

Secado de lodos de EDAR: Soluciones a pequeña escala

Cada vez hay más empresas de tamaño mediano que necesitan instalar una pequeña depuradora físico-química para tratar sus aguas residuales. Estas depuradoras generan grandes cantidades de lodos que necesitan un postratamiento antes de su disposición final. En estos casos el presupuesto suele ser limitado, y es difícil encontrar soluciones a bajo precio adaptadas a caudales pequeños y medianos. En el siguiente artículo, Elena San Juan Grande y Joaquim M. Braso Manen, del Grupo Emison, presentan dos posibles soluciones para este tipo de aplicaciones: el secado de lodos mediante centrifugas verticales o sacos filtrantes.

Secado de lodos

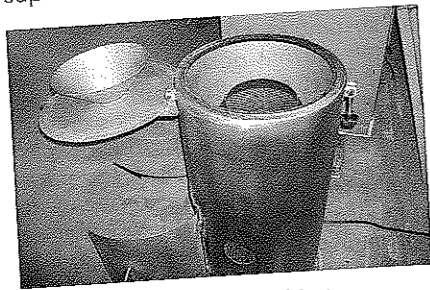
Una de las etapas imprescindibles en el tratamiento de lodos es el secado. Con esta operación se disminuye el peso y volumen de los mismos, lo que facilita y abarata su posterior transporte y gestión. Tanto si son lodos que se pueden compostar (para su posterior uso en agricultura o en remediación de suelos), como si son lodos que acabarán en un vertedero o en una incineradora, es preciso reducir su contenido en agua.

Planteamos varias soluciones para el secado de estos lodos:

Centrifugas verticales

Estos equipos permiten alcanzar hasta un 50% de materia seca. Concebidas para el secado de pequeñas cantidades de lodos, pueden tratar de 250 a 1.000 l/h de fangos. El proceso consiste en una decantación en un contenedor cilíndrico vertical que gira a gran velocidad; esta rotación origina un campo centrífugo que hace que el lodo sea empujado contra las paredes interiores del cilindro, donde un saco filtrante de tela permite el paso del agua y limita el paso del lodo. El agua que sale del cilindro interior pasa al cilindro exterior y se evacua mediante un conducto situado en la parte inferior.

El funcionamiento es en régimen semicontinuo: los lodos se bombean mediante una manguera por la parte superior mientras el motor está en



Centrifuga con las tapas abiertas

funcionamiento y el cilindro interior gira. A medida que el cesto se va colmatando en lodos, el motor aumenta su consumo. Cuando se alcanza el valor máximo se activa una alarma que indica que el equipo está lleno. El equipo de control envía una señal a la electroválvula encargada de cerrar el paso de lodos. El temporizador también se activa al alcanzar el valor máximo y una vez transcurrido el tiempo programado para el escurrido, se detiene la centrifuga y se activa una alarma acústica y luminosa que indica al operario que debe proceder al cambio de cesta filtrante.

La salida del líquido se realiza de forma continua y automatizada y se reenvía, mediante una bomba o por gravedad, a cabeza de la instalación. La salida del sólido, a máquina parada, se efectúa por la parte superior, de forma manual. La cesta filtrante colmatada se retira y se extraen los lodos. La cesta puede reutilizarse hasta 20 veces.

Sacos filtrantes

La segunda propuesta es la utilización de sacos filtrantes. Este sistema de secado de fangos consiste en una filtración que utiliza un continente (el saco) de un material poroso que permite el paso del agua y el aire de secado y retiene los fangos. Estos sacos, gracias a sus características estructurales, son resistentes a los compuestos químicos y mecánicamente tenaces. El sistema está formado por un bastidor, donde se cuelgan los sacos filtrantes.

La fase de filtración en estos equipos puede ser automática o manual y su llenado se realiza por gravedad o mediante una bomba helicoidal. La filtración natural del saco puede optimizarse aportando aire a una presión de 0,2-0,3 bar por medio de un compresor.

El equipo recibe los fangos previamente floculados por la parte superior y los

reparte por medio de un sistema de conductos y válvulas dentro de los sacos: La filtración se realiza en diversos ciclos controlados mediante dos sondas de nivel, una para el nivel máximo y otra para el nivel mínimo. Por medio de una válvula neumática o motorizada se regula la entrada secuenciada de los fangos, optimizando así la capacidad del saco. Rápidamente se forma una masa en la parte inferior de los sacos permitiendo un filtrado claro del líquido, que se recoge en el depósito de la parte inferior del módulo y se conduce a cabecera de planta.

Cuando la fase de filtración termina, los sacos están llenos de una suspensión fangosa muy espesa, con un contenido en materia seca del 15 al 20%; son separados del módulo y cerrados herméticamente, pudiendo ser apilados en palets, para una fácil eliminación posterior. Los medios filtrantes que utilizamos son telas sin tejer, fabricadas por vía seca. Gracias a su bajo precio pueden ser desechadas.

Durante la fase de almacenamiento al aire libre (eras de secado), la deshidratación continúa de forma natural pudiendo alcanzarse al cabo de 20 días sequedades del orden del 30%, lo que significa un ahorro importante, tanto por su eliminación (costos de transporte) como por su sencilla manipulación. Este sistema, con capacidad desde 100 hasta 1.000 l/día, tiene un diseño modular que permite ampliar la capacidad de depuración de forma sencilla.



Instalación de sacos filtrantes en bastidor

Secado solar de lodos de depuración. El proceso Thermo-System y su aplicación en la planta de Tirme, S.A. (Mallorca)

Una de las mayores plantas de secado solar de lodos del mundo se encuentra en Palma de Mallorca y es gestionada por Tirme, S.A. La instalación, en funcionamiento desde agosto de 2008, ha sido diseñada para el secado de 30.000 t/año de lodos deshidratados hasta el 80% de MS y cuenta con 12 cámaras de secado con un área total de secado de 18.000 m². La tecnología de secado ha sido proporcionada por la empresa Thermo-System, especialista en energía solar de secado de lodos, en UTE con la compañía Ingeniería Proyectos Navarra. La planta dispone de 24 Topos Eléctricos® y un sistema de control climático que gestiona el proceso de secado con la finalidad de obtener una eficacia óptima en cualquier condición meteorológica.

Dr. Guillermo Lacarra (Gerente Ingeniería Proyectos Navarra, S.L.)
Dr. Steffen Ritterbusch, Stuttgart (Gen. Manager Thermo-System)

Introducción

El producto final de la depuración de aguas residuales son el agua depurada y un concentrado más o menos líquido: los lodos de depuración. El volumen de estos lodos es enorme ya que contienen más del 95% de agua. Dicho volumen se puede reducir significativamente aplicando diferentes métodos mecánicos, aunque el contenido de agua sigue siendo importante. Dependiendo del método aplicado y de la inversión realizada, se puede llegar a lodos con un contenido de agua entre 70 y 80%. Esto significa que la cantidad de agua restante en los lodos que requiere transporte y gestión es todavía muy alta, y que cualquier tipo de almacenamiento temporal es complicado. Además, cada kilo de agua que permanece en los lodos restringe su uso, y su gestión implica altos costes.

En el lodo se pueden además encontrar concentrados productos tóxicos como por ejemplo, metales pesados, restos de medicamentos, de productos

químicos para el uso doméstico, etc. así como agentes patógenos. Por estos motivos, la eliminación de los lodos de depuración resulta en toda Europa cada vez más compleja y costosa. De hecho ya en muchos países, el tratamiento y eliminación de los lodos de depuración supone hoy en día el factor principal del coste en el tratamiento global de aguas residuales.

En el futuro se prevén más limitaciones y un aumento progresivo de los costes de eliminación de los lodos de depuración debido a que:

- Las nuevas regulaciones de la UE excluirán a medio plazo el depósito en vertedero de lodos de depuración.
- El reciclaje del lodo de depuración como abono para su uso agrícola estará sometido cada vez a mayores restricciones, y en varios países está decreciendo considerablemente su aceptación por parte de los agricultores y de la industria agroalimentaria.
- La utilización de lodo de depuración para regeneración de terrenos es, según la opinión de muchos expertos, un modelo en vías de desaparición

porque no aporta a las superficies únicamente elementos útiles, sino también grandes cantidades de productos tóxicos.

- La incineración de los lodos deshidratados mecánicamente es únicamente posible mediante una combustión con apoyo de energía complementaria.
- Los trayectos y recorridos tienden a ser más largos y los costes de transporte aumentan.
- Los costes energéticos crecientes provocan que el secado térmico convencional se vuelva cada vez más difícil de justificar económicamente.

A diferencia de los lodos deshidratados mecánicamente, los lodos secados son biológicamente estables, su contenido de agua es mínimo, no huelen y son aptos para todo tipo de gestión final: incineración, agricultura, re cultivo y otros. Las tecnologías de secado convencionales implican sin embargo inversiones muy importantes y consumen mucha energía, motivo por el que hasta ahora el secado de lodos ha sido considerado solamente viable para plantas depuradoras grandes.



Figura 1. Vista panorámica de la planta de secado solar y del Parque de las Tecnologías Ambientales

Proceso Thermo-System

El proceso patentado Thermo-System para el secado de lodos de depuración se caracteriza por una inversión económica y gastos de operación extremadamente bajos. La alta rentabilidad de las plantas de secado Thermo-System es el resultado de muchos años de desarrollo y optimización de los productos en aspectos relativos a los costes de operación, rendimiento de secado y fiabilidad.

La empresa Thermo-System Industrie & Trocknungstechnik GmbH fue fundada en 1997 y es hoy uno de los líderes mundiales del mercado en el campo del secado solar de lodos de depuración. La gama de productos abarca desde secadores puramente solares, a plantas de secado que además de la energía solar, utilizan también fuentes complementarias de calor externo a temperaturas bajas, disminuyendo así los requerimientos de superficie.

Con más de 100 plantas de secado construidas de los tamaños más diversos, Thermo-System dispone de una extensa experiencia en el campo del secado solar. La investigación y el desarrollo continúan siendo actualmente una prioridad para esta compañía, permitiendo así ampliar y mejorar el desarrollo tecnológico de sus productos y poder por tanto ofrecer soluciones adecuadas para cada caso concreto a partir de unos antecedentes con un fundamento científico claro.

Gestión de lodos en Mallorca

En el Plan Director Sectorial para la Gestión de Residuos de Mallorca de 2006 figuran las necesidades a satisfacer, los problemas que trata de resolver y los

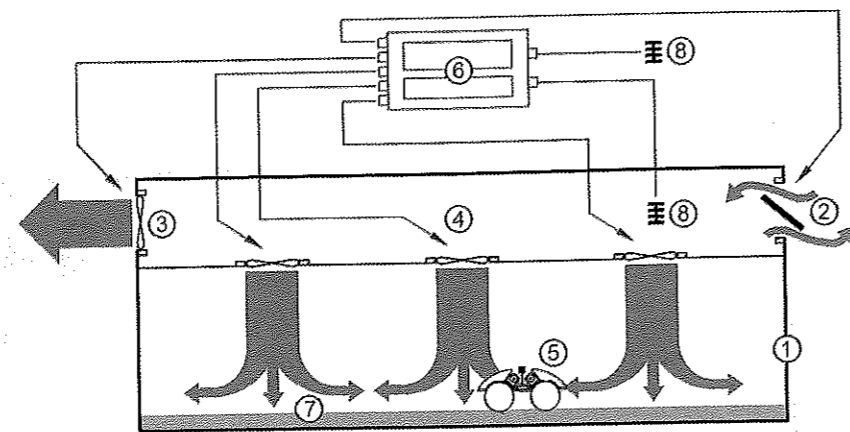


Figura 2. Esquema de funcionamiento del proceso Thermo-System

- 1. Cobertura transparente tipo invernadero
- 2. Compuerta de ventilación
- 3. Intercambio de aire con ventiladores
- 4. Ventiladores de recirculación
- 5. El "Topo Eléctrico"
- 6. Sistema de control del clima
- 7. Lodos de depuración
- 8. Sensores climáticos
- 9. Solera

factores de ámbito social, técnico, económico y administrativo a tener en cuenta para la gestión de los residuos en general y de los lodos en particular. Asimismo, dentro del Plan se establecen los objetivos, requisitos técnicos mínimos a cumplir y los datos e hipótesis de cálculo sobre los cuales se diseñó la planta de secado solar para lodos provenientes de las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).

El proyecto se desarrolló por tanto a partir de la descripción y características para la Planta de Secado Solar de Lodos de EDAR según se expone en el mencionado Plan Director Sectorial para la Gestión de los Residuos Urbanos del Consell de Mallorca.

La planta de secado solar de lodos que se describe a continuación se encuentra adscrita al servicio del Consell de Mallorca y es gestionada por Tirme,

S.A., estando ubicada en el "Parc de las Technologies Ambientales" sito en la carretera de Sóller.

Descripción técnica

Principio de funcionamiento

El proceso de secado solar se realiza en el interior de cámaras de secado tipo invernadero, donde se aprovecha la transformación de la radiación en calor. El secado se realiza por tanto por el aumento de temperatura y el movimiento/intercambio de aire, siendo el equipo clave el Topo Eléctrico®.

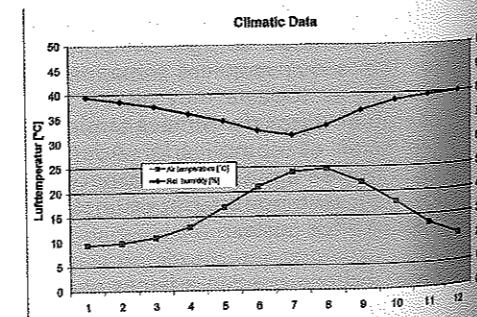


Figura 3. Datos climáticos de partida (T y HR)

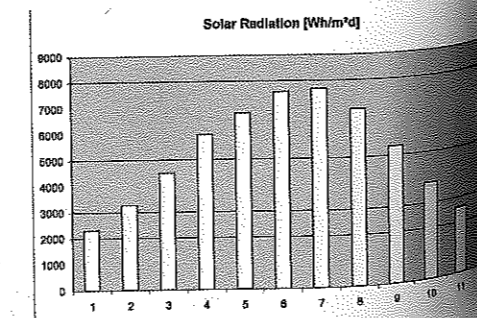


Figura 4. Datos radiación solar (Wh/m² día)

Depuradora	Dimensión: 600.000 h-e Carga de lodo: 30 000 t/año con 20-30% MS Estabilización: Variable
Secado	Objetivo MS: 60 - 80% MS, todo el año Material a secar: Aprox. 30 000 t/año
Datos de la planta	Superficie total: 20.000 m² Cubierta de la nave: Cristal
Trabajo	Alimentación mediante pala mecánica Secado totalmente automático Vaciado con pala mecánica con vertido del material de secado directamente sobre camión
Medio ambiente	Volumen de transporte escaso Incineración con recuperación energética Se evitan emisiones de CO ₂

Características técnicas planta Tirme, S.A.

Las características técnicas de la planta de secado solar de lodos de EDAR gestionada por Tirme, S.A. se describen en la Tabla 1.

Tecnología de la planta

Hay varios factores que resultan de una importancia decisiva para conseguir un secado efectivo. El control del proceso totalmente automático de las plantas permite mantener en un punto óptimo y de manera constante todos los valores mencionados, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas reales y las propiedades del lodo.

Regulación climática

Un dispositivo central de regulación y mando procesa todos los datos climáticos, regula y controla todos los componentes, y optimiza el proceso de secado en función de las condiciones meteorológicas y el estado del lodo.

El sistema central de control procesa los datos medidos de forma continua, regula y supervisa el funcionamiento de todos los componentes, y optimiza el proceso de secado en función de las condiciones climáticas y el estado del lodo a lo largo del proceso de secado. Se consigue por tanto que todos los factores que afectan al proceso se mantengan en sus niveles óptimos, minimizando así los tiempos de operación y por tanto el consumo energético de la instalación completa.

La regulación climática Thermo-System es el resultado de muchos años de investigación continua en este campo, y de la aplicación de la experiencia práctica de numerosas plantas en operación.

Técnica de volteo

Thermo-System dispone de una tecnología eficaz para el volteo del lodo: el

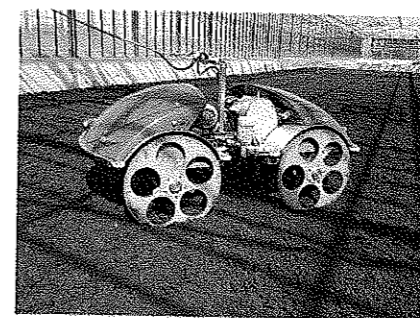


Figura 5. Topo Eléctrico®

Topo Eléctrico®. Se trata de un robot totalmente automático, realizado en acero inoxidable cuya misión es mezclar, voltear y desplazar el material a secar. El Topo Eléctrico®, con numerosos premios, es una solución robusta, fiable y eficaz.

Con el fin de asegurar un secado eficaz y de evitar la formación de malos olores, el lodo es volteado y ventilado hasta 30 veces al día. Para ello se adapta la intensidad de tratamiento al avance del secado y a las condiciones climatológicas. Su cómodo manejo y construcción compacta ofrece grandes ventajas para un sencillo mantenimiento, así como gran flexibilidad.

Actualmente hay en todo el mundo más de 200 Topos Eléctricos® trabajando las 24 h del día. El método es, de este modo, la solución más extendida y probada para el secado solar de lodos de depuración.

En la planta de Tirme, S.A. se optó por la instalación del Topo Eléctrico introduciendo 2 unidades por cámara de secado, es decir, la planta cuenta en total con 24 unidades.

Desarrollo del proceso

Para conseguir unos resultados de secado óptimos, y evitar de forma paralela la posible generación de malos olores, las plantas de secado de lodos de Thermo-System trabajan con un proceso por lotes ("batch"). De esta manera es posible regular el proceso de secado de forma

óptima conforme el lodo se seca y reduce su humedad. No obstante, Thermo-System puede también ofrecer soluciones de secado en continuo.

Alimentación de las cámaras de secado

Las cámaras de secado pueden alimentarse de formas muy diversas: palas mecánicas, camiones, por bombeo o cintas transportadoras. En función del proyecto y las preferencias del cliente, es siempre posible realizar esta operación de forma sencilla, y con inversiones y costes de servicio especialmente reducidos, o de forma completamente automática. El contenido inicial de materia seca del lodo puede situarse entre 2 y 40%, lo que significa que la técnica de Thermo-System se adapta a cualquier nivel de deshidratación.

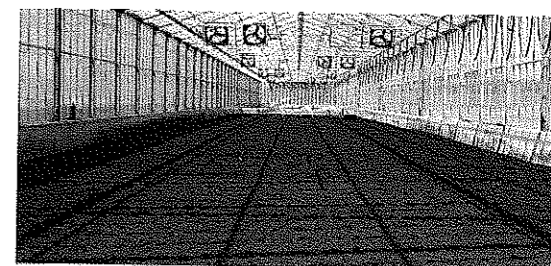


Figura 8. Lodo en fase de secado

En la planta de Tirme, S.A. hay un foso de recepción de lodo, desde el que una pala lo transporta a la nave de secado. Este método es muy eficiente y tiene una incomparable seguridad de funcionamiento, particularmente en caso de aceptación de lodos ajenos. El llenado de una nave de 1.500 m² necesita muy poco tiempo (menos de tres horas), por lo que el impacto de la mano de obra es mínimo.

Proceso de secado

El proceso de secado se desarrolla de manera completamente automática, sin ser necesaria ninguna intervención por parte del operador hasta que se alcance el nivel deseado de MS final en el lodo. El control centralizado de proceso regula todos los componentes.

Para un secado eficaz, y evitar además la posibilidad de desarrollo de malos olores, es necesario remover y airear de manera controlada el lodo aportado a la cámara de secado. Al mismo tiempo la intensidad de trabajo necesita ser adaptada de forma continua a la humedad del lodo y a las condiciones climáticas. Por último y según las propiedades del lodo, es de crucial importancia que éste no sea removido con demasiada o insuficiente frecuencia para así producir y preservar una estructura óptima del lodo.

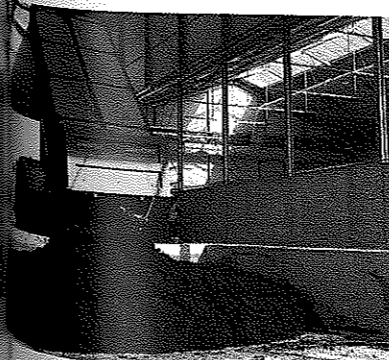


Figura 6. Descarga lodo fresco



Figura 7. Alimentación lodo a cámaras

El Topo Eléctrico® -un robot autocontrolado- es una solución inteligente y muy eficaz para estas tareas. Además del volteo y la ventilación, este dispositivo asegura una distribución uniforme del lodo en la cámara de secado, facilitando también una alimentación automática de la cámara. Gracias a su construcción robusta, fabricado completamente en acero inoxidable, es hasta ahora la única máquina de volteo que maneja bien lodos de cualquier contenido de materia seca.

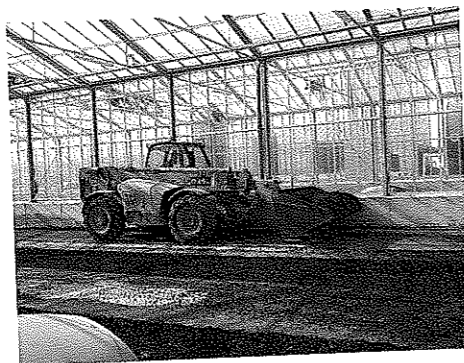


Figura 9. Vaciado cámara lodo seco

Evacuación del lodo seco

La evacuación y carga del lodo seco en camión, contenedor o silo puede realizarse mediante pala mecánica o de forma totalmente automática. Gracias a la gran reducción de la masa durante el secado, los tiempos son mínimos en el caso de vaciado de cámaras mediante pala mecánica.

Instalación de desodorización y seguridad

Aunque no es un problema habitual en ninguna de las plantas de secado solar de lodos porque el propio proceso de secado minimiza el desarrollo de olores por la aireación continua del mismo, por la ubicación de la planta y su proximidad a núcleos habitados, es cierto que en algunos casos, y especialmente con lodos no completamente digeridos, es necesario tomar precauciones dada la proximidad de núcleos de población.

En este caso se decidió como mejor opción una instalación de desodorización por vía química en dos etapas con tres reactivos que garantiza un máximo del 95% de eficiencia en la reducción de las emisiones de entrada para los contaminantes principales (NH₃ y H₂S).

El diseño de las cámaras de secado se ha realizado específicamente en este

proyecto con un colector final que permite de forma individual en cada cámara enviar el aire a la instalación de desodorización o directamente al ambiente cuando esto es posible.

En las naves de descarga y almacenamiento se incluyeron además colectores de aire para realizar extracción del aire durante los procesos de carga y descarga. Se ha incorporado además una centralita conectada a sensores de detección de gases para que en el caso de que los niveles de NH₃ o H₂S superen ciertos límites de seguridad, automáticamente se active la extracción de aire.

Resultados

Debido a la gran cantidad de plantas en operación actualmente, existe una gran variabilidad de referencias con sus características propias de operación y servicio. El rendimiento de secado y los valores característicos de las plantas han sido examinados en numerosos trabajos científicos publicados con anterioridad. En los siguientes apartados se resumen de forma breve los principales resultados de la planta de Tirme en Mallorca.

Seguridad de funcionamiento máxima

Gracias al funcionamiento por cargas, la planta de secado se comporta de forma



Figura 10. Carga final camión

muy satisfactoria: las averías no son críticas en cuanto a tiempo, y además es posible cambiar el Topo Eléctrico® mediante una sencilla manipulación mecánica. Gracias al número de 12 cámaras y al funcionamiento con energía solar, la planta sigue funcionando también durante posibles pequeñas averías en una de las cámaras. Por todo ello la concepción de la planta consigue una máxima fiabilidad de proceso.

Rendimiento de secado

El rendimiento de las plantas de secado solar depende de las condiciones de emplazamiento, clima y contenido de materia seca al principio y final del proceso. Gracias a la regulación climática y el proceso por lotes, el rendimiento de secado de las plantas de Thermo-System se encuentra en el nivel más alto dado que también en condiciones climáticas desfavorables se consigue siempre un óptimo rendimiento de secado.

Como datos medio se puede considerar una capacidad entre 1 y 1,5 t/m²-año.

Consumo de energía térmica

El consumo de energía térmica de las plantas Thermo-System se cubre por completo por medio de energía solar o mediante el apoyo de calor sobrante de otros procesos. De este modo se suprimen los gastos de suministro de energía térmica que suponen gran parte de los gastos de explotación de las plantas de secado convencionales.

En el caso de la planta de secado solar de Mallorca hay una posibilidad opcional de aprovechamiento del calor residual de un motor de cogeneración, tanto de los gases de escape como del circuito de refrigeración del motor. Se trata por tanto de energía térmica para el secado gratuita que llega a la planta de secado en forma de agua caliente y que se transfiere al aire por medio de intercambiadores de calor situados en el interior de la cámara de secado.

Consumo eléctrico

Gracias a la regulación climática y la optimización energética de todos los componentes, el consumo eléctrico en plantas de secado solar es mínimo. En la planta de secado solar de Palma de Mallorca el consumo específico del secado es de 30-40 kWh/t de agua evaporada. En cualquier caso los gastos de electricidad están claramente por debajo de los secadores convencionales.

Tiempo de trabajo

Debido al proceso por lotes el tiempo de trabajo es mínimo. Para la alimentación de una cámara de secado estándar mediante pala cargadora se necesitan aproximadamente 3 horas, mientras que para el vaciado es suficiente 1,5 horas. El proceso de secado se produce de forma totalmente automática y sin ningún tipo de intervención. Basta la simple vigilancia del panel de control para confirmar que el proceso se está realizando sin ningún tipo de anomalía.

Puesto que en cada cámara es posible introducir un lecho entre 10 y 20 cm, equivalente a un total de 150 a 300 t/cámara, para una media de 15 cm es necesario realizar aproximadamente 135 vaciados y llenados por año, es decir que cada cámara se llena y vacía 11,5 veces de media anual.

La frecuencia de carga/descarga y por tanto la cantidad de trabajo es variable en función de la duración del proceso de secado, pero el conjunto de la planta requiere una pala y un operario en total.

Emisiones

El proceso Thermo-System ha recibido en el marco de extensas investigaciones el "Certificado de no objeción" por par-

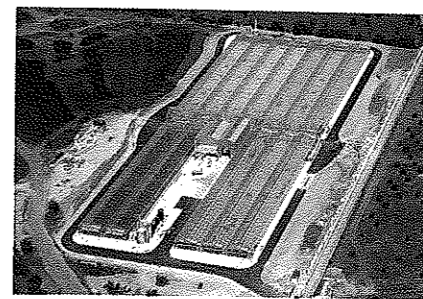


Figura 12. Vista aérea la planta

te de la Oficina Federada para el Medio Ambiente de Baviera. En vista de su madurada tecnología de volteo y regulación climática, las emisiones de estas plantas son mínimas. En el caso de lodos poco estabilizados puede resultar en ocasiones razonable el analizar y prever para una instalación concreta, la posibilidad de incorporar un tratamiento de aire previo a su salida.

A pesar de este hecho y por la cercanía de áreas residenciales a la planta, se decidió en este caso, tal y como se ha descrito anteriormente, la instalación de un lavado químico del aire de salida que permite de forma individual en cada cámara enviar el aire de salida al ambiente o a las torres de lavado en función de la fase de secado en que se encuentre y las características propias del lodo que se está secando.

Los resultados de las mediciones realizadas tras la puesta en marcha de la planta confirman una eliminación total de NH₃ y H₂S en el aire de salida tras el paso por la instalación de desodorización con valores máximos de 1 ppm, por tanto inapreciables.

Conclusiones

De los resultados anteriores se desprende el gran interés de este proyec-

to ya que permite el secado anual de 30.000 t de lodo deshidratado mecánicamente al 20-30% de MS hasta un 80% con energía solar.

El rendimiento de la planta es elevado y se han conseguido los objetivos de limitar al máximo la inversión y los costes de funcionamiento existentes a un mínimo. La técnica de la instalación debería ser lo más robusta y con el mínimo mantenimiento posible, las exigencias en personal operativo debían reducirse lo más posible.

Junto a la utilización de la energía solar gratuita debía seguir contemplándose la posibilidad de un suministro o recuperación de calor industrial desde una planta de calefacción de la depuradora.

Del concepto retenido de instalación expresamente sencillo derivan las ventajas siguientes:

- Alta longevidad operativa puesto que hay una cantidad mínima de componentes móviles o en contacto con el lodo (únicamente las palas de volteo de los Topos Eléctricos®).
- Absolutamente robusto y estable en cuanto a averías. Intercambio simple para el mantenimiento y en caso de avería de la máquina volteadora mediante sistema "Plug & Play".
- Costes de explotación reducidos, mantenimiento sencillo, no se requiere una formación especial del personal operativo.
- Alta longevidad.
- Funcionamiento agradable, pues no existen averías críticas en cuanto a tiempo.
- Gran disponibilidad de la instalación gracias a la redundancia en su concepción.
- Cubierta ópticamente estética y resistente con el tiempo mediante cristal.

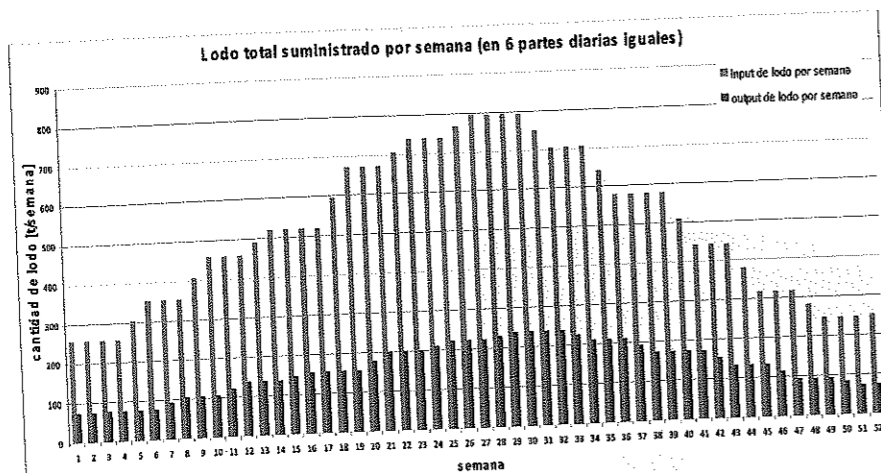
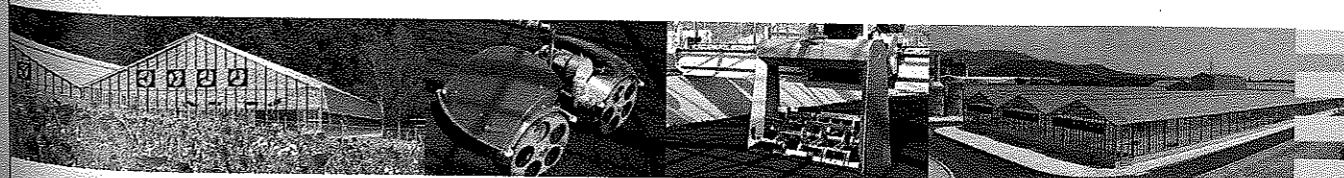


Figura 11. Grafico de gestión de lodo (input/output)

Empresa lider mundial en secado solar de lodos



- más de 100 plantas en operación
- desde 1.000 hasta 1.000.000 habitantes
- reducción masa de lodos de 60 a 80%
- reducción importante de costes
- tecnología probada y ecológica



THERMO-SYSTEM
Industrie- & Trocknungstechnik GmbH
Echterdingler Straße 57
70794 Filderstadt, Alemania
Teléfono: + 49 (0) 711 489459-0
E-mail: info@thermo-system.com
Internet: www.thermo-system.com

PROYECTOS
navarra ingeniería
Proyectos Navarra, S.L.
Pedro 1, 23 bajo
31007 Pamplona, España
Teléfono: + 34 948 27 58 23
E-mail: info@proyectosnavarra.es
Internet: www.proyectosnavarra.es

asep
ASEPMA
c / Terri, 26
17003 Girona, España
Teléfono: + 34 972 4777 18
Internet: www.asepma.com