

# EL PROCESO *THERMO-SYSTEM*

## SECADO SOLAR DE LODOS DE DEPURACIÓN PARA COMUNIDADES DE 1.000 A 1.000.000 HABITANTES

**Dr. Steffen Ritterbusch, Stuttgart (Alemania)**

### 1 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 después de la deshidratación mecánica 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 a ser transportada y gestionada es todavía muy alta, y 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.

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: incineración, agricultura, recultivo y otros. Las tecnologías de secado convencionales implican sin embargo inversiones muy importantes y consumen mucha energía. Por esto hasta ahora el secado de lodos ha sido considerado solamente viable para plantas depuradoras grandes.

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 líder mundial 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 utilización de energía térmica de origen solar para el secado – llamado secado solar – es la especialización de THERMO-SYSTEM. Gracias a sus raíces en la Universidad de Stuttgart-Hohenheim (Alemania) y numerosos proyectos de investigación, la empresa dispone de una larga experiencia y referencias en el campo del secado solar de los más diversos materiales (lodos de depuración, madera, plantas medicinales, tabaco, cacao, café etc.). La investigación y el desarrollo continúan siendo actualmente una prioridad para THERMO-SYSTEM, 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.

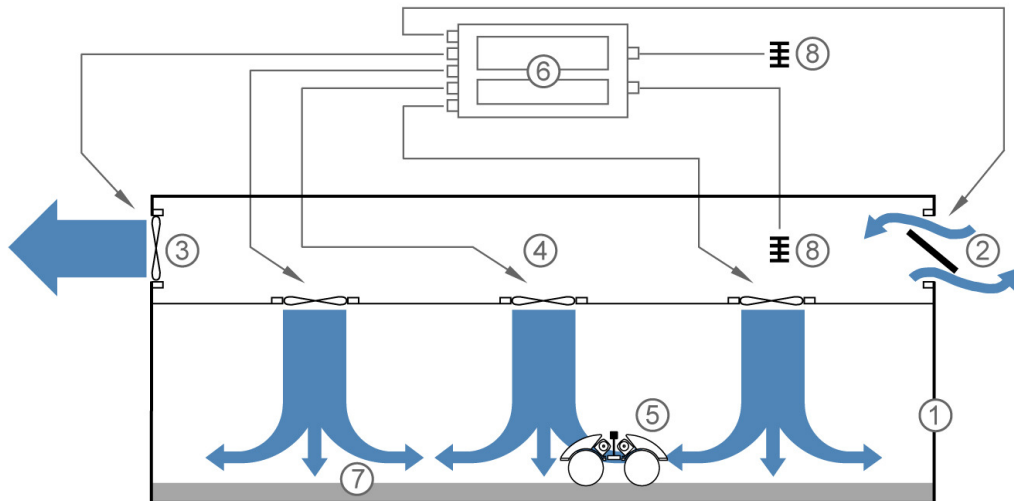
## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El secado solar de lodos de depuración según el proceso THERMO-SYSTEM distribuye el lodo sobre la solera en el interior de una construcción sencilla de tipo invernadero, y se remueve y airea de modo regular en función de las condiciones climáticas y el estado de lodo a lo largo del proceso de secado. El lodo se remueve mediante el denominado "TOPO ELÉCTRICO"® o el "GESTOR DE LODO". En la parte superior, se disponen ventiladores de un consumo energético óptimo que producen un flujo de aire por encima de los lodos. Una regulación climática asegura un intercambio de aire controlado con el ambiente exterior, garantizando en cada momento las condiciones de secado óptimas.

El secado solar de lodos de depuración según el proceso THERMO-SYSTEM se efectúa normalmente mediante un proceso por lotes. De este modo se obtienen varias ventajas: por un lado, se consigue un rendimiento de secado óptimo dado que las condiciones climáticas de secado se adaptan al estado del lodo en cada fase del proceso, y por otro se seca el lote completo hasta alcanzar el contenido final de materia seca deseado para posteriormente proceder al vaciado de la cámara. Las oscilaciones temporales respecto al contenido de materia seca y en función del tiempo – como ocurre con procesos continuos - no se dan en este caso. Debido además al proceso por lotes y al secado totalmente automático el tiempo de trabajo necesario es mínimo.

El rendimiento de secado aumenta significativamente gracias a la sofisticada regulación climática THERMO-SYSTEM, que ha sido optimizada durante muchos años de desarrollo continuo. Mediante el sistema de control del clima interior, es posible supervisar todos los parámetros relevantes del proceso como son la temperatura del aire y su humedad, la radiación, el viento y la humedad de lodos, regulándolos y adaptándolos de manera óptima a los requisitos técnicos del secado en función del clima y del estado del lodo a lo largo del proceso de secado. La regulación climática asegura además un aprovechamiento óptimo desde el punto de vista energético de todos los componentes, garantizando un nivel mínimo de consumo de energía eléctrica.

El proceso THERMO-SYSTEM posibilita además la utilización de fuentes de calor residual o adicional al proceso provenientes de cualquier fuente disponible. Aprovechando esta oportunidad, la regulación climática THERMO-SYSTEM asegura una óptima utilización de energía, permitiendo una reducción considerable de la superficie requerida en comparación con una planta de secado puramente solar.



**Cuadro 1:** Esquema de funcionamiento del proceso THERMO-SYSTEM

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

## 2.1 Desarrollo del proceso

El desarrollo del proceso THERMO-SYSTEM es muy simple en líneas generales: se compone de las tres etapas principales de llenado, secado y vaciado. El tiempo de trabajo que requiere es mínimo debido al proceso por lotes, ya que se necesita aproximadamente una hora para llenar o vaciar una cámara de secado de 500 m<sup>2</sup> con una pala cargadora. El secado transcurre de forma totalmente automática y sin necesidad de ninguna intervención por parte del personal.

Al comenzar el proceso con un lote de secado, el lodo previamente deshidratado es aportado al secador de forma mecánica mediante una pala cargadora, un camión o algún tipo de instalación de alimentación automática. A continuación el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup> distribuye y allana ese lodo de modo automático, y mientras el propio proceso de secado se produce de forma totalmente automática se controlan todos los equipos de la instalación en función de las condiciones climatológicas y del estado del lodo en cada momento. El proceso de secado termina al conseguir el contenido final del materia seca deseado.

El vaciado de la cámara de secado se efectúa igualmente por medio de una pala cargadora, que de forma habitual carga el lodo seco directamente a los camiones. Esta operación tiene una duración aproximada de 30 minutos, evitándose tiempos de espera no deseados.

La utilización del "GESTOR DE LODO" permite una alimentación y un vaciado totalmente automáticos, evitando así la necesidad de utilizar una pala para esta operación.

Hasta ahora se han construido plantas de una capacidad para comunidades de 3.000 a 300.000 habitantes equivalentes. Debido al tipo de construcción - especialmente junto con la utilización del calor adicional - la construcción de plantas con una producción de lodo marcadamente mayor también es posible. Actualmente una instalación para más de 600.000 habitantes equivalentes está en construcción en Mallorca.



**Cuadro 2:** Secado solar de lodos previamente deshidratados (alimentación, distribución, secado)

## 3 TECNOLOGÍA DE PLANTAS

### 3.1 El "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup>

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.

El "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup> - un robot autocontrolado - es una solución inteligente y muy eficaz para estas tareas. Además del volteo y la ventilación, el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup> asegura una distribución uniforme del lodo en la cámara de secado, facilitando también una alimentación automática de la cámara. Gracias a su construcción robusta, el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup>, fabricado completamente en acero inoxidable, es hasta ahora la única máquina de volteo que maneja bien lodos de cualquier contenido

de materia seca. Su cómodo manejo y construcción compacta ofrecen grandes ventajas para un sencillo mantenimiento, así como gran flexibilidad. Con más de 120 máquinas actualmente en operación en todo el mundo, el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup> es sin ninguna duda la máquina de volteo más utilizada en el secado solar de lodos de depuración.

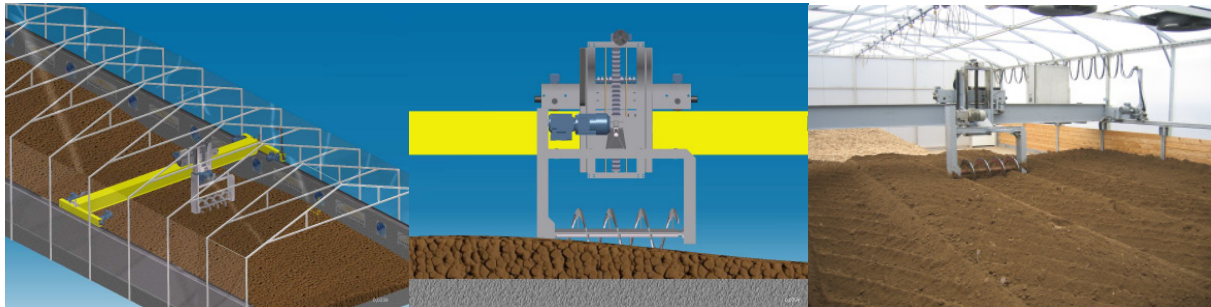


**Cuadro 3:** El "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup>

### 3.2 El "GESTOR DE LODO"

El "GESTOR DE LODO" de reciente desarrollo presenta una solución alternativa y completa para su empleo en plantas de secado totalmente automatizadas. La construcción, basada en una viga de acero tipo puente grúa, con carro corredizo, combina las ventajas ya mencionadas del "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup> con la alimentación y vaciado de la cámara de secado. Desde la aportación del lodo a la cámara hasta el secado y vaciado, una sola máquina - el "GESTOR DE LODO" - realiza todas las tareas, sin que sea necesaria la utilización de ningún dispositivo adicional para la extracción del lodo de la cámara. Como el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup>, el dispositivo de volteo está fabricado completamente en acero inoxidable.

El dispositivo removedor, fácilmente desmontable del puente, ofrece grandes ventajas por su fácil mantenimiento y la seguridad de servicio. La concepción del "GESTOR DE LODO" permite casi cualquier geometría de la cámara, siendo suficiente un solo camino de acceso lateral. Tanto el proceso de lotes como el proceso continuo son posibles, permitiendo así mayor flexibilidad.



**Cuadro 4:** El "GESTOR DE LODO" (elaborado en cooperación con ACAT)

### 3.3 La regulación climática THERMO-SYSTEM

Un 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.

### **Ventiladores de recirculación**

Ubicados en la parte superior y anclados a la estructura de la cámara de secado, los ventiladores de recirculación aseguran una distribución uniforme del aire interior en la cámara de secado, así como un flujo de aire controlado por encima del lodo, garantizando de este modo la evacuación del aire húmedo de la superficie del lodo.

### **Compuerta de ventilación y ventiladores de aireación**

Con la compuerta de ventilación regulada y los ventiladores de aireación ubicados en sendos extremos de la cámara de secado, se consigue adaptar perfectamente el intercambio de aire a las necesidades reales en cada momento. Los ventiladores permiten a su vez la alimentación de grandes caudales de aire y, por tanto, posibilitan la utilización del potencial de secado natural del aire ambiental.

## **3.4 Aprovechamiento de calor residual**

Las plantas THERMO-SYSTEM ofrecen la posibilidad de utilizar el calor residual de otros procesos (centrales térmicas, bombas de calor, instalaciones de cogeneración, incineración, gasificación de lodos de depuración, etc.), aumentando así claramente el rendimiento de secado y compensando además las oscilaciones estacionales. A diferencia de las plantas de secado convencionales también el calor a temperaturas bajas puede emplearse de forma eficaz, de forma que su utilización permite obtener un significativo aumento del rendimiento de secado y su correspondiente disminución en la superficie requerida. Los gastos de operación (consumo de energía eléctrica, personal) están muy por debajo de los gastos de las plantas convencionales.

Con el uso del calor residual, es posible plantear desde el punto de vista técnico y económico plantas de secado con capacidad para comunidades de un millón de habitantes.

## **3.5 Alimentación automática**

Desde cualquier punto de alimentación, la utilización del "GESTOR DE LODO" permite distribuir y posteriormente vaciar los lodos de forma totalmente automática en toda la cámara una vez finalizado el proceso de secado. Es posible además cargar también los contenedores de lodo seco de forma totalmente automatizada.

Con el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup> la cámara de secado se alimenta por medio de una pala cargadora o camión, pudiéndose utilizar igualmente diferentes opciones para una alimentación automática:

### **Alimentación mediante transportador helicoidal tipo sinfín o cinta transportadora**

Con la alimentación mediante sinfín o cinta, los lodos se transportan hasta la parte superior de la cámara, desde donde se depositan directamente en el suelo. A continuación, el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup> asegura una distribución uniforme de los lodos en toda la superficie de la cámara.

### **Alimentación por bombeo**

Con la alimentación mediante bombas específicas, es posible enviar los lodos previamente deshidratados por medio de tuberías enterradas bajo la solera. El lodo surge en el interior de la cámara de secado por medio de "géiseres de lodo" en el suelo, el cual es distribuido por el "TOPO ELÉCTRICO"<sup>®</sup>.

## 4 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.

### 4.1 Rendimiento de secado

El rendimiento de las plantas de secado solar depende de la 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.

### 4.2 Consumo 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.

### 4.3 Consumo eléctrico

Gracias a la regulación climática y la optimización energética de todos los componentes, el consumo eléctrico es mínimo. Con plantas de secado puramente solares el consumo eléctrico es aproximadamente 20-30 kWh por tonelada de agua evaporada. Por tanto, los gastos de electricidad suponen aproximadamente 1-3 euro/t de agua extraída, y están por tanto claramente por debajo de los secadores convencionales.

### 4.4 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 necesita aproximadamente 1 - 2 horas, mientras que para el vaciado es suficiente 0,5 - 1 hora. El proceso de secado se produce de forma totalmente automática y sin ningún tipo de intervención. El tiempo de trabajo mínimo fue confirmado en un estudio independiente llevado a cabo por la Oficina Federada para el Medio Ambiente de Baviera.

### 4.5 Gastos de mantenimiento

Comparado con las tecnologías convencionales, los gastos de mantenimiento del secado solar THERMO-SYSTEM se mantienen en niveles muy bajos. Esto puede atribuirse por un lado al bajo nivel de temperatura a la que se desarrolla el proceso, que favorece un mínimo desgaste de material durante el secado solar. Por otro lado las plantas de secado solar se componen de pocos elementos técnicos con un limitado número de partes móviles. El proceso THERMO-SYSTEM se caracteriza además por el hecho de que la máquina de volteo está fabricada por completo en acero inoxidable, asegurando un fácil mantenimiento por su construcción de tipo compacto.

### 4.6 Emisiones

El proceso THERMO-SYSTEM ha recibido en el marco de extensas investigaciones el "Certificado de No Objeción" por parte de la Oficina Federada para el Medio Ambiente de Baviera. En vista de su madurada tecnología de volteo y regulación climática, las emisiones de las plantas THERMO-SYSTEM 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.

## 5 EJEMPLOS DE PLANTAS

De las numerosas plantas en operación se destacan a continuación unos ejemplos de plantas con distintas capacidades y tamaños:

### 5.1 Fuerteventura (14.000 habitantes equivalentes)



**Cuadro 5:** Planta de secado solar de lodos de depuración de Antigua - Fuerteventura

Año de construcción:	2006	Cantidad de lodo:	1.350 toneladas/año
Número de cámaras:	1	Superficie de secado:	700 m <sup>2</sup>

### 5.2 Stockach, Alemania (50.000 habitantes equivalentes)



**Cuadro 6:** Planta de secado solar de lodos de depuración de Stockach, Alemania

Año de construcción:	2004	Cantidad de lodo:	3.000 toneladas/año
Número de cámaras:	4	Superficie de secado:	3.120 m <sup>2</sup>

### 5.3 Bad Vöslau, Austria (300.000 habitantes equivalentes)



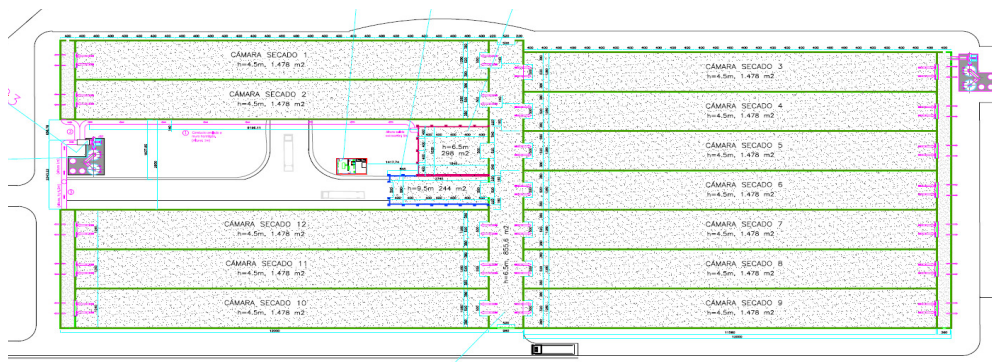
**Cuadro 7:** Planta de secado de lodos de depuración con valorización térmico de Bad Vöslau, Austria

Año de construcción:	2003	Cantidad de lodo:	14.000 toneladas/año
Número de cámaras:	6	Superficie de secado:	3.240 m <sup>2</sup>

Aprovechamiento de calor residual de la planta de gasificación de lodos de depuración.

### 5.4 Palma de Mallorca (600.000 habitantes equivalentes, en construcción)

Mayor planta de secado solar de lodos de depuración a nivel mundial



**Cuadro 8:** Planta de secado solar de lodos de depuración en Mallorca (en construcción)

Año de construcción:	2007	Cantidad de lodo:	30.000 toneladas/año
Número de cámaras:	12	Superficie de secado:	18.000 m <sup>2</sup>

## **6 CONTACTO**

THERMO-SYSTEM Industrie- & Trocknungstechnik GmbH  
Dr.-Ing. Steffen Ritterbusch  
Echterdingerstr. 57  
D-70794 Filderstadt-Bernhausen  
Tel. +49 (0)711-489459-0  
Fax +49 (0)711-489459-90  
Email: [info@thermo-system.com](mailto:info@thermo-system.com)  
[www.thermo-system.com](http://www.thermo-system.com)