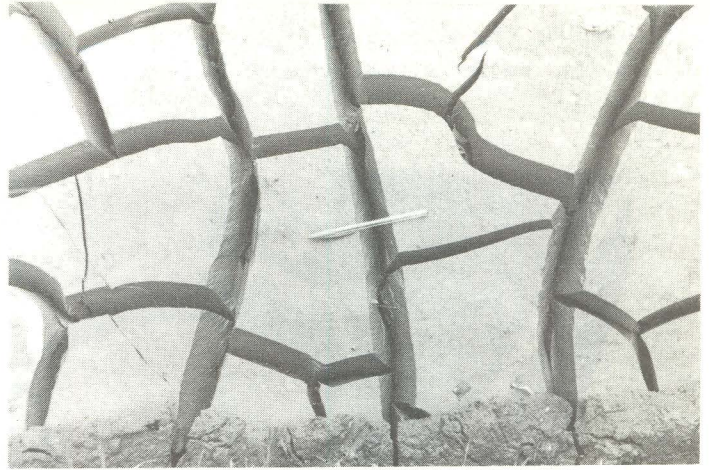


FIG. 9

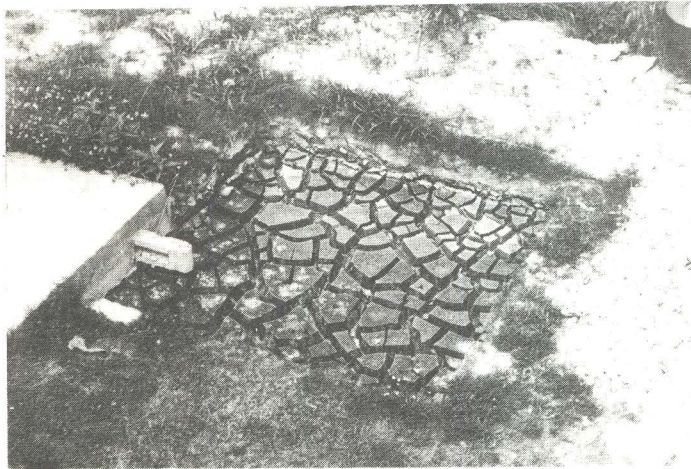


FIG. 10



FIG. 11

En la fig.12 se observa la evolución del contenido en agua. Enellase aprecia la incidencia de la lluvia, que solo afecta a las muestras superficiales, y , lo mas interesanteees la rápida evolución del secado.

6.3 FILTRACION

Se desarrolla sobre dos tipos de filtros básicos: los prensa-empleados en Europa- y los de tambor al vacío -en USA-.

Los filtros prensa alcanzan concentraciones de fango 20% MS sin dificultad. Su automatización está muy avanzada aunque no total. Los filtros de vacío logran concentraciones más reducidas y su funcionamiento es casi continuo.

Hoy en día existen variantes tales como los de prensa y de vacío de cinta horizontales o no, modalidades prometedoras aunque poco experimentadas.

Con los fangos de cal todos los métodos de filtrado observan un buen comportamiento, al contrario sucede con los de alúmina. En todos los casos, el rendimiento se mejora aumentando la concentración de los fangos de entrada, por lo que el filtrado suele utilizarse luego de un espesamiento.

La deficiente filtrabilidad de los fangos de alúmina, debido a su compresibilidad y carácter pastoso, mejora si el fango sufre un acondicionamiento químico o proviene del proceso de recuperación.

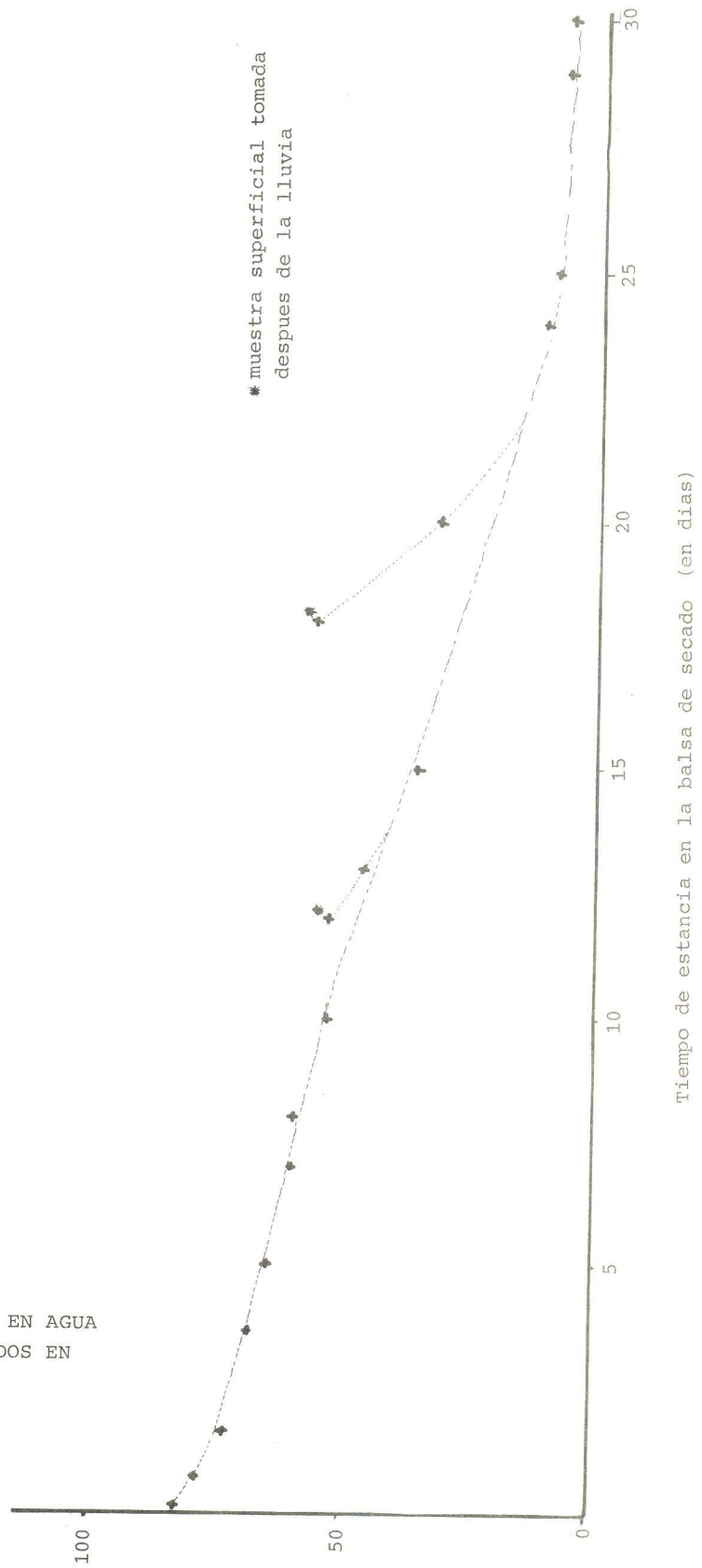


FIG. 12 EVOLUCION DEL CONTENIDO EN AGUA DE LOS FANGOS CONCENTRADOS EN LA Balsa DE SECADO

6.4 FILTROS PRENSA.

Normalmente el fango entra con un 2% MS y la torta final tiene 15 ÷ 20 % MS. Se puede mejorar la concentración añadiendo una capa de diatomeas a la tela en el lado de altas presiones a acondicionando los fangos. El prelecho de diatomeas es dificultoso y poco experimentado en nuestro país.

Los filtros prensa de banda continua se utilizan cuando los fangos drenan bien. Trabajan en continuo. Se presentan los resultados de ensayos realizados sobre los filtros prensa continuos.

	MS. % entrada	Sequedad torta %	Floculante gr/m3.	Energía KWh/m3.
(biológicos 1)	3,4	25% - 27,6	75 ÷ 98	0,25
Sulfato de aluminio	0,5	53	60	
(bacterianos 1°)	14 ÷ 15	35 ÷ 41	150 ÷ 200	0,25
(inorgánicos)	18,6	38 ÷ 44	143 ÷ 228	0,25
(curtidos)	9	26 ÷ 29	27,6-40	
(biologicos)	0,5	21 ÷ 23		

La automatización actual de las operaciones es elevada; descarga automática, saca tela, rompe torta empleando procedimientos de soplado y vibrado.

Los fangos de lavado de filtros, poco concentrados, son dificultosos de filtrar.

En Oelogen (Bélgica), el fango pasa de 1% MS a 3,5 ÷ 4,5% al acondicionarlo con polielectrolito, se le añade cal en un espesador secundario alcanzando 8 ÷ 12 % MS. y en el prensado final se obtiene 40% MS.

Recientes realizaciones, como la de Taifer-Sustin, en el Mosa y la de Neully-sur-Marne-Noisy-le-Grand, emplean filtros prensa luego de acondicionamiento.

6.5 FILTROS AL VACIO.

Su funcionamiento es correcto con aguas residuales y fangos procedentes de recuperación de alúmina que han sido neutralizados con cal (8).

Sus variantes más comunes son la de tambor, disco y banda horizontal. Para el tipo de fango que nos ocupa los de tela salida y prelecho de diatomeas son los de mayor interés.

Trabajan bien a bajas concentraciones. La torta es fácil de arrancar. El filtrado tiene un contenido bajo en sólidos. Tiene dificultades de funcionamiento por fugas y roturas de la tela.

El prelecho de diatomeas, 5 cm., es poco permeable y se agota en 20 ÷ 140 h. Combinado con un alto vacío y la inmersión reducida dan lugar a altos rendimientos (1, 3, 8, 7, 2, 4).

Sin acondicionamiento, el filtrado de los fangos de alúmina es dificultoso, mejorándose al aumentar la temperatura.

Los polielectrolitos mejoran la resistencia específica del fango y la carga de filtración en algunos casos.

El filtrado pierde el 99% de sólidos en suspensión, el 50% de la DBO_5 y el 95% de la DQO.

Con el prelecho de diatomeas se alcanza sin dificultad el 20% y hasta el 30% MS en la torta, encareciendo el proceso y volviéndolo intermitente. La torta de salida, están compuestas por diatomas en 1/3 ó 1/4.

Si el fango es de cal y luego se centrifuga, se puede lograr un 70% MS. en la torta (hay que eliminar el hidróxido de magnesio en la centrifugación).

El test de laboratorio, referente a la filtrabilidad de un fango, se realiza en un BUCHNER pudiendo incluirse el prelecho de diatomeas.

6.6 CENTRIFUGACION.

Es uno de los métodos más prometedores por sus cualidades de circuito cerrado y funcionamiento en continuo.

La centrifugación de los fangos frescos de alúmina es dificultosa. Se emplea como tratamiento primario o intermedio, obteniéndose buenos resultados por acondicionamiento con polielectrolito. Para el óptimo de caudal, velocidad diferencial, forma geométrica y fuerza obtenida se consiguen resultados máximos de 21% MS para fangos de filtros, 28% MS en los de purga y 24% MS en la combinación de ambos.

Las pruebas realizadas en laboratorio dan los resultados siguientes:

ng aplicado	TURBIDEZ FINAL (SiO_2)	% MS final en el fango
12.062	15÷20	33
1.086	100÷75	30
121	400÷50	22

esto partiendo de una concentración inicial del 10% y con un tiempo de retención de 2 minutos.

En condiciones normales se obtiene un 7% MS, lo que lo hace idóneo como proceso intermedio. Hay que eliminar los abrasivos en un ciclón previo a las centrifugas.

La centrifuga de cesta obtiene mejores resultados, sólidos más consistentes, pero el proceso no es continuo.

Los costes de mantenimiento son elevados, su funcionamiento automático y ocupan poco espacio.

Diversos autores BOVIJN, SLMONA y RICHARD (14,11) han obtenido con polielectrolitos hasta 31% de MS.

6.7 ACONDICIONAMIENTO QUIMICO.

El clorhidrato de aluminio empleado para aguas residuales no va bien con los fangos de alúmina.

Los fangos de cloruro de hierro se acondicionan bien con cal, con gran aportación de éstos y aumento de los sólidos finales.

Los polielectrolitos dan buenos resultados con los fangos de alúmina y hierro. Si el fango es fino, se añade antes del espesador, dando rápidamente flocs de gran tamaño y un líquido claro. La circulación mantiene el floc abierto y permite el escape del agua, impidiendo que se comprima el floc. Esto se evita agitando entre barras fijas y móviles que rompen la masa y crean caminos preferenciales ascendentes en el líquido.

La dosificación del polielectrolito es delicada. Se pueden producir sobredosis locales con absorción previsible del polielectrolito y rotura del floc en las corrientes turbulentas. Es conveniente una leve sobredosificación. Si el efluente resultante se devuelve a la cabeceira de la planta el polielectrolito debe de estar autorizado por sanidad.

Cuando las oscilaciones térmicas son acusadas, son precisos dos polielectrolitos, lo que alterará los procesos siguientes, de igual modo que la utilización en paralelo de coadyuvantes diferentes.

La mezcla de fangos de filtros y de decantadores con diferentes pH da un espesamiento excesivo del resultante, con peligro de rotura de las rasquetas y palas de agitadores.

En los fangos tratados, la medida del tiempo de succión capilar (HILSON-BUGG) es eficaz para preveer la variación de características de éstos con la temperatura y con las dosis.

Es recomendable que la dosificación se haga sobre peso y no sobre volumen. El exceso de polímero recubre el floc impidiendo las uniones y estabilizándolo frente a la filtración y compresión.

6.8 SOLIDIFICACION-LICUEFACCION.

Al congelarse el agua abandona el floc que es comprimido hasta 1/6 del volumen inicial y queda así luego de la licuefacción. El fango queda, con la estructura coloidal rota, más denso y sedimenta como arena y con características de deshidratabilidad aceptables (se espesa hasta 17% MS).

Si luego de este proceso se filtra al vacío se alcanza 30-35% MS en la torta y si se procede por sedimentación se obtiene un 20% MS.

El mantenimiento y coste es elevado y el granulado obtenido no tiene mercado. Sólo es interesante, a pesar de los buenos resultados, cuando el proceso es natural, quedando limitada la profundidad del lecho a 0,5 m. para obtener un congelado completo.

6.9 INCINERACION.

Es la última etapa en la reducción del volumen de fangos que llevan gran cantidad de materia combustible. Si los fangos de alúmina se han tratado con polielectrolito son más fáciles de quemar, pues el residuo es más seco, y no precisa tanto aporte de energía (2).

Los humos han de ser tratados para cumplir las normas de protección del medio ambiente.

Los hornos se alimentan con un tornillo a extrusión.

Los hornos tienen forma cilíndrica con procedimientos diversos, siendo el más actual el lecho fluidizado sobre arena inerte. El lecho fluidizado permite un aporte de 142.000 Kcal/m³; frente a 142 Kcal/m³. en un horno clásico.

La temperatura ha de ser mayor de 760°C para evitar los olores.

7 - VERTIDO AL ALCANTARILLADO.

Los fangos de alúminas no afectan a la digestión biológica aerobia del tratamiento de aguas residuales. Produce un aumento de los sólidos en la planta y traslada el problema de eliminación de éstos.

Los fangos de cal ayudan a la sedimentación y reducen los fosfatos de las plantas de residuales (8).

Los fangos de alúmina ayudan a la coagulación de los residuales, lo que supone una recuperación indirecta de la alúmina residual activa. En 10 minutos se logra aumento de transparencia debido a la floculación (Milwaukee) (4).

El fango resultado de recuperación de alúminas y de carácter ácido da una mezcla opaca, turbia y poco sedimentable. El gas producido en la floculación disminuye el rendimiento. Estos fangos deben de neutralizarse antes de verterlos.

8 - ELIMINACION DEL RESIDUO.

El interés de obtener fangos concentrados radica en el aumento de capacidad de las áreas disponibles para vertido.

En algún caso se justifica el bombeo a gran distancia, hasta 20 km., si la reserva es de 50 a 150 años. El bombeo es dificultoso a partir de 3÷6 % MS. según domine la materia orgánica o los limos.

Los fangos son no-newtonianos, análogos a un plástico de Bingham, que suelen presentar tixotropía, lo que dificulta el arranque de las bombas y la elección de éstas y del tipo de derrame laminar o turbulento, ya que estas características citadas son variables.

El estudio del bombeo es difícil, sus dificultades reales grandes, -atascos-, y a comparar con las de incineración.

La solución más frecuente es el terraplenado con los fangos concentrados al 20% MS. o con los residuos sinterizados de incineración, lo que obliga a un tratamiento combinación de los aquí expuestos.

9 - CONCLUSION.

Las soluciones son diversas y con resultados equivalentes en un planteamiento general y a resolver en cada caso en particular en función de:

- equipos de deshidratación disponibles.
- evaluación de rentabilidad y rendimientos de las diversas alternativas.
- interés de la recuperación.
- localización espacial de la planta.
- posibilidades de eliminación de residuos.

partiendo siempre de la minimización de la producción de fangos.

En nuestro caso, zona mediterránea y disposición de superficie; y en espera de resultados más elaborados en planta piloto, parece ser de interés el concentrado en espesadores y secado final en eras de secado con una reserva de filtros prensa para las épocas lluviosas.

10 - BIBLIOGRAFIA.

1. Walter K. NEUBAUER.- Water alum sludge treatment J.A.W.W.A. - julio 1968 p. 819-826.
2. Committee Report - Disposal of water treatment plant wastes J.A.W.W.A. - Diciembre 1972 - p. 814-820.
3. C.M.THOMAS.- Solids disposal - Part. 1. Effluent and water treatment journal - Diciembre 1974 - p. 693 - 701.
4. A.E. ALBRECHT - Disposal alum sludge J. A. W. W. A. - Enero 1972 p. 46-51.
5. Informe interno de la planta de Caededeu.
6. J. SALMONA - La station de traitement des boues de l'usine des eaux potables d'Orly.
7. GARRET P.W. - MARTIN P.D. - Water treatment plant wastes disposal - Part. 2 J.A.W.W.A. - Junio 1974 - p. 379-84.
8. E.F. YOUNG - Disposal of sludge from sedimentation plants, with special reference to alum sludge. 9° Congreso I.W.S.A. - N.Y. 1972.
9. A. CHOJNACKI - Récupération des coagulants - dans les boues des traitements d'eau pour l'alimentation. La Tribune Cebedeau - Julio - Agosto 1964 p. 351-356.
10. A. CHOJNACKI - Treatment and use of sludge 7° Congreso I.W.S.A. - 1966 - Barcelona.
11. J. SALMONA Y RICHARD - Traitement des boues des stations d'eau potable avec ou sans récupération du coagulant. Technique et sciences municipales - l'Eau. Enero 1970 p. 3-18.
12. B. CAPPER.- Flocculation solves overloading problems. Effluent and water treatment journal Feb. 1973
13. A.F. ACHTEN.- L'usine de traitement d'eau de Meure de la C.I.B.E. La technique de l'Eau - Sepbre. 1974 - P. 35 -70
14. L. BOUJUN.- La centrifugation des boues. Technique et sciences municipales - Diciembre 1969 p. 395-418.
15. P. BELZER - La technique des lits fluidisés. La Tribune Cebedeau - Febrero 1966-p. 64-69.