

SISTEMAS DE ELIMINACION DE LODOS RESIDUALES URBANOS

Por EDUARDO DEWISME

Ingeniero del Servicio de Aplicaciones Industriales de la Confederación Hidrográfica del Norte de España

De forma ordenada y resumida, se exponen las bases de los sistemas y procedimientos de eliminación de los lodos residuales que se forman en las plantas de depuración de agua. Este trabajo puede considerarse una verdadera monografía sobre el tema. En la exposición se aportan numerosos datos y criterios de diseño, tanto de los procedimientos clásicos, como son, las eras de secado y filtros de vacío, como de un gran número de otros procedimientos que actualmente se vienen aplicando en otros países, como son: la elutriación, sinéresis por calor, incineración, oxidación por vía húmeda, etc. La descripción del funcionamiento de la mayoría de los procedimientos está al alcance incluso de los técnicos poco introducidos; sin embargo, hay otros para cuya comprensión se requiere un adecuado nivel de preparación en las operaciones básicas de la ingeniería sanitaria. La clasificación y descripción de cada procedimiento, según la operación básica de ingeniería en que se apoya, ayuda a una mejor comprensión de sus fundamentos, facilitando, además, la captación de las diferencias sustanciales que existen entre ellos. A lo largo del texto se hace referencia a las citas bibliográficas finales, donde pueden acudir los técnicos interesados, para ampliar los datos que se exponen.

Introducción.

En la depuración de las aguas residuales, resulta a menudo más complicado y a veces tan costoso, la instalación para la eliminación de los lodos residuales obtenidos en la depuración, que ella misma. Conviene reducir el costoso e incómodo problema de la eliminación de los lodos, que tanto asusta a los que tienen que montar una planta de depuración. No es admisible disponer una planta de depuración, para luego verter los lodos al río, como así sucede en algunas plantas.

Ante este problema, las firmas de diseño y construcción de instalaciones de depuración, vienen en la actualidad forzándose, tanto o más, en el estudio y ensayo de nuevos procedimientos de eliminación de lodos, que en los de depuración.

Hasta hace unos años, el sistema generalizado de eliminación de lodos de plantas de depuración de aguas residuales urbanas, era la digestión y deshidratación en eras de secado, y luego en los casos posibles, utilizar la torta para relleno o como fertilizante. Las instalaciones que hasta hace un par de años teníamos en España, seguían esta línea. Posteriormente, se han montado tres o cuatro plantas en las que la deshidratación de los lodos se realiza en filtros de vacío de tambor rotativo.

En otros países se viene utilizando y ensa-

yando, juntamente con los mencionados, otros muchos procedimientos. Por este motivo me ha parecido interesante una exposición resumida y ordenada de todos los procedimientos actualmente en uso. Me extendiendo un poco más en los procedimientos de sinéresis por calor, incineración y oxidación por vía húmeda que parecen estar en auge.

Quienes deseen ampliar los conocimientos que se exponen, pueden acudir a la bibliografía que se indica al final. Por estar muchos de estos procedimientos en fase de desarrollo, donde con más actualidad se exponen, es en los artículos de revistas sobre la especialidad. No hay por el momento libros en los que se recojan estos temas puestos al día.

A la vista de los numerosos procedimientos de tratamiento existentes, no es fácil definir qué línea de tratamiento de eliminación de lodos es la más adecuada. En cada caso, según el clima de la zona; posibilidades de comercializar un compost; coste del terreno y de la energía; posibilidades de financiación; proximidades de la planta a núcleos urbanos, zonas de relleno o el litoral; posibilidad de aprovechamiento de calorías, etc., existirá una línea más ventajosa. Este estudio corresponde lógicamente a un ingeniero consultor, cuya interesante misión, expuse en el artículo que publiqué en esta misma Revista en el número de febrero de 1968.

Clasificación de los procedimientos de eliminación de lodos.

A través de la literatura moderna no hemos encontrado una clasificación general, lo normal es encontrar publicaciones sobre los diferentes procedimientos, expuestos de forma aislada. Con objeto de recoger de una forma ordenada estos procedimientos, los he clasificado en el cuadro general siguiente, de acuerdo con la operación unitaria que predomina fundamentalmente en cada procedimiento.

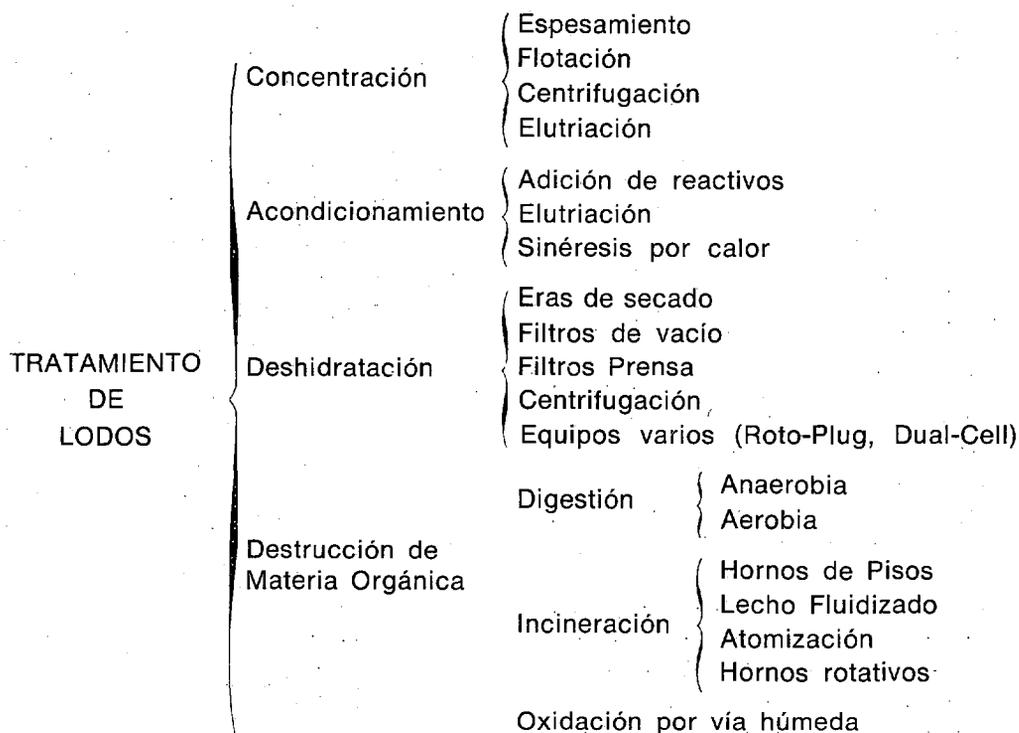
5 %. Contienen, por tanto, un gran porcentaje de humedad que los hace muy voluminosos. Es pues fundamental reducir su volumen, especialmente cuando se van a someter a un tratamiento.

No existe una diferencia precisa entre los procesos que se definen como de concentración y deshidratación, pues ambas operaciones son equivalentes; tratan de eliminar agua de los lodos. En general, se puede definir como procesos de concentración o espesamiento,

CUADRO GENERAL

Utilización directa como fertilizante.

Transporte y evacuación en el mar.



Las operaciones unitarias fundamentales que he considerado son:

Concentración y deshidratación.

Tienen por fin obtener los lodos con la mayor concentración en sólidos posible.

Los lodos residuales que se producen en una planta de depuración, tienen pequeñas concentraciones en sólidos. Los denominamos primarios entre 3,5 y 6 %, los secundarios entre 0,5 y 3 %, y la mezcla de ambos entre 3 y

aquellos que partiendo de los lodos primarios o secundarios, consiguen obtenerlos con concentraciones hasta del orden del 15 % de sólidos. En cambio, con los procesos de deshidratación cabe esperar alcanzar incluso un 50 % de sólidos. Normalmente ambos procedimientos se complementan, no interesando utilizar los procedimientos de deshidratación, sin previamente haber concentrado los lodos. La operación de eliminación de agua por concentración es más económica que por deshidratación.

Acondicionamiento.

Agrupamos aquellos procedimientos que tienen por fundamento la transformación de la estructura coloidal del lodo para favorecer los procesos de concentración y deshidratación.

Dstrucción de materia orgánica.

Se incluyen aquellos procedimientos cuyo fundamento es la reducción de la materia orgánica de los sólidos contenidos en el lodo.

A continuación realizamos una breve exposición de los fundamentos de cada uno de los procedimientos señalados en el cuadro.

Utilización de los lodos como fertilizante.

La eliminación de los lodos utilizándolos

como fertilizante, ha sido una de las primeras soluciones que se ha practicado y sigue practicándose. Su valor reside en el contenido de fósforo, nitrógeno y potasio; por otra parte, contienen materia orgánica, que no llevan los abonos minerales y es conveniente para el enriquecimiento en humus de las tierras, que favorece su capacidad de retención de humedad. Los lodos procedentes de plantas con fangos activados son los que mayor poder fertilizante tienen.

En general, los lodos a utilizar son digeridos, para evitar problemas de olores y porque además, sanitariamente son mucho menos peligrosos. Debido al costo del transporte de los lodos con la humedad que salen del digestor (del 88 al 93 %), se utilizan una vez deshidratados e incluso secados. Sin embargo, tienen

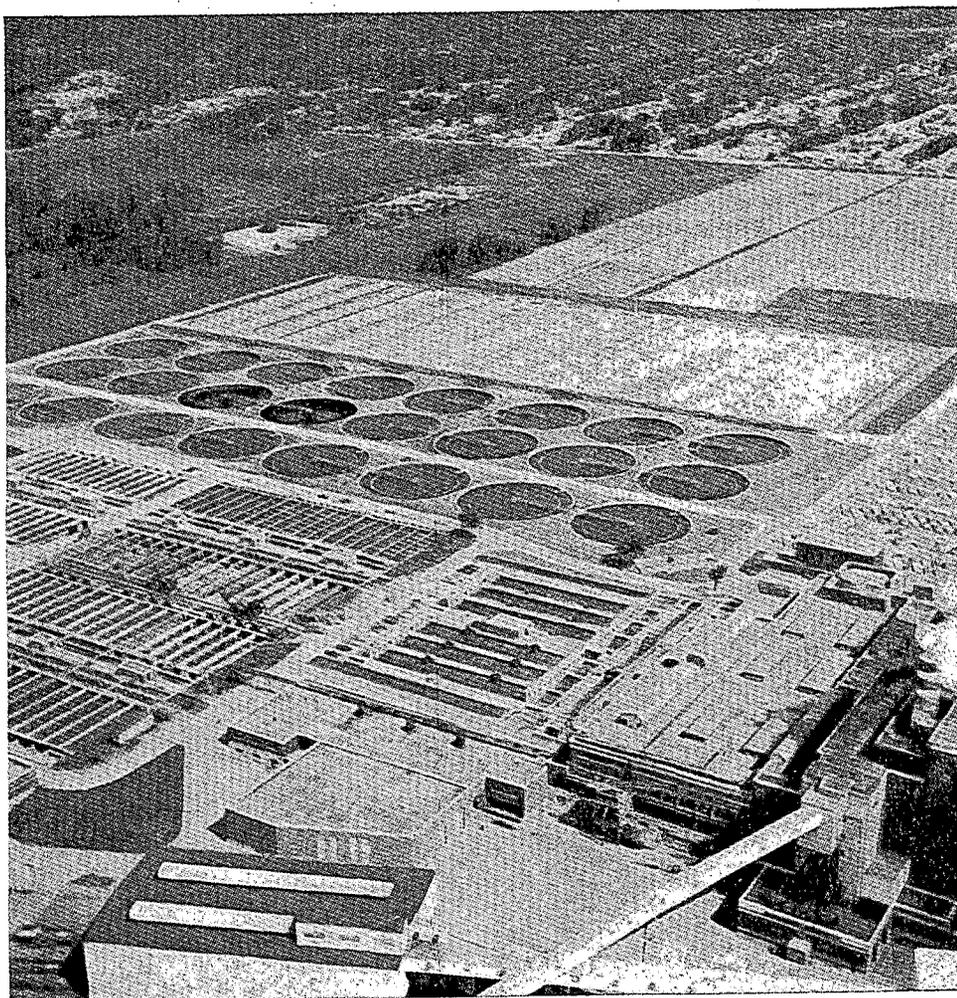


Fig. 1. — Planta de depuración de aguas residuales de Chicago.

mayor poder fertilizante en forma húmeda, ya que, si bien las materias sólidas de los lodos son ricas en nitrógeno y fósforo, no es así en potasio. Este se encuentra en gran proporción disuelto en el líquido que acompaña a los lodos; además en la deshidratación de los lodos se pierde parte del nitrógeno. Por estas razones últimamente se tiende a la utilización de los lodos húmedos, ya sea transportándoles en cisternas o impulsándolos por tuberías hasta el lugar de utilización. En Chicago, donde existe la planta de tratamiento más grande del mundo, véase la foto, en la que disponen diversos procedimientos de eliminación de lodos, están ahora ensayando su eliminación en forma de lodo digerido líquido, utilizándolo como fertilizante de campos de maíz. Además de conseguir este beneficio sobre las tierras, el costo de eliminación de los lodos se les reduce a la mitad, con relación a los otros procedimientos que vienen utilizando.

Evacuación de lodos en el mar.

Esta solución factible para las plantas de depuración situadas en zona costera, es muy interesante cuando hay que eliminar grandes volúmenes de lodo. En la planta de aguas residuales de Filadelfia se utiliza este procedimiento con éxito. Los gastos que le supone este procedimiento son muy inferiores a los que se originan con otros sistemas de deshidratación, incineración, etc.

Los lodos espesos con un 10 al 15 % de sólidos, se bombean a gabarras, que luego los transportan al mar, evacuándolos en una zona convenientemente estudiada.

Concentración.

Espesamiento.

En este caso la concentración se realiza en decantadores de rasquetas (fig. 2) similares a los utilizados para la sedimentación de aguas. El grupo de accionamiento de las rasquetas es central y va situado en un puente fijo. Las rasquetas llevan solidarias a ellas unos brazos verticales, que con el suave movimiento (1 a 3 revoluciones por hora) favorecen la separación del agua y gases ocluidos en los lodos.

Los lodos espesados sedimentan y son arrastrados suavemente, mediante las rasquetas, a una poceta central desde la que se efectúa la extracción. El líquido separado rebosa por el vertedero periférico a un canal. Como este líquido contiene aún varios cientos de sólidos en suspensión, se recircula a los decantadores primarios.

El dimensionamiento de estos aparatos se realiza a partir de la carga de sólidos a admitir por m² de superficie de decantación y día. Dentro del campo de aplicación a lodos urbanos, según el tipo (primarios, secundarios o mezcla de ambos) se fijan valores entre 30 y 80 Kg/m²/día. Son los lodos secundarios procedentes de procesos de fangos activados, los que por su carácter coloidal, resultan más difíciles de espesar.

Las velocidades ascensionales se fijan entre 0,2 y 1 m/hora por m² de superficie de decantación; lo que representa, que con las cargas antes indicadas, en algunos casos los lodos entran al espesador muy diluidos.

La altura cilíndrica de los decantadores se fija alrededor de 3 m. Con este valor y los antes señalados, resulta que el tipo medio de permanencia de los lodos en el espesador está entre seis y veinticuatro horas. De aquí que sea preciso prever medios para evitar que en este tiempo entren los lodos en putrefacción.

La concentración que cabe esperar en los lodos espesos es:

| | | |
|--------------------------------------|------------|---|
| Para lodos primarios digeridos | de 10 a 15 | % |
| Para lodos mezclados digeridos ... | de 8 a 10 | % |
| Para lodos primarios brutos | de 7 a 9 | % |
| Para lodos mezclados sin digerir ... | de 5 a 7,5 | % |
| Para lodos secundarios | de 2 a 3 | % |

Flotación.

Para algunos tipos de aguas y lodos, resulta más ventajoso realizar su clarificación o espesamiento mediante un proceso de flotación. Este procedimiento consiste en inyectar aire a presión al líquido a tratar y seguidamente pasar la mezcla al aparato de flotación. Este es similar a un espesador.

Al entrar la mezcla en el decantador, pasa previamente por una válvula que reduce la presión de la mezcla, con lo que el aire que se había disuelto a presión se libera en forma de pequeñas burbujas, que se adhieren a las partículas en suspensión, elevándolas a la superficie.

Sobre la superficie se forma un manto de lodo, que es barrido por una rasqueta superficial, evacuándolo a una arqueta. Las partículas de mayor tamaño no consiguen flotar, sedimentando en la solera del decantador. Las rasquetas de

miento, siendo normales valores de 70 Kg. de sólidos/día y m.² y velocidades de 3 a 10 metros/hora. En contrapartida se requieren equipos más complejos y costosos que en el simple espesamiento.

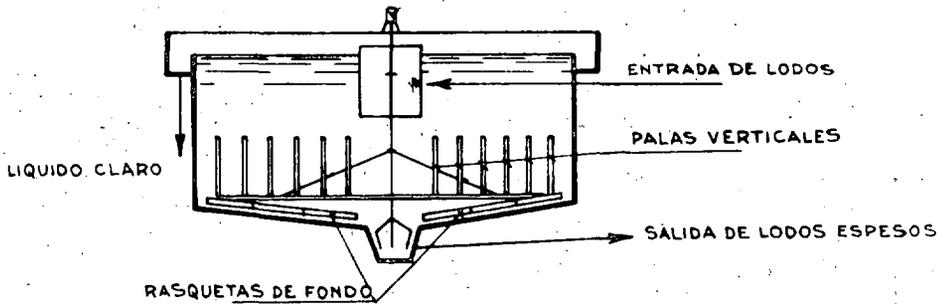


Fig. 2. — Decantador espesador.

fondo las barren, de igual manera que un espesador, hacia la poceta central de evacuación. El agua libre de sólidos en suspensión se recoge a un nivel intermedio próximo a la superficie superior. Hay pues, dos puntos de evacuación de lodos concentrados, uno superior y otro inferior. En la figura 3 se presenta un esquema de una instalación de flotación.

Centrifugación.

Este procedimiento se utiliza tanto para las operaciones que he denominado concentración como deshidratación de lodos; si bien más con este último fin. Cuando se aplica a lodos muy diluidos (1 a 2 % de sólidos), se consigue concentrarlos, y cuando se aplica a lodos con 5 a

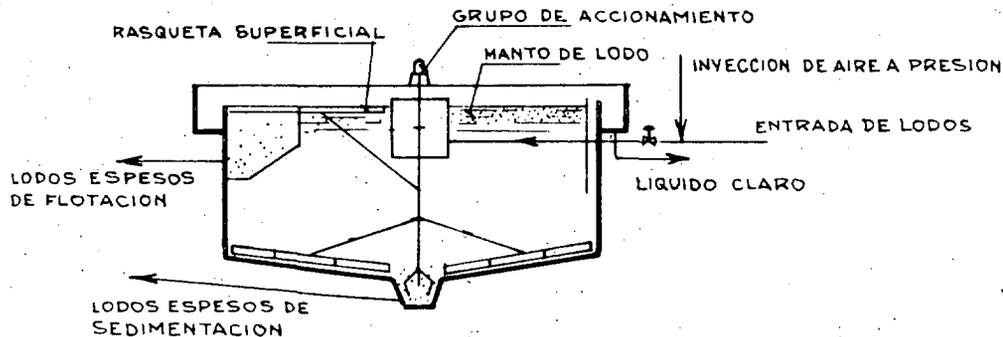


Fig. 3. — Decantador flotador.

Este tipo de espesamiento se utiliza para lodos muy ligeros, como resultan ser los secundarios de un proceso de fangos activados, o entre aguas residuales industriales, las originadas en las papeleras que contienen fibrillas muy ligeras, o las que contienen aceites en emulsión, etc. Con este procedimiento es posible recoger los lodos superficiales con concentraciones de más del 7 % en sólidos. Las cargas de trabajo y velocidades ascensionales son superiores a las utilizadas en el espesa-

10 % de sólidos, entonces se pretende su deshidratación. Es un procedimiento que está en auge por su simpleza y por el pequeño espacio que ocupan las instalaciones.

El procedimiento como ya se puede suponer, está basado en la separación de las partículas del líquido mediante la fuerza centrífuga. El tipo de centrífuga utilizado es el de la figura 4 (las marcas más conocidas son BIRD y SHARPLES), denominado "continua de cesta no perforada". Este tipo de centrífugas tiene una

cesta no perforada que gira a gran velocidad, dispuesta en el interior de una carcasa de protección. En el interior de la cesta gira un rascador helicoidal en el mismo sentido que el tambor, pero a menor velocidad que él. La misión de este rascador, es ir barriendo continuamente la capa de sólidos que se deposita en la cesta, para sacarlos por un extremo del tambor. El líquido clarificado sale por unos registros situados en el otro extremo de la cesta,

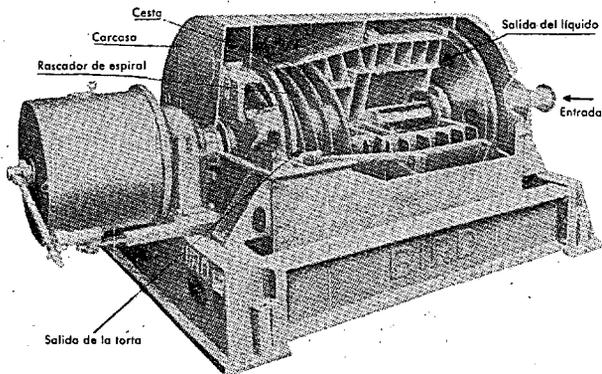


Fig. 4. — Centrífuga continua de cesta no perforada.

cuya posición es regulable. Este líquido contiene aún una gran proporción de sólidos en suspensión y en el caso de lodos digeridos tiene una elevada DBO, que hace difícil su eliminación. El rendimiento de la centrífuga viene definido por el cociente entre las materias sólidas que salen en el lodo centrifugado y las que había en el lodo de alimentación. Normalmente con lodos urbanos se consiguen bajos rendimientos, entre 75 y 80 %. Actualmente mediante el acondicionamiento previo de los lodos con ayudantes de coagulación, se consigue mejorar el rendimiento, reduciendo el contenido en sólidos del líquido que rebosa de la centrífuga. El contenido de humedad de la torta suele ser inferior que cuando se utilizan filtros de vacío, no siendo normal que la torta salga con más del 80 %.

Elutriación.

El fin principal de la elutriación es reducir la demanda en coagulante de los lodos a acondicionar para su posterior deshidratación, por cuya razón trataremos de este proceso en el capítulo de "Acondicionamiento". Ahora bien, con este procedimiento se consigue a la vez espesar los lodos, razón por la cual lo citamos

también dentro de los procedimientos de concentración.

Deshidratación.

Eras de secado.

Este es el primer sistema que se utilizó y aún sigue utilizándose, para la deshidratación de lodos, por su simplicidad y bajo costo. No obstante, se está desplazando, cada vez más, por otros procedimientos mecánicos.

El procedimiento consiste en la disposición de los lodos a secar sobre una superficie al aire libre dotada de un buen drenaje. La altura de la capa extendida varía según las características del lodo. Para lodos urbanos digeridos se disponen capas de 20 a 30 cm. En este caso, la superficie precisa para las eras, para lodos digeridos, oscila según el clima de la zona, entre 10 y 25 habitantes por cada m². En ocasiones, en zonas húmedas, se han construido cubiertas con el fin de proteger los lechos de la lluvia, si bien así se reduce la evaporación por aireación. La torta de lodos se suele secar cuando la humedad de la misma desciende por debajo del 65 %.

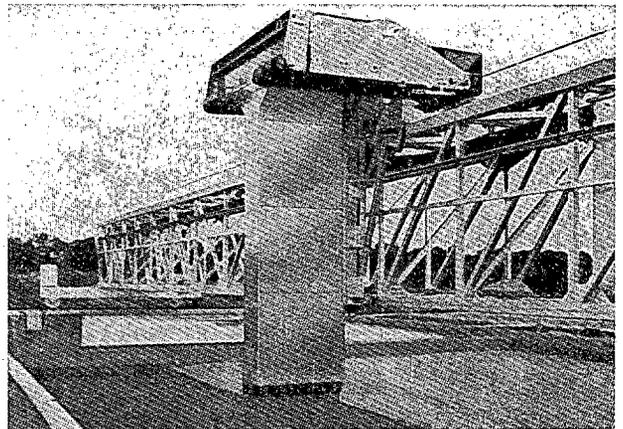


Fig. 5. — Puente desplazable para extracción de lodos deshidratados.

Para pequeñas superficies, la extracción de la torta es manual, ahora bien, para grandes superficies, esta operación se realiza de forma mecánica, mediante un puente rascador que se traslada sobre unas guías que van por los muretes de separación de las eras. Esta misma máquina sirve para la igualación de la arena en el lecho. La figura 5 representa una máquina de este tipo.

Algunas firmas (por ejemplo, Wedge Wire Co. Ltd.) construyen un tipo de malla metálica para sustituir el clásico sistema de grava y arena para soporte y drenaje del lodo. Con este tipo de soporte se emplean mayores alturas de capa de lodo, consiguiéndose reducir de forma notable la superficie precisa.

Como ya he indicado, este sistema va siendo cada vez más desplazado por otros de tipo mecánico. A ello contribuyen numerosos factores como, el inconveniente de costo de la gran superficie de terreno preciso, el problema estético y psicológico que se crea en la vecindad, el costo de la mayor mano de obra que se requiere con relación a otros sistemas, el continuo perfeccionamiento de los sistemas mecánicos y la puesta a punto de nuevos procedimientos.

Filtración mecánica de lodos.

Es el proceso de deshidratación por medios mecánicos más utilizado. El tipo de filtro más empleado es el de vacío de tambor rotativo. Los filtros prensa también se utilizan, pero en mucho menor proporción; siendo en Inglaterra donde parece que todavía tienen buena aceptación para deshidratación de lodos urbanos. Las características fundamentales que diferencian ambos modelos, son el coste de instalación por unidad de superficie filtrante, que es menor en los prensa; el coste de la mano de obra, que es superior en estos últimos y el modo de funcionamiento, que es continuo para los de vacío y discontinuo en los prensa. Como resultado, los filtros prensa son poco interesantes cuando hay que filtrar grandes volúmenes de lodos.

En general la filtración de los lodos urbanos se realiza después de un tratamiento de reducción de la materia orgánica, pues de lo contrario hay riesgos de que ésta entre en putrefacción con desprendimiento de olores. No obstante, según circunstancias especiales, también se utiliza la filtración directa de lodos sin digerir, como es el caso de la planta de Viveros de la Villa (Madrid) y la de Las Palmas de Gran Canarias.

Filtración al vacío.

Los filtros de vacío, de tambor y de hojas rotativas, figuras 6 y 7, vienen empleándose

desde hace más de cuarenta años, tanto para lodos primarios brutos, digeridos o mezcla de lodos primarios y secundarios, si bien son los primeros los más utilizados. La velocidad de filtración a través de 1 m.² de superficie filtrante,

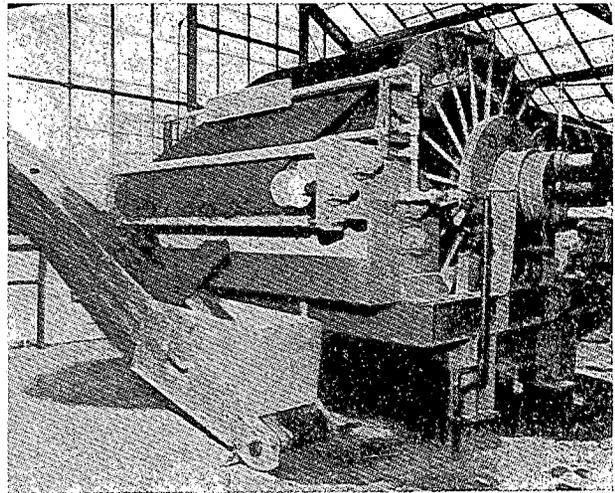


Fig. 6. — Filtro de vacío de tambor rotativo.

es unas 2 000 veces superior que la que ocurre en una era de secado al ambiente.

El rendimiento de estos filtros se mide en kilogramos de materias secas que es posible retener por hora y m² de superficie filtrante.

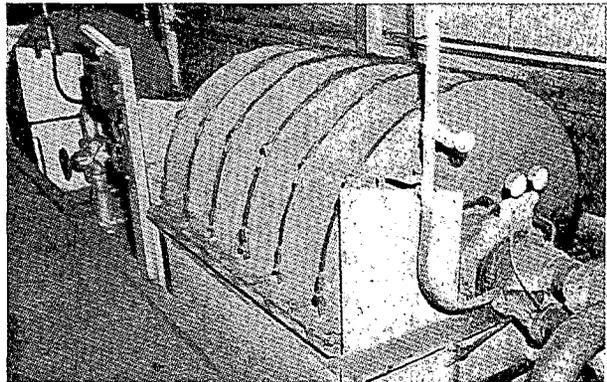


Fig. 7. — Filtro de vacío de hojas rotativas.

Para conseguir rendimientos aceptables con lodos urbanos, se requiere que estos tengan una concentración en materias secas de al menos 4 %. Por otra parte, los lodos urbanos son de tipo compresible por su estructura coloidal, lo que obliga a realizar, previamente a su filtra-

ción, un tratamiento de acondicionamiento, de forma a reducir la resistencia específica del lodo a la filtración por debajo de 40×10^7 sg/gm. En estas condiciones los rendimientos normales de la filtración al vacío, con lodos de diferentes características, son las siguientes:

| | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Lodos primarios brutos | 20 - 60 Kg./cm. ² y hora. |
| Lodos primarios digeridos | 20 - 65 Kg./cm. ² y hora. |
| Lodos mezclados brutos | 10 - 50 Kg./cm. ² y hora. |
| Lodos mezclados digeridos | 10 - 50 Kg./cm. ² y hora. |
| Lodos mezclados elutriados | 20 - 50 Kg./m. ² y hora. |

La torta de lodos deshidratados contiene aún humedad del 65 al 80 %, sin embargo el lodo ya es manejable a pala, pudiéndose transportar con facilidad. Suponiendo que hemos partido de un lodo con un 5 % de sólidos y que en la filtración se consigue una torta con 75 % de humedad, resulta que por cada tonelada de lodo obtenemos:

Kg. de filtrado, 800; Kg. de Torta, 200; o sea, se ha reducido el peso a evacuar a un quinto del lodo inicial.

La instalación completa de filtración comprende, además del filtro propiamente dicho, la bomba de vacío, bomba de filtrado, botella de filtrado y equipos de acondicionamiento del lodo, mediante la dosificación de reactivos. La figura 8 representa un esquema de la ins-

talación. El conjunto de las instalaciones tiene un coste elevado de primera instalación y a menudo también de mantenimiento. Así, por ejemplo, un filtro con 10 m² de superficie filtrante con los equipos auxiliares señalados, tiene un coste que, según el modelo, está entre un millón y millón y medio de pesetas. El coste de mantenimiento entre energía y reactivos para un lodo mezcla digerido puede ir de 400 a 600 pesetas por tonelada de sólidos secos en la torta. En especial el coste de acondicionamiento más elevado resulta cuando los lodos secundarios proceden de instalaciones de depuración biológica por fangos activados. Los que proceden de filtros biológicos requieren mucho menor cantidad de reactivos de acondicionamiento.

Filtros prensa.

Este modelo de filtro de platos y marcos representado en la figura 9, es muy utilizado dentro del campo de la industria química e incluso para la deshidratación de lodos residuales industriales; sin embargo, son menos empleados en el campo de lodos urbanos.

Siempre que haya que tratar pequeñas cantidades de lodos que se originen de forma discontinua es interesante su aplicación. De lo

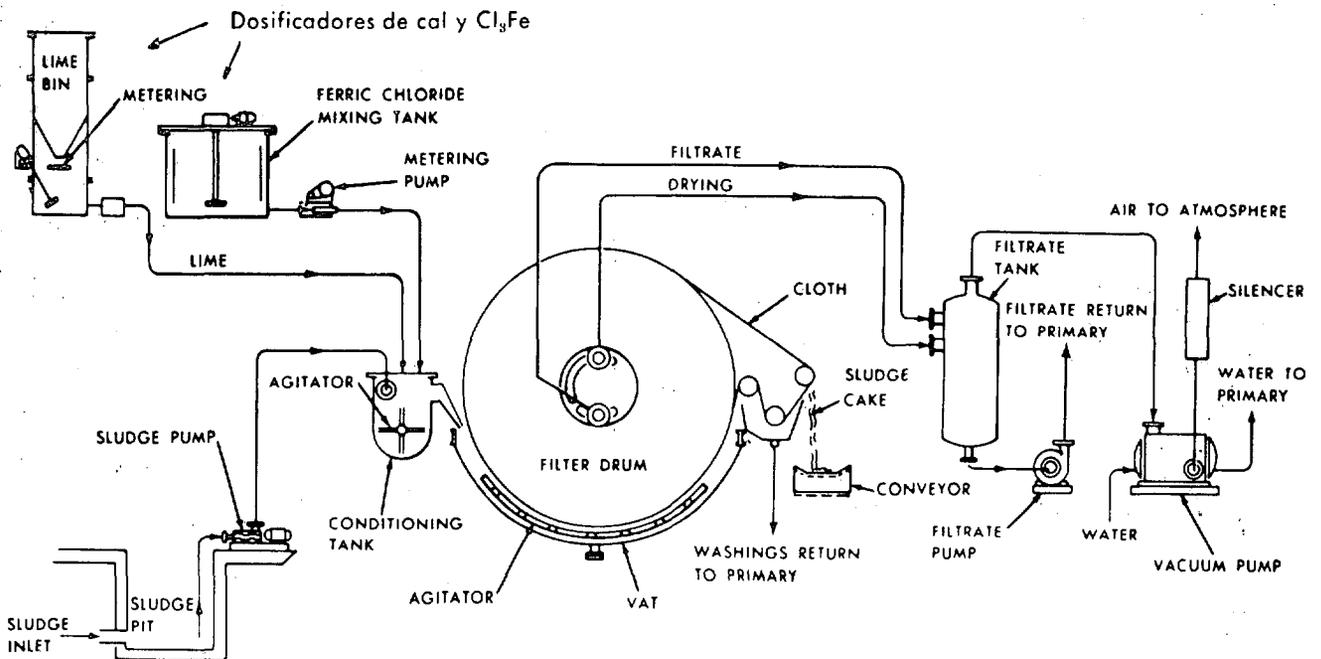


Fig. 8. — Esquema de instalación completa de filtración de lodos.

contrario, el coste de la mano de obra para montar y desmontar las placas, lavar las telas, etcétera, los hace de uso caro. En contrapartida, tienen la ventaja de un menor coste de primera instalación y que en la torta es posible reducir su humedad por debajo de la consigui-

adheren con mayor facilidad a la pasta que a la tela. Los lodos que entran con 2 al 5 % de humedad, salen formando una pasta con 12 al 15 % de sólidos.

El tambor inferior está construido de una tela de alambre fina, sobre cuya superficie exterior

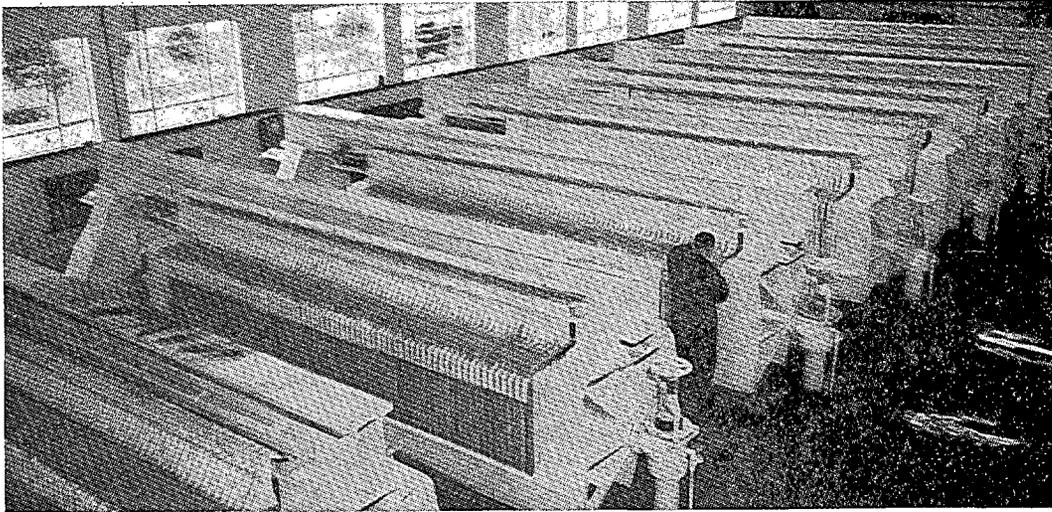


Fig. 9. — Batería de filtros prensa.

da con los filtros de vacío. Así con lodos urbanos se puede alcanzar el 50 % de humedad.

Centrifugación.

Los equipos y su funcionamiento son iguales a los descritos en el capítulo de concentración.

Equipos varios.

Dentro de los equipos especiales que se utilizan en deshidratación de lodos, hay varios que se han hecho conocidos a través de la literatura, de los cuales vamos a describir a continuación dos modelos:

Roto-Plug. — (De la firma Nichols). Figura 10. Consta de dos tambores que giran a unas 2 r.p.m.; uno superior revestido de una tela filtrante muy fina, en cuyo interior se introducen los lodos húmedos. Con la rotación se favorece el desprendimiento del agua de los lodos, y éstos van formando una pasta que va cayendo al tambor inferior. Las partículas del lodo no ciegan la tela filtrante por la pequeña presión con que actúan sobre ella y porque se

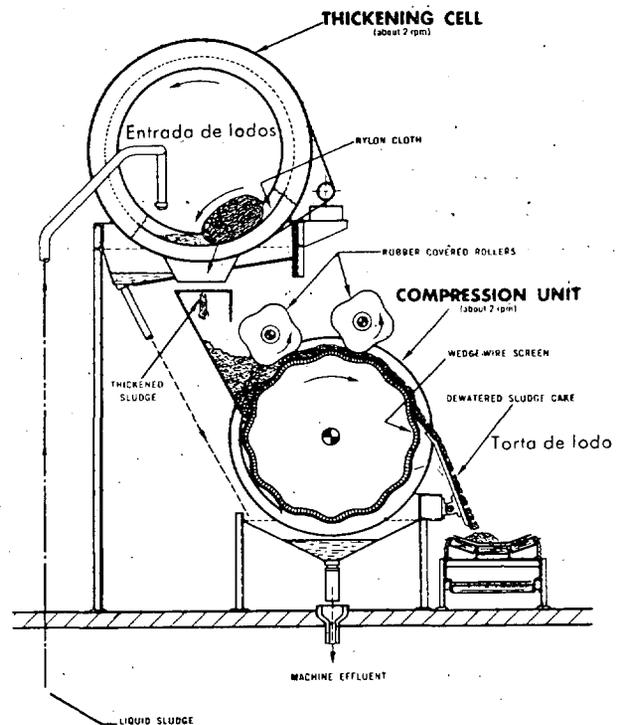


Fig. 10. — Roto-plug de Nichols.

se comprimen los lodos mediante unos rodillos de goma, que ejercen una presión contra el lodo de aproximadamente 1 Kg./cm². El líquido pasa a través de la tela, y el lodo se adhiere al tambor, para después desprenderse de él mediante unas rasquetas. La torta de lodo que se desprende contiene del orden del 25 al 35 por ciento de sólidos.

Cuando se tratan lodos primarios brutos no se requiere acondicionarlos, pero para mezcla de lodos primarios y secundarios frescos o digeridos, se requiere un acondicionamiento. En algunos casos se han obtenido muy buenos resultados mezclando los lodos urbanos con lodos residuales de papeleras, debido a que la fibrilla actúa de aglomerante.

Dual-Cell. — (De la firma Permutit, Co.). Figura 11. Es un sistema similar al descrito,

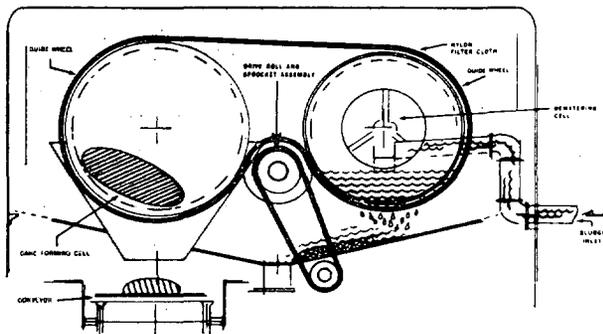


Fig. 11. — Dual-Cell de Permutit Co.

al menos en lo referente al primer tambor, pues en el segundo, la pasta que pasa del primero, se espesa y deshidrata en su interior sin la acción de una presión mecánica. La tela de filtración es la misma para ambos tambores, siendo la que transporta la pasta del primero al segundo tambor. Cuando la torta de lodo del segundo tambor alcanza un cierto tamaño, el exceso pasa por encima de un arillo cayendo a una cinta transportadora.

Acondicionamiento.

Adición de reactivos.

Los lodos urbanos y muchos industriales, tienen una estructura coloidal que los hace compresibles, de forma que son poco filtrables, cegando rápidamente el medio filtrante, y en

consecuencia, el sistema de filtración consigue un bajo rendimiento. Para evitar este inconveniente se añaden a los lodos reactivos floculantes, que rompen la estructura coloidal y le dan otra de carácter granular de mayor filtrabilidad, bajando por tanto su resistencia específica a la filtración. Como norma se recomienda que los lodos acondicionados tengan una resistencia específica a la filtración por debajo de 40×10^7 sg.²/gm. En ocasiones se consigue la floculación sin adición de reactivos, simplemente mediante un suave movimiento con un agitador de paletas.

Los reactivos más utilizados hasta ahora para el acondicionamiento, son las sales de hierro, en especial el cloruro férrico y la cal; si bien es la sal de hierro la que actúa, en general, de coagulante y la cal de ajuste de pH. Las cantidades varían según las características del lodo, siendo necesario realizar ensayos al objeto de definir las dosis convenientes. La tabla siguiente señala unos valores medios para lodos urbanos, expresados en tanto por ciento sobre el peso de materias secas de los lodos.

| | | | |
|---------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| Lodos primarios brutos | } | Cl ₂ Fe | 1,5 % al 4 % |
| | | CaO | 7 % al 12 % |
| Lodos primarios digeridos | } | Cl ₂ Fe | 3 % al 7 % |
| | | CaO | 5 % al 10 % |
| Lodos mezcla brutos | } | Cl ₂ Fe | 2 % al 6 % |
| | | CaO | 5 % al 10 % |
| Lodos mezcla digeridos | } | Cl ₂ Fe | 2 % al 5 % |
| | | CaO | 5 % al 15 % |

La referencia (8) señala que utilizando tan sólo un 1 % de cloridrato de aluminio se han conseguido resultados equivalentes a cuando se utiliza 15 % de cal y 10 % de sales de hierro.

En la actualidad hay una gran tendencia a desplazar estos reactivos por ayudantes de coagulación. Es muy conocido por esta aplicación el "Retén 205 M" de la firma Hércules Power. En las referencias (16, 17), se exponen diversos ensayos realizados utilizando los reactivos clásicos, ayudantes de coagulación o mezcla de ambos. En algunos casos se consigue reducir el costo total de reactivos cuando se utilizan los ayudantes. Este es el punto, que por ahora reduce la aplicación de los ayudantes, pues en general, tienen unos precios muy elevados, alcanzando algunos de ellos más de

350 pesetas/kilo. En consecuencia, a pesar de la pequeña dosis que se precisa, a menudo resulta cara su utilización.

El acondicionamiento también se utiliza previamente a la centrifugación de los lodos, consiguiendo aumentar su rendimiento, reduciendo el contenido de sólidos del líquido de rebose. Así la referencia (6) señala que en una planta de centrifugación de lodos digeridos, añadiendo unos 4 Kg. de ayudante primefloc "C-7" (de la firma Rhon and Hass) por tonelada de sólidos, se consiguió aumentar el rendimiento de la centrifugación desde el 75 al 90 por ciento.

una instalación de elutriación a contra corriente en dos pasos.

El dimensionamiento de los espesadores se realiza de acuerdo con bases similares a las definidas en la operación de espesamiento. Se fijan cargas de trabajo en materias sólidas entre 25 y 50 Kg./m² y día, con velocidades ascensionales entre 0,5 y 1 m/hora. El consumo de agua de lavado está entre 1,5 y 5 veces el volumen de los lodos. A menudo se utiliza como agua de lavado la propia agua depurada.

La elutriación consigue una reducción del consumo de coagulante y cal del orden del 40 y 70 %, respectivamente. No obstante este aho-

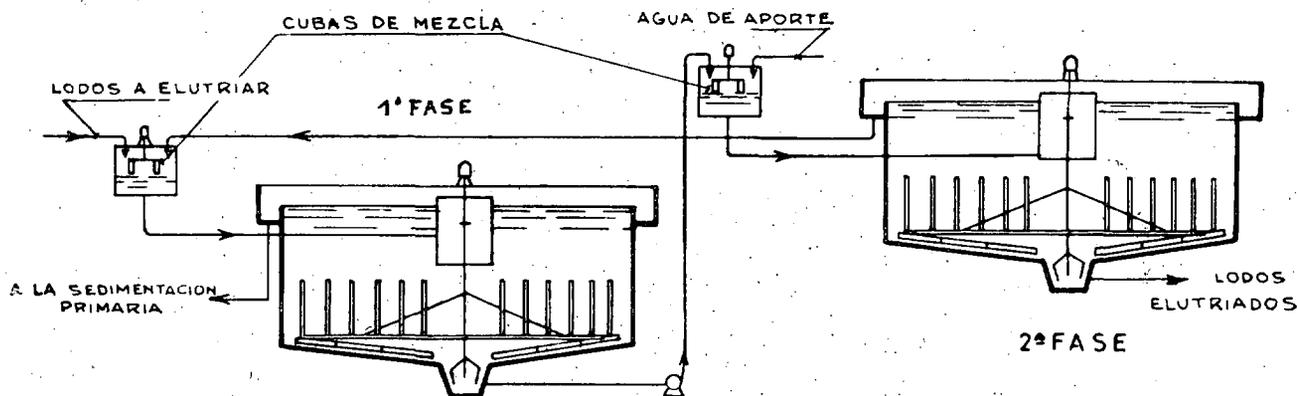


Fig. 12. — Esquema de elutriación de lodos.

Elutriación.

El fin de la elutriación es reducir la demanda en coagulante y, en consecuencia, de cal para el acondicionamiento químico de los lodos urbanos.

Los lodos digeridos contienen una gran alcalinidad, principalmente en forma de bicarbonato amónico. Esta alcalinidad provoca el consumo de una parte del cloruro férrico que se añade como coagulante.

La elutriación consiste en un lavado de los lodos con agua de baja alcalinidad. La operación se realiza mezclando los lodos con agua y pasando la mezcla a un decantador de rasquetas, del tipo espesador ya descrito. Esta operación se puede realizar en una única etapa o en varias en serie a contra corriente, consiguiéndose entonces un menor consumo de agua y una mayor eliminación de la alcalinidad. El esquema de la figura 12 representa

el uso de reactivo, no siempre interesa esta operación debido al costo de las instalaciones y la mano de obra para su funcionamiento.

Sinéresis de los lodos urbanos por calentamiento.

Cuando se calientan las suspensiones coloidales, la actividad térmica produce el escape de agua de la estructura coloidal del lodo, mejorando a su vez su filtrabilidad. Este fenómeno se conoce por sinéresis y se ha aplicado al tratamiento de lodos urbanos; especialmente en Inglaterra hay varias plantas que funcionan según este principio.

Con este procedimiento se elimina la necesidad de la digestión y acondicionamiento del lodo, previo a la filtración, para su deshidratación. A la vez se obtiene, una torta de lodo sin gérmenes patógenos y por tanto, sin peligro para su utilización en rellenos. También puede

utilizarse como combustible para conseguir las calorías que es preciso aportar al lodo.

Se han realizado numerosos ensayos al objeto de fijar la temperatura óptima de calentamiento, período a que debe mantenerse a esta temperatura y presión de trabajo. Esta debe ser tal, que sea superior a la tensión del vapor a la temperatura de calentamiento, para así evitar la ebullición de los lodos. La referencia (18) expone los resultados obtenidos en varios estudios llevados a cabo a escala piloto. A continuación los resumimos:

En todos los casos la torta de lodo deshidratado apenas presenta olor y es estéril.

Esta torta se puede utilizar como combustible para la producción del vapor de calentamiento preciso. En los ensayos realizados, las tortas obtenidas dieron un poder calorífico entre 1900 y 2300 Kc./Kg., con humedades entre 70 y 73 %.

En la referencia (19) se estudian dos instalaciones para llevar a cabo el tratamiento ensayado a escala de laboratorio, exponiendo incluso un estudio económico comparativo de las

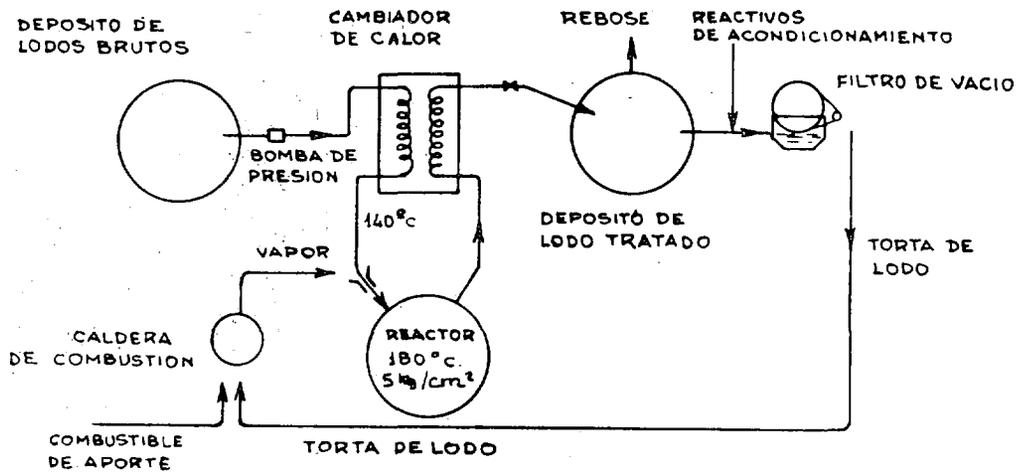


Fig. 13. — Esquema de instalación de calentamiento de lodos.

Los ensayos con lodos primarios han señalado que la temperatura óptima está alrededor de 170° C y que el tiempo de permanencia a esta temperatura debe ser al menos de unos veinte minutos. Los lodos tratados presentaron resistencias específicas del orden de 2×10^7 sg²/gm, valor bien por debajo de 40×10^7 sg²/gm, que se recomienda para filtrar los lodos. Está claro que con este tratamiento no se precisa el acondicionamiento previo de los lodos.

Los ensayos realizados con mezcla de lodos primarios y secundarios procedentes de plantas con filtros biológicos, no condujeron a resultados satisfactorios.

Los ensayos realizados con mezcla de lodos primarios y secundarios procedentes de plantas de fangos activados, dieron también buenos resultados con temperaturas de calentamiento alrededor de los 170° C y tiempos de permanencia de veinte minutos.

mismas. La solución más ventajosa es la representada en el esquema de la figura 13. A continuación exponemos los elementos de que consta y su funcionamiento:

Los lodos brutos se toman de un depósito y mediante una bomba modelo Moyno (cuyo rodete es un largo cilindro en espiral); se impulsan para su paso a través de la instalación. Primeramente pasan a través de un cambiador de calor en el que la temperatura de los lodos se eleva a 140°, a costa de los lodos calientes ya tratados que pasan por el mismo cambiador a contracorriente. Seguidamente pasan a un recipiente donde se inyecta vapor directo para elevar la temperatura de los lodos hasta 180°, permaneciendo aquí unos veinte minutos. Después de pasar por el cambiador de calor y la válvula de expansión, van a un depósito de almacenamiento de lodo tratado, en espera de la fase de deshidratación a realizar sobre filtros de vacío.

La firma inglesa "Farrer" experimentada en este tipo de tratamiento, ha construido para Morley (Yorkshire) una planta de funcionamiento automática según el esquema señalado, si bien difiere en que el calentamiento en el reactor no se realiza con vapor directo, sino de forma indirecta a través de unos serpentines. Además en dicha instalación, se deshidratan los lodos mediante filtros prensa, consiguiendo una torta con 40 a 50 % de materias secas, que se prevé utilizar como fertilizante.

Destrucción de la materia orgánica.

Digestión.

Es un procedimiento principalmente biológico, en el que mediante la acción de enzimas segregadas por las colonias bacterianas, contenidas en los propios lodos, se produce una degradación de compuestos complejos en sencillos, su solubilización, o sea licuación, y posterior gasificación. Sometiendo a la digestión los lodos residuales urbanos se consiguen las siguientes ventajas:

Conseguir lodos residuales no putrescibles para su más fácil eliminación. Alrededor del 50 % de la materia orgánica contenida en los lodos se destruye en este proceso.

Reducir el volumen de los lodos a eliminar por la destrucción de la materia orgánica señalada y porque además se consigue espesarlos.

Obtener en los lodos unas características que facilitan su deshidratación, mejorando el rendimiento de los filtros de vacío y prensa.

El proceso de digestión se realiza en tres etapas. En la primera, las enzimas realizan una descomposición de las sustancias con formación de ácidos orgánicos; en ella el pH de los lodos decrece, de aquí que esta etapa se denomine etapa ácida. Seguidamente los compuestos ácidos son atacados y descompuestos en formas más sencillas, solubles, esta fase se denomina de licuación. En la tercera etapa, se produce una descomposición de los compuestos anteriores en CO_2 , CH_4 y H_2O , elevándose el pH, por lo que se denomina fase alcalina. En un proceso bien llevado, se desarrollan simultáneamente las tres etapas, consiguiéndose un lodo con pH neutro o ligeramente alcalino. Tan sólo en el caso de que las condi-

ciones del proceso no sean las apropiadas, se puede producir un desequilibrio, con predominio de la primera etapa y retardo o inhibición de las posteriores. En este caso, el volumen de gases desprendidos se reduce y los lodos salen mal digeridos.

El conseguir las condiciones apropiadas requiere un adecuado control de numerosas variables, como:

Homogenización de la mezcla de lodos, para conseguir una adecuada siembra de las diferentes familias de colonias biológicas que desarrollan el proceso.

Periódica adición de lodos brutos a digerir.

Periódica extracción del líquido separado.

Periódica extracción de lodos digeridos.

El tiempo para conseguir una adecuada digestión depende de la temperatura a que se mantenga en los lodos, su concentración y otras variables. Hoy en día, se consigue reducir a menos de la mitad el tiempo de permanencia de los lodos en el digestor con relación al que se mantenía hace diez años. Con un sistema de digestión acelerada en una o dos etapas separadas, tal como el representado en la figura 14, con calentamiento de los lodos de la primera etapa a unos 30°C , el tiempo de permanencia de los lodos es a menudo inferior a veinte días. Se ha conseguido, por tanto, una notable reducción del volumen de los digestores, gracias a un especial cuidado en su diseño. Los digestores son algo más que un cajón para fermentación de lodos, como algunos aún proyectan.

De todas formas la digestión es una operación incómoda que se tiende a eliminar, sustituyéndola por otras como incineración, oxidación por vía húmeda, etc.

Digestión aerobia.

Este procedimiento se basa en la destrucción de la materia orgánica contenida en los lodos, por su asimilación por células biológicas, en un ambiente oxigenado. En el artículo que publiqué en esta Revista, en febrero de 1969, expuse de forma resumida la aplicación de este sistema en las plantas denominadas de oxidación total. Este proceso es sencillo y de bajo coste de instalación, pero debido al coste de la energía precisa para mantener en aeración el lodo, la utilización de este procedimiento se restringe a pequeñas plantas.

Por otra parte, en la digestión anaerobia se tiene la ventaja de producir unos gases combustibles que pueden aprovecharse. El tiempo de retención de los lodos en aeración y, por tanto, el volumen de los aparatos, cuando se utiliza la digestión aerobia, es menor que en la anaerobia, cuando ésta no es calentada y no se utiliza el proceso de digestión acelerada

65 % y cuando se utilizan filtros de vacío o centrífugas, salen con 75 al 80 %. Tan sólo cuando se utilizan filtros prensas u otros equipos especiales, con secado por calor, es posible obtener lodos con menos del 50 % de humedad.

La forma de eliminación de estas tortas de lodo deshidratado suele ser el utilizarlas como

DIGESTION

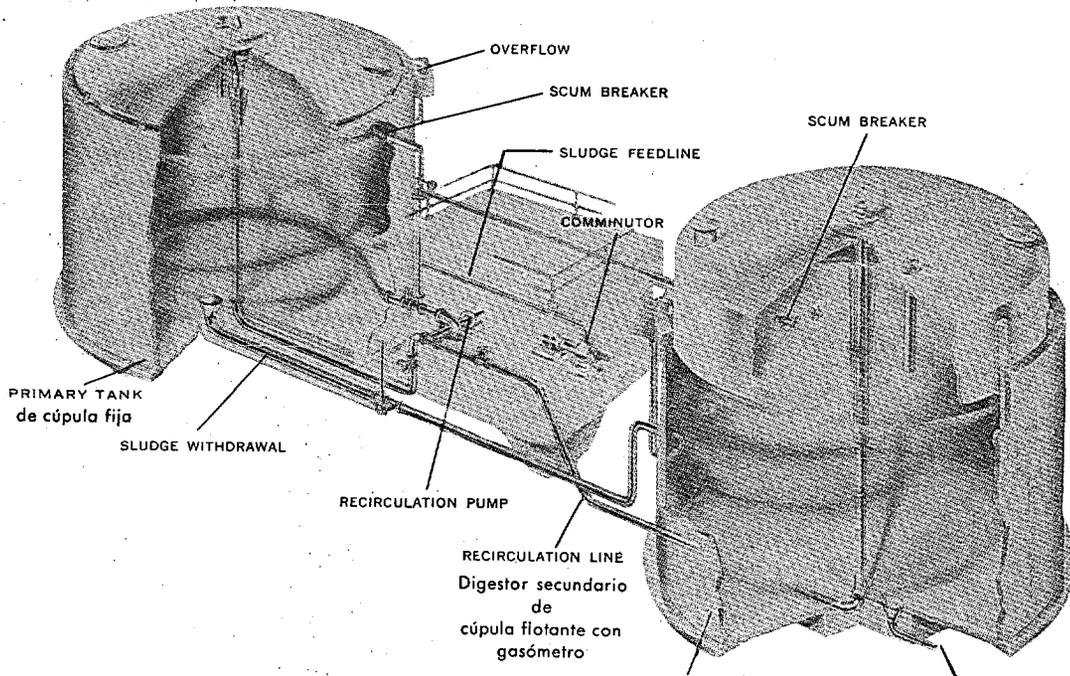


Fig. 14. — Digestión acelerada en dos fases.

ya expuesto. De lo contrario, ambos procedimientos precisan un tiempo de retención similar.

El volumen de los lodos digeridos de forma aerobia, es del mismo orden que en el caso que se utilice la digestión anaerobia, si bien los primeros son de mejores características. Debido a su menor resistencia específica a la filtración, se deshidratan más fácilmente; en consecuencia, se reduce la superficie que se requiere para las eras de secado.

Incineración.

Los lodos deshidratados en lechos de secado se retiran con una humedad del orden del

relleno o en algún caso se emplean para formar un compost fertilizante. No obstante, no es fácil contar con esta segunda solución, y la primera acarrea una serie de problemas, como su transporte, terreno disponible y peligrosidad, por ser un posible foco que atenta a la salubridad de los alrededores, salvo en el caso que se practique la sinéresis por calor que ya hemos descrito.

Por las razones expuestas existe una marcada tendencia a utilizar la incineración como sistema de eliminación de los lodos deshidratados. Con la incineración se obtiene un producto residual estéril, que tiene aplicación para rellenos, producción de cemento y como coadyuvante de los lodos a deshidratar.

El peso de las cenizas a eliminar es una fracción del orden de un octavo o menos del peso de los lodos deshidratados.

Sin embargo, no son sólo estas razones las que han empujado el desarrollo de la incineración, si no además por la posibilidad de eliminar la digestión de los lodos, operación frecuentemente incómoda. Hasta hace unos años la incineración se realizaba sobre lodos digeridos, pero en la actualidad se incineran sin digerir. Con la eliminación de la digestión se simplifica notablemente la línea de tratamiento de lodos y a la vez los lodos a incinerar tienen un mayor poder calorífico, pues contienen una mayor fracción de materia orgánica que no ha sido destruida en la digestión. Esta ventaja es especialmente reconocida en las plantas que reciben además de las aguas residuales urbanas, vertidos industriales que a menudo contienen compuestos que reducen e incluso inhiben el complejo proceso biológico de la digestión. En muchas plantas tan sólo por el efecto de la elevada concentración en detergentes no biodegradables, que se acumulan en los lodos, se producen serias dificultades en la digestión.

Bases de la incineración.

Las materias secas de los lodos residuales urbanos está formada de una fracción orgánica (compuestos de C, H y S) y otra mineral. La

El valor de la fracción orgánica del lodo, varía según que sea primario, secundario, mezcla de ambos, digerido o no digerido, tipo de tratamiento secundario (fangos activados o filtros biológicos), red de saneamiento unitario o separativa, etc., además existe una sensible diferencia de una ciudad a otra por las costumbres y desechos industriales que van a parar al alcantarillado.

Por estas razones varía ampliamente el contenido de materias orgánicas y humedad de los lodos a incinerar y, por tanto, su poder calorífico, del que depende, la necesidad o no, de combustible de aporte para conseguir una perfecta combustión. En el cuadro siguiente se indican algunos valores comparativos correspondientes a los lodos de una línea de tratamiento primario y secundario (fangos activados), con digestión y deshidratación en filtros de vacío, suponiendo una red de saneamiento reparativa. En las materias sólidas de los lodos deshidratados se ha tenido en cuenta un 10% de incremento, por la adición de los reactivos de acondicionamiento de los lodos.

Se observa que la relación entre el peso de lodos a eliminar con un tratamiento de digestión y deshidratación en filtros de vacío y el peso cuando se aplica la incineración es $\frac{0,202}{0,028} = 7,2$. En el caso que no realicemos la digestión de los lodos esta relación alcanza el valor de 10.

CUADRO

| | Residuo seco (gr./hab./día) | Por 100 de humedad | Peso Kg./hab./día | Fracción volátil |
|--|--------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Fangos frescos mezclados (primarios + secundarios) | 85 | 95,5 | 1,89 | 0,6 a 0,75 |
| Fangos digeridos | 55 | 93 | 0,79 | 0,4 a 0,6 |
| Fangos deshidratados | 60,5 | 70 | 0,202 | 0,4 a 0,6 |
| Cenizas de incineración | 28 | 0 | 0,028 | 0,01 |

primera fracción es por tanto combustible y es la que se trata de eliminar en la incineración. El calor de la combustión se aprovecha para desecar los lodos deshidratados y llevarlos a la temperatura de combustión.

Instalaciones de incineración.

La incineración de los lodos puede llevarse a cabo en instalaciones de diseño muy diferente. Los tipos más utilizados son los denomina-

dos: hornos de pisos, hornos de lecho fluidizado, hornos de atomización y hornos rotativos. Los dos primeros tipos, que son los más utilizados, se desarrollaron y siguen utilizándose para la tostación de pirita en las fábricas de producción de ácido sulfúrico. Los otros dos, también se fundan en modelos ya utilizados en otras aplicaciones.

La alimentación de lodo en los modelos primero, segundo y cuarto se realiza en forma de una torta con un contenido de sólidos del 20 al 30 %, en cambio, en los de atomización en forma de lodo con un 10 al 15 % de sólidos. En todos los casos interesa que los lodos tengan un alto poder calorífico, pues de él depende que se precise en su incineración el aporte de calorías suplementarias mediante un combustible auxiliar (gas, fuel-oil, etc.), o no. Por ello es interesante deshidratar los lodos al máximo y eliminarles las arenas antes de pasar a la incineración.

La puesta en marcha de los hornos se realiza calentándolos con un combustible auxiliar, y cuando el horno ha alcanzado la temperatura de régimen, se alimentan los lodos, a la vez que se van suprimiendo los mecheros auxiliares, hasta quedar con el mínimo para mantener las temperaturas necesarias para una buena combustión. Con lodos cuyo poder calorífico inferior es del orden de 3 600 a 3 800 Kc. por kilogramo, con humedades entre 70 y 75 %, no se precisa en funcionamiento normal el consumo de combustible auxiliar. Desgraciadamente, en la mayoría de los casos la torta de lodos urbanos tiene un poder calorífico inferior entre 2 300 y 3 600 Kc./Kg., lo que no obliga a la utilización del combustible auxiliar.

Los puntos delicados de las instalaciones de incineración, son la eliminación de cenizas y la depuración de los humos. En las instalaciones del tipo segundo y tercero, estos problemas se convierten casi en uno sólo, ya que el total de las cenizas salen arrastradas por los humos de la combustión. Estos humos antes de salir a la atmósfera deben depurarse para eliminar los sólidos en suspensión. Lo normal es utilizar ciclones seguidos de torres de lavado por una lluvia de agua a contracorriente con los humos. A este respecto, en gran parte de los Estados de U.S.A., se exige que los humos no arrastren más de 0,69 mg./l. de sólidos. Otro punto que merece atención, es que los humos no deben contener gases olorosos,

cuestión que parece resuelta en los modelos más utilizados.

Las cenizas debido al pequeño tamaño de las partículas (del orden de 50 micras) nor-

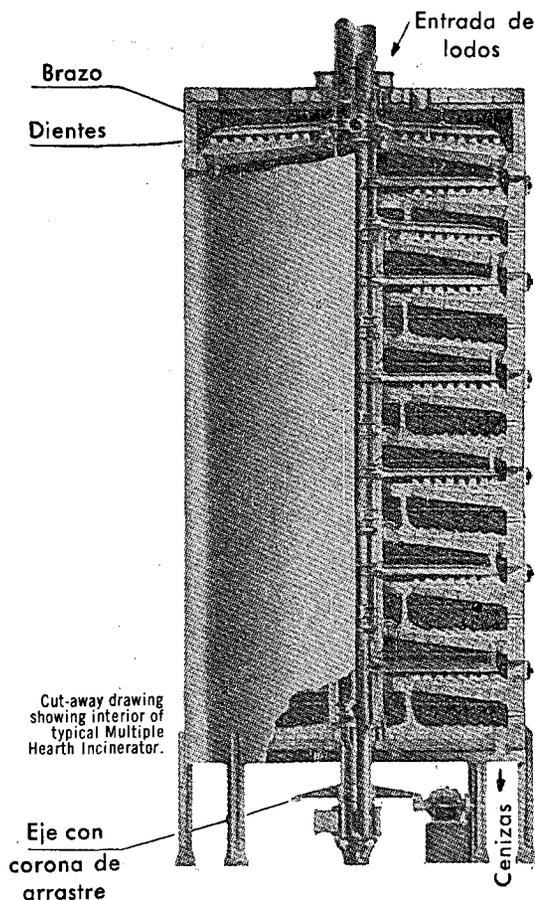


Fig. 15. — Horno de incinerar de pisos.

malmente se eliminan en forma hidráulica, bombeándolas a una balsa. Debido a sus características sedimentan rápidamente. De la balsa pueden extraerse para utilizarlas en rellenos, para los que son apropiadas por su drenabilidad.

Hornos de pisos. — Este tipo de horno fue concebido por Herre Hoff en 1890. La figura 15 representa este modelo de horno. Las firmas americanas Bartlerr, Snow-Pacific, Inc. y Nichols, son las más conocidas como constructoras de este modelo. El horno está constituido por una envuelta cilíndrica de chapa revestida interiormente de ladrillo refractario. En el interior, repartidos en la altura total, se disponen varios pisos, seis, ocho, o más

son normales. Atravesando de arriba abajo el horno, hay un árbol al que se fijan unos brazos, que a su vez llevan dispuestos unos dientes. Todo el conjunto gira movido por un grupo motorreductor situado en la parte inferior.

Los lodos en forma de torta, se alimentan en el piso superior. Los dientes de los brazos, en su movimiento los van repartiendo y trasladando según una trayectoria en espiral desde la periferia al centro del piso, cayendo por unas rendijas al piso siguiente. A su vez, en este piso, los lodos son empujados por los dientes suavemente hasta las aberturas de la periferia, cayendo al piso inferior. Así sucesivamente los lodos van pasando con un recorrido en zig-zag, de piso en piso, hasta salir del último en forma de cenizas.

El árbol central y brazos están refrigerados por una corriente de aire a presión. Este aire, así precalentado, es el que luego se utiliza en la combustión.

En el funcionamiento del horno se distinguen tres zonas. La superior de secado, donde se evapora la mayor parte de la humedad de los lodos, a una temperatura inferior a 77° C. Una zona intermedia, donde se realiza la combustión de la materia orgánica, a temperaturas entre 750° y 870° C. Los pisos inferiores constituyen la zona de enfriado de las cenizas antes de su evacuación del horno. La secuencia de estas tres zonas es siempre la misma, si bien el número y zona de los pisos donde se desarrollan, puede variar de acuerdo con el contenido de humedad y materias volátiles de los lodos que se alimentan.

Los gases calientes que se desprenden en la zona de combustión son los que a su paso por los pisos superiores ceden calor a los lodos entrantes. El continuo rastrillado de los dientes, va removiendo la capa de lodo, favoreciendo su contacto con los gases calientes. Los gases a la salida del horno tienen una temperatura entre 260° y 650° C, dependiendo de las características de los lodos. Estos gases a pesar de su baja temperatura, no contienen compuestos malolientes, debido a que no se producen en el régimen de marcha del horno. No obstante, en algunos casos se prevé un equipo de calentamiento de los humos de escape para que alcancen una temperatura del orden de 800° , a la que se produce combustión de los compuestos gaseosos malolientes que pudieran arrastrar.

Para este tipo de hornos la eliminación de las cenizas puede realizarse, además de en forma hidráulica, por vía seca mediante transportadores mecánicos o neumáticos.

El costo de primera instalación es elevado, superior a los otros modelos de hornos; sin embargo, el coste de mantenimiento es más bajo. Así para una población de 50 000 personas el costo del horno se eleva a 250 000 dólares. El coste de mantenimiento del horno es del orden de 5 dólares por tonelada de sólidos secos a incinerar. Por supuesto a estas cifras hay que sumar el coste y mantenimiento de la deshidratación de los lodos para tener el coste total de este sistema de eliminación de los lodos. Para la línea completa se puede estimar un coste de mantenimiento del orden de 9 dólares por tonelada de materias secas, y 30 dólares considerando el interés del capital invertido y los gastos de amortización de las instalaciones. Estas cifras se han tomado de las referencias finales, no siendo fácil realizar su equivalencia a pesetas.

Horno de lecho fluidizado. — Este tipo de horno está representado en la figura 16. Dorr-Oliver es la firma constructora más importante de este modelo, muy conocido a través del sistema "F. S.", que propone para la eliminación de lodos. En la figura 17 se representa la línea de tratamiento completa. En España hay varias instalaciones de tostación de pirita que utilizan este modelo de horno.

El horno está constituido por una cámara cilíndrica vertical revestida interiormente con una doble pared de ladrillo refractario. En la parte inferior lleva una placa metálica perforada (parrilla) por donde se distribuye el aire de fluidización y combustión, de forma uniforme, por la sección del horno. Además lleva una entrada de la torta de lodo a incinerar; otra para la alimentación del lecho de arena auxiliar; una salida de los humos y los mecheros auxiliares.

El funcionamiento de este horno es como sigue. Una vez calentado con los mecheros auxiliares hasta unos 800° a 900° C, se introducen los lodos, los cuales quedan en suspensión en la corriente de aire que entra por la parrilla formando lo que se denomina un lecho fluidizado. La corriente ascensional, tan sólo arrastra las partículas menos pesadas, que son las de cenizas, manteniéndose los lodos sin incinerar dentro del lecho. La violenta mezcla

que existe entre los gases y lecho fluidizado y la buena transmisión de calor entre ambos, produce una rápida evaporación de la humedad y la combustión, con tan sólo un 20 % de exceso de aire.

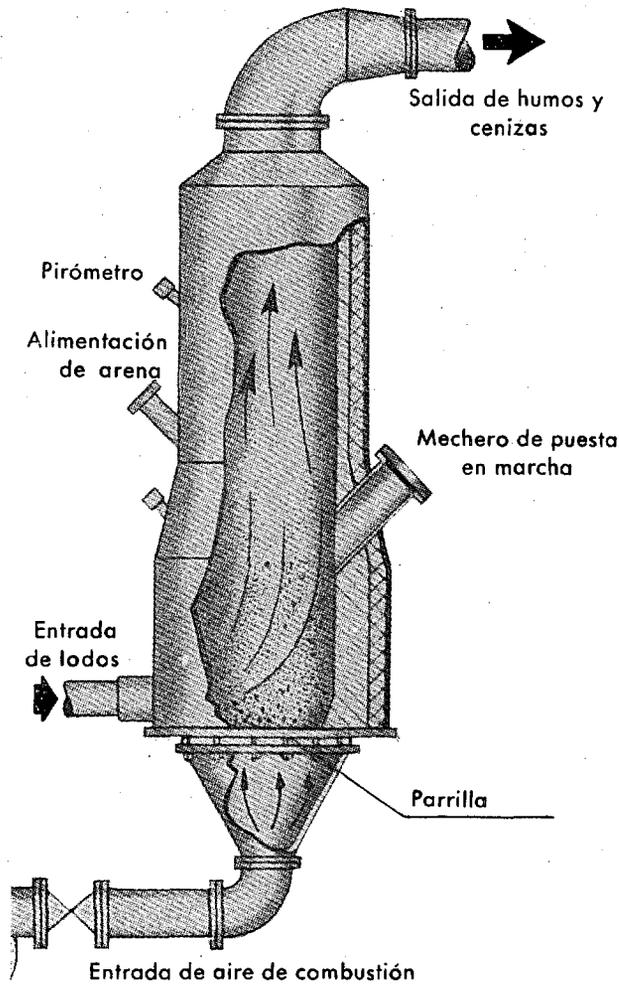


Fig. 16. — Horno de lecho fluidizado.

Como el tamaño de las partículas del lecho fluidizado, cuando sólo está formado por el lodo, es muy pequeña (del orden de 50 micras), la velocidad ascensional del aire deberá ser baja para evitar el arrastre de partículas que no hubieran sido incineradas. Esta baja velocidad se traduciría en una pequeña capacidad del horno por m² de sección. Este inconveniente se elimina utilizando la técnica del lecho auxiliar, cuyo funcionamiento consiste en introducir en el horno, previamente a los lodos, arena de granulometría de 0 a 5 mm., para for-

mar un lecho fluidizado auxiliar. Al introducir después los lodos, este lecho actúa de soporte sobre el que las partículas se adhieren en su incineración, para después desprenderse en forma de cenizas. De esta forma la velocidad ascensional del aire puede pasar de 0,1 a uno o dos metros por segundo, sin peligro de arrastre de partículas de lodo, aumentando la capacidad del horno. De vez en cuando hay que añadir una cierta cantidad de arena para mantener el lecho auxiliar.

Al pasar los gases que salen de la combustión por la parte alta del horno, donde se mantiene una temperatura del orden de 750°, se elimina la posibilidad de que contengan gases malolientes.

La ventaja de este tipo de horno con relación a los de pisos, es su flexibilidad de funcionamiento. Pueden funcionar tan sólo unas horas cada día, sin tener que apagarlo y volverlo a calentar, ya que conservan muy bien la temperatura.

La alimentación de lodo y aire de combustión, se regulan de forma automática de acuerdo con el intervalo de temperatura que se trata de mantener en el lecho (650° a 900° C) y el contenido de oxígeno de exceso que señala un analizador de los humos que salen por la chimenea.

Hornos de atomización. — Este sistema, muy utilizado en la industria química para el secado de materias sólidas, ha sido ensayado por la firma Permutit Co. para la incineración de lodos. El esquema de la figura 18 representa una instalación de este tipo. Su funcionamiento es el siguiente:

Los lodos con un contenido en sólidos entre 12 y 16 %, se inyectan en el horno a través de un sistema de pulverización que va montado en la parte superior. En la caída de las partículas, pasan por las zonas de calentamiento, evaporización y seguidamente por la de combustión. En la parte baja del horno está dispuesto un mechero auxiliar para mantener la temperatura de combustión, en el caso normal que el poder calorífico de los lodos no sea suficiente.

Con este tipo de horno se trabaja a temperaturas más elevadas que en los anteriores, alcanzándose los 1100° C. En este modelo se aprovecha el calor que radian las paredes, que son de acero inoxidable. Llevan por tanto el revestimiento refractario por el exterior; las pa-

Fig. 17. — Sistema Fluid-solids de eliminación de lodos.

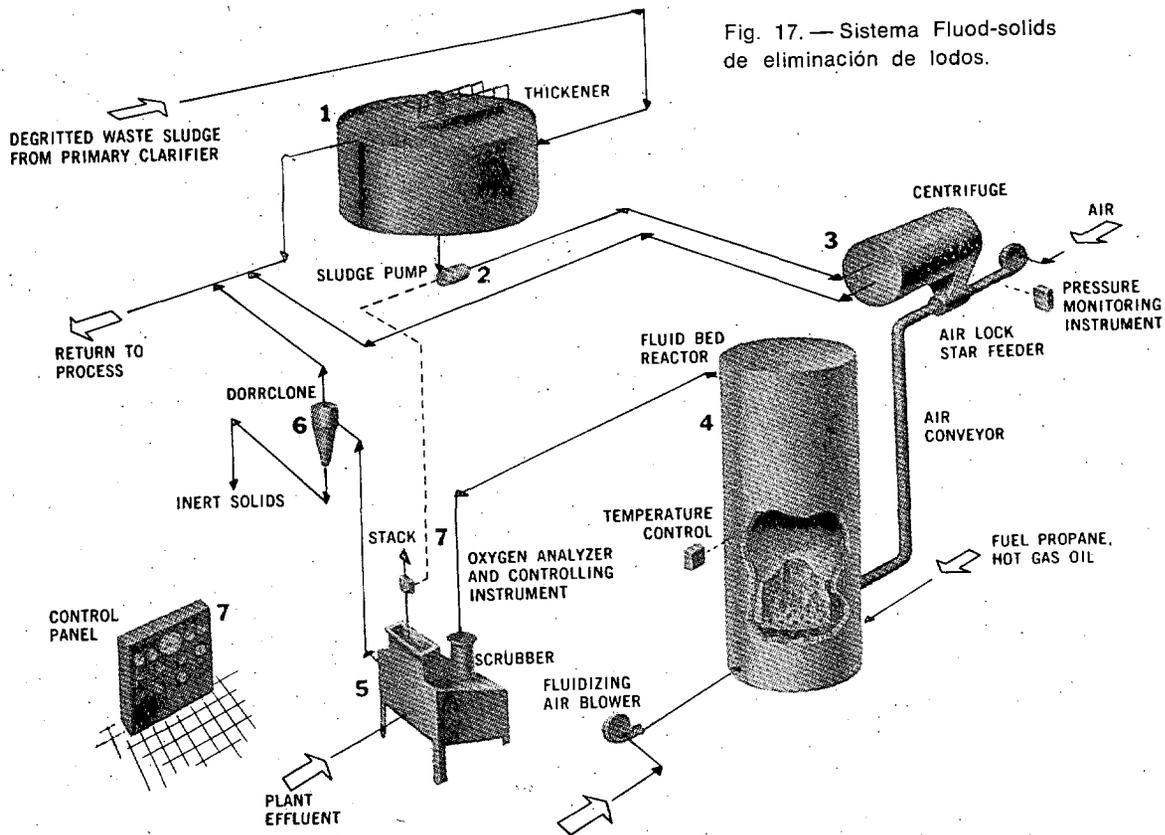
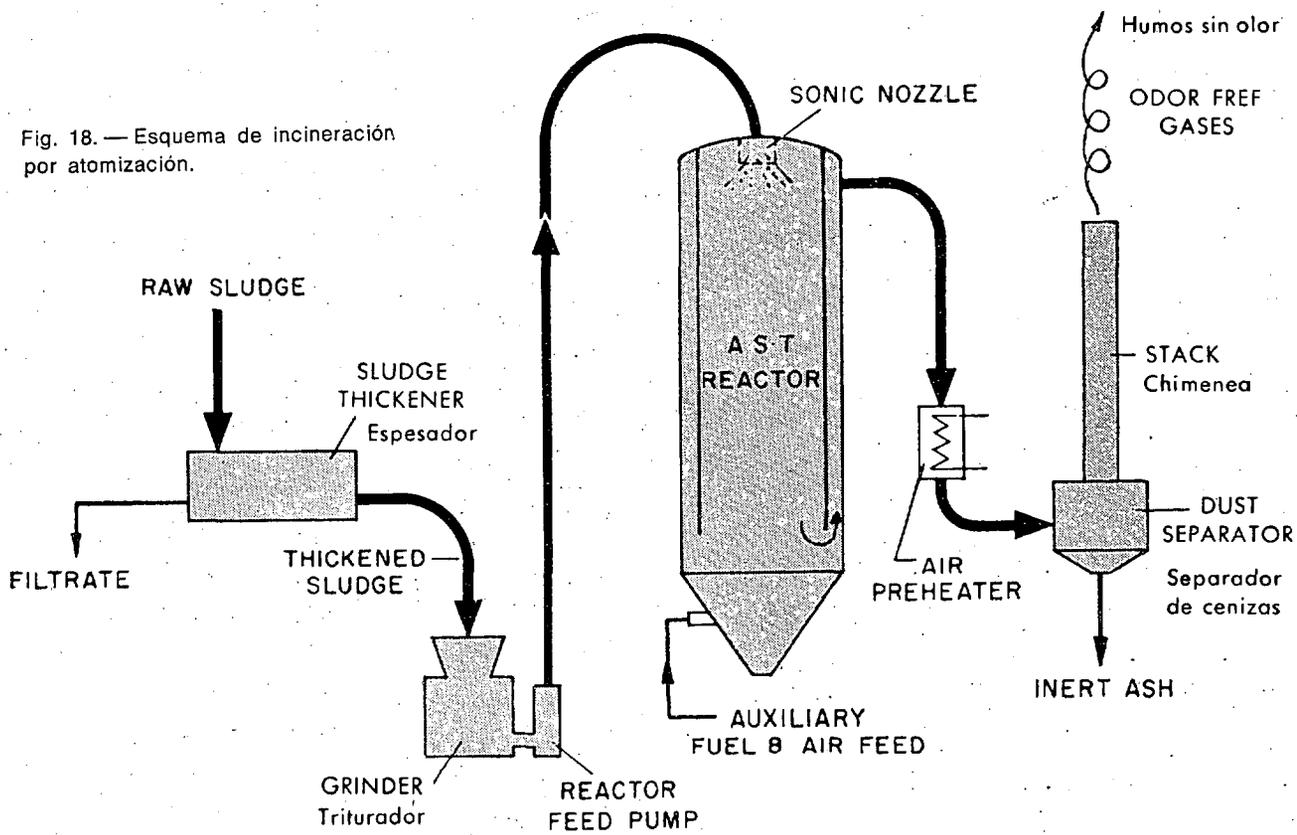


Fig. 18. — Esquema de incineración por atomización.



redes metálicas interiores deben mantenerse limpias, pues de lo contrario se reduce fuertemente su calor radiante.

Los humos que arrastran las cenizas se depuran en una torre de lavado (scruber), de igual manera que en las otras instalaciones.

Oxidación de los lodos por vía húmeda.

De entre los diferentes procesos de destrucción, por vía húmeda, de la materia orgánica que contienen los lodos, entre los cuales está

ción puramente químico que se desarrolla con gran rapidez, a diferencia de los procesos de oxidación bioquímica que resultan muy lentos. El modelo de la instalación precisa es semejante al que se utiliza para el tratamiento de síntesis por calor.

El grado de oxidación que se consigue depende de la temperatura y presión a que se somete la mezcla de lodos y aire en el reactor, pudiéndose alcanzar una reducción de la materia orgánica, expresada en demanda química de oxígeno, hasta del 88 %. Por supuesto cuan-

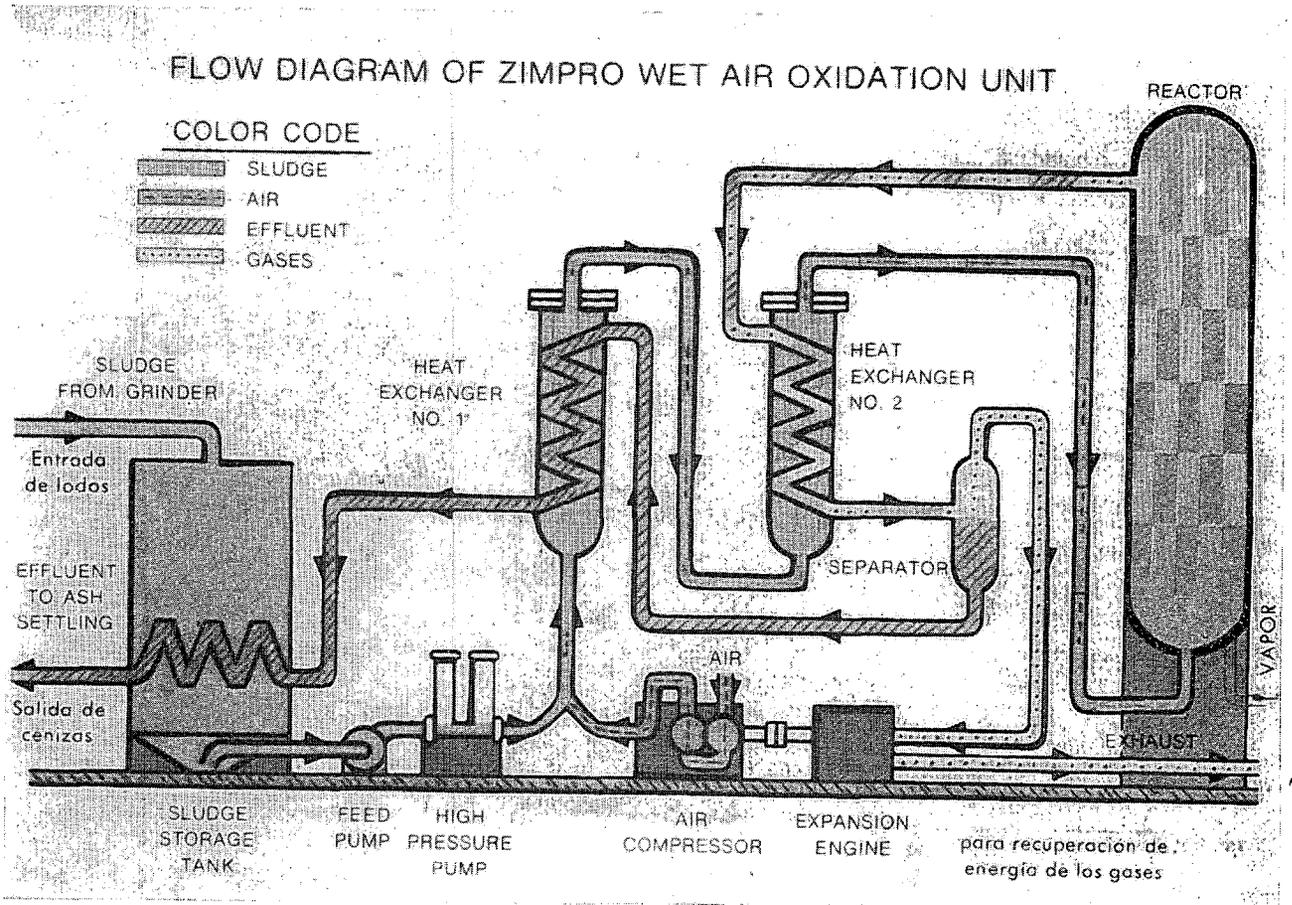


Fig. 19. — Oxidación por vía húmeda. Zimpro.

la digestión anaerobia y aerobia, hay uno en el que se lleva a cabo la oxidación de las materias a elevada presión y temperatura con aporte de oxígeno (en forma de aire). En la reacción se consigue pasar las materias orgánicas a CO_2 , N_2 y SO_2 , quedando un residuo mineral estéril en suspensión en un líquido claro que decanta con facilidad. Es un proceso de oxida-

to mayor grado de oxidación se desee, más compleja es la instalación precisa.

El esquema de la figura 19 representa una instalación según patente Zimpro, primera firma en el desarrollo de este proceso. La instalación comprende los siguientes equipos principales:

Una bomba que impulsa los lodos a presión a través de la instalación.

Un compresor que introduce el aire a presión junto con los lodos para su oxidación.

Uno o varios cambiadores de calor en los que los lodos y aire de oxidación se calientan hasta temperatura de 150° a 200° C, a la que entran en el reactor. A contracorriente pasan por el cambiador, la mezcla de gases y líquido con los lodos oxidados que salen del reactor a unos 260° C, cediendo su calor.

Un reactor donde tiene lugar la reacción de oxidación de los lodos, a una presión entre 10 y 200 Kg./cm². En el caso normal de que el poder calorífico de los lodos no sea muy alto, se requiere el aporte de calor para mantener la reacción. Este aporte se realiza mediante vapor que se introduce por la base del reactor, es pues preciso también una caldera para la producción del vapor, que al menos será imprescindible en la puesta en marcha de la instalación.

Un separador de los productos de la reacción. Por una parte se separan los gases formados CO₂, N₂, SO₂ y por otra, el líquido con los sólidos no oxidados.

Los gases, si es que la operación se realiza a gran presión, se hacen pasar por una turbina para recuperar su energía, aprovechándola para el movimiento de las soplantas de aire de oxidación.

La separación del líquido claro de las materias residuales de la oxidación se realiza fácilmente por decantación. Las materias residuales, tienen una estructura que confiere a los lodos una buena drenabilidad y lo que es similar, filtrabilidad. Podemos decir que su estructura es intermedia entre la que se consigue en los lodos tratados por sinéresis en caliente y las cenizas de la incineración. La resistencia específica de los lodos, característica que nos da un índice de su filtrabilidad, da valores por debajo de 10×10^7 sg.²/gm., cuando el grado de oxidación está por encima del 20 %. Este valor es muy aceptable teniendo en cuenta la cifra de 40×10^7 sg.²/gm., que se recomienda no superar en los lodos acondicionados antes de pasarlos a la deshidratación mecánica. Por este motivo, la deshidratación de estos lodos oxidados no presenta ningún problema, pueden utilizarse filtros de vacío o simples lechos de secado. La torta residual no desprende ningún olor, siendo además estéril.

Este procedimiento puede aplicarse también

acoplado con una digestión previa de los lodos, utilizando un reactor de funcionamiento a baja presión. En este caso los gases combustibles de la digestión, se aprovechan para la generación del vapor auxiliar a introducir en el reactor.

BIBLIOGRAFIA

1. *Sludge Disposal by Barging to Sea*. Water and Sewage Works. R. N., 1967
2. *Liquid Digested Sludge as a Manure*. Water and Wastes Treatment, marzo-abril 1965.
3. *Sanitary District Puts Sludge to Work in Land Reclamation*. Water and Sewage Works, septiembre 1968.
4. *Sewage Treatment Plant. Sludge Concentration*. Water and Sewage Works. Reference Numbere, 1966.
5. *Research and Operational Experience In Sludge Dewatering*. Chicago M. S. D. Water and Sewage Works. R. N., 1966.
6. *Sludge Concentration at Norton*. Water and Wastes Treatment, noviembre-diciembre 1967.
7. *Dual Purpose Centrifuging at Treasure Island, Fla.* Water and Wastes Engineering, septiembre de 1966.
8. *Sewage Sludge Dewatering*. Water and Wastes Treatment, mayo-junio 1968.
9. *Sewage Plant Equipment; Sludge Disposal*. Water and Sewage Works. R. N., 1966.
10. *Bird Solid Bowl Centrifugal*. Bird. 6/M/1/67.
11. *Centrifuge for Dewatering Sludge*. Water and Wastes Engineering, abril 1968.
12. *Advances in the Centrifugal Dewatering*. Water and Sewage Works. R. N., 1967.
13. *Centrifugal Dewatering of Waste Sludge*. Water and Sewage Works, enero 1968.
14. *Dewatering Activated Sludge by Two Stage Centrifugation*. Water and Sewage Works, noviembre 1967.
15. *Vacuum Filtration Solves Problem of Water Softening Sludge*. Water and Wastes Engineering, julio 1968.
16. *Raw Sludge Disposal by Vacuum Filtration*. Water Works and Wastes Engineering, septiembre 1965.
17. *Sludge Filtration Studies*. Water and Sewage Works, febrero 1953.
18. *Polyelectrolyte Conditioning of Sludge*. Water and Waste Engineering, agosto 1967.
19. *Chemical Conditioning of Sludge: Six Cases Histories*. Water and Waste Engineering, febrero 1966.
20. *Heat Syneresis of Sewage Sludge. Part 1*. Water and Sewage Works, mayo 1968.
21. *Heat Syneresis of Sewage Sludge. Part 2*. Water and Sewage Works, junio 1968.

22. *Improved Sludge Digestion is Possible.* Water and Waste Engineering, agosto 1968.
23. *Evaluation of Digester Performance.* Water and Sewage Works. R. N., 1966.
24. *Fundamentals of Sludge Digestion.* Water and Sewage Works, febrero 1961.
25. *Digested Sludge by Aeration.* Water Works and Wastes Engineering, septiembre 1965.
26. *Incineration. The State of the Art.* Water and Sewage Works. R. N., 1967.
27. *Sludge Disposal by Dewatering and Combustion.* Water and Wastes Engineering, octubre 1967.
28. *Flash Drying and Incineration.* Water Works and Wastes Engineering, septiembre 1965.
29. *Incineration. Multiple Hearth Furnace.* Water and Sewage Works, agosto 1967.
30. *Multiple Hearth Incineration.* Water and Waste Treatment, julio-agosto 1968.
31. *La Combustion en Couche Fluidisée des Boues D'épuration.* CEBEDEAU, agosto-septiembre, 1968.
32. *Fluidized Sewage Sludge Combustion.* Water Works and Wastes Engineering, septiembre 1965.
33. *Atomized Suspension Technique Incinerates Sewage Sludge.* Water Works and Wastes Engineering, septiembre 1965.
34. *Low-Cost Oxidation of Sewage Sludge.* Technical Paper-651. Zimpro.
35. *Wet Air Oxidation Process.* Water Works and Wastes Engineering, septiembre 1965.