

Primera planta de recuperación de fósforo en España

Spain's first phosphorus recovery plant

En 2016, Canal de Isabel II pone en marcha la primera planta de recuperación de fósforo en forma de estruvita a escala industrial en España en la EDAR Sur (Madrid). La planta, suministrada y montada llave en mano por la filial Española de Veolia Water Technologies, está dimensionada para tratar hasta 260 kg de fósforo al día procedente de dos corrientes de retorno de la depuradora. La formación controlada de estruvita se produce en un reactor de lecho fluidificado de flujo ascendente. Esta iniciativa ha supuesto para Canal de Isabel II una inversión de 2,3 M€, en línea con la apuesta de la Compañía por la economía circular, el cuidado del medio ambiente, la gestión sostenible y la inversión en I+D+i.

Antecedentes

La Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) Sur de Madrid se encuentra en la margen izquierda del río Manzanares. Por la margen izquierda recibe las aguas residuales del colector Sur (colector interceptor de la margen izquierda). A éste afluyen, entre otros, los colectores de La Gavia, Valdebernardo, Pavones, Palomeras, Yeseros, Tomateros, etc., que recogen los vertidos de los distritos de Vicálvaro, Puente de Vallecas y Villa de Vallecas.

La red de colectores existente permite desviar agua residual procedente de otras plantas situadas aguas arriba de ésta (Viveros de la Villa, La China, La Gavia y parte del colector interceptor de la margen derecha), lo que hace que la EDAR Sur juegue un papel de “cola”, asegurándose en todo momento la calidad del cauce receptor y dando flexibilidad al sistema de depuración.

Objeto y alcance del proyecto

La precipitación incontrolada de estruvita en las depuradoras de aguas residuales es un problema grave ya que provoca la obstrucción de tuberías, en general en la línea de fango, aguas abajo de la digestión anaerobia. La estruvita es un cristal cuya matriz está compuesta de magnesio, amonio y fosfato ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$) que se

In 2016, Canal de Isabel II commissioned Spain's first industrial scale plant for the recovery of phosphorus in the form of struvite at the Sur WWTP (Madrid). The plant was supplied and assembled on a turnkey basis by the Spanish subsidiary of Veolia Water Technologies. It is sized to treat up to 260 kg of phosphorus per day from the WWTP's two return streams. The controlled formation of struvite is carried out in an upflow fluidised bed reactor. Canal de Isabel II has invested €2.3 million in this initiative, which is in line with the company's commitment to the circular economy, environmental care, sustainable management and investment in R&D&i.

Background

The Sur de Madrid Wastewater Treatment Plant (WWTP) is located on the left bank of the River Manzanares and receives wastewater from the Sur sewer (left bank interceptor sewer). This interceptor sewer receives the water from the sewers of La Gavia, Valdebernardo, Pavones, Palomeras, Yeseros, Tomateros, etc., which collect the wastewater from the districts of Vicálvaro, Puente de Vallecas and Villa de Vallecas.

The existing sewer network enables the wastewater from other plants situated upstream from the Sur WWTP (Viveros de la Villa, La China, La Gavia and some of the wastewater from the right bank interceptor sewer) to be diverted to the Sur facility in the event that further treatment is necessary to guarantee the quality of the water returned to the receiving waterway. This also endows the system with flexibility.

Project objective and scope

Uncontrolled struvite precipitation is a problem at wastewater treatment plants because it causes clogging of pipes, generally in the sludge line, downstream from anaerobic digestion. Struvite is a crystal made up of magnesium, ammonium and

VEOLIA WATER TECHNOLOGIES ABRE LAS PUERTAS A LA ECONOMÍA CIRCULAR DEL FÓSFORO EN ESPAÑA

VEOLIA WATER TECHNOLOGIES OPENS DOOR TO PHOSPHORUS CIRCULAR ECONOMY IN SPAIN

La EDAR Sur de Madrid puede presumir con orgullo de ser la primera instalación a escala industrial en nuestro país para la recuperación de fósforo en forma de estruvita de las aguas residuales urbanas, abriendo una nueva vía para la reutilización de este mineral como fertilizante. Este proyecto, a cargo de la filial española de Veolia Water Technologies, ha implicado el diseño de la planta, su construcción llave en mano, la puesta en marcha así como la comercialización de la estruvita generada.

Dimensionada para una capacidad de tratamiento de hasta 260 kilogramos de fósforo al día, esta instalación permite la formación controlada de estruvita en un reactor de lecho fluidificado de flujo ascendente. Una de las principales características y ventajas de este proceso es que se puede controlar la granulometría esférica de la estruvita y, además, estos granos son sometidos a un proceso de secado que permite obtener un producto final libre de patógenos, garantizando el uso salubre del producto.

A la ventaja medioambiental que supone la recuperación de fósforo –un elemento tan escaso en la naturaleza como esencial para la vida- se suman otros importantes beneficios económicos de este proceso: se controla la formación espontánea de estruvita evitando problemas y costes relacionados con las obstrucciones en tuberías; se consigue un importante ahorro en el consumo de reactivos químicos para la eliminación del fósforo; y se genera menos cantidad de fangos, reduciendo por lo tanto costes de disposición.

Este proyecto es un ejemplo perfecto de economía circular que permite recuperar de las aguas residuales un valioso recurso -el fósforo- para su reutilización, que impulsa y fomenta el uso sostenible de este elemento y contribuye a paliar el déficit de producción en Europa.

The Sur de Madrid WWTP can take pride in being Spain's first industrial scale facility for the recovery of phosphorus in the form of struvite from urban wastewater, thereby opening a new route for the reuse of this mineral as a fertiliser. The project, undertaken by the Spanish subsidiary of Veolia Water Technologies, included the design of the plant, turnkey construction and commissioning of the facility, and commercialisation of the struvite produced.

Sized for a phosphorus treatment capacity of up to 260 kilograms per day, the facility enables controlled struvite formation in an upflow fluidised bed reactor. One of the main features and benefits of this process is the ability to control the spherical grain size of the struvite. Moreover, these grains undergo a drying process to ensure a pathogen-free end product, thus guaranteeing safe application from a health perspective.

Phosphorus is as scarcely available in nature as it is essential to human life. Apart from the environmental benefit of its recovery, the process also has significant economic benefits: spontaneous struvite formation is controlled, thus preventing the problems and costs associated with clogged pipes; there are considerable savings in chemical reagent consumption for phosphorus removal; and less sludge is produced, so sludge disposal costs are lower.

This project is a perfect example of the circular economy. It enables the recovery of phosphorus, a valuable resource, from wastewater for reuse. This promotes and fosters the sustainable use of this element and helps to offset Europe's phosphorus production deficit.



forma cuando estos tres iones están presentes en la solución por encima de su punto de saturación. En el tratamiento de aguas residuales urbanas el precipitante limitante es el magnesio, requiriendo de su aporte en forma de cloruro magnésico o de óxido de magnesio, para balancear la concentración de fósforo, generando un producto que puede ser utilizado a nivel industrial para ciertas aplicaciones.

Eliminado este compuesto se reducen de manera significativa las precipitaciones de estruvita en las tuberías de la línea de fangos.

Mediante este proyecto se realizó la implantación de un sistema de producción de estruvita que se genera en diversos puntos de la línea de fangos dificultando la gestión de las instalaciones. En concreto, la EDAR SUR estaba sufriendo episodios periódicos de precipitaciones incontroladas de estruvita en las tuberías de salida de fango digerido, en los codos de alimentación a las centrifugadoras y en el propio interior de los digestores anaerobios.

La velocidad de formación de estruvita es controlada en el proceso de forma que se obtiene un producto de alta calidad con las propiedades físicas deseadas. Se pueden alcanzar rendimientos de eliminación de fosfatos en torno al 90% en la corriente tratada. El producto obtenido es comercializado como fertilizante.

La tecnología adoptada elimina gran parte del ortofosfato disuelto de una corriente líquida, junto con un pequeño porcentaje del amonio, obteniendo un producto de mayor calidad para su posterior comercialización. Para ello se emplea un reactor de cristalización, con una recirculación continua, en el que se dosifican estos productos:

- Cloruro magnésico: Para aportar el magnesio, que junto con el amonio y fosfato presentes en el agua, forma la estruvita.
- Sosa cáustica: Para elevar el pH y llevarlo a las condiciones óptimas que dan lugar a la cristalización.

El reactor se puede alimentar con dos corrientes de planta, que se conducen por separado a sendas arquetas de alimentación:

- Reboses de deshidratación
- Reboses de flotación

Los reboses de deshidratación tienen una concentración de fosfato y amonio muy superior a los de flotación, por lo que en principio es la fuente predominante de alimentación al reactor.

El reactor instalado es el modelo Pearl 2000 de OSTARA, que permite la producción de hasta 2.000 kg de estruvita al día en condiciones óptimas de operación y calidad de alimentación.

Cabe mencionar que la estruvita cristalizada de forma controlada en gránulos utilizando cloruro de magnesio ha sido verificada como un fertilizante inorgánico, con una pureza muy alta y libre de patógenos. Presenta una serie de características diferenciadoras respecto a los fertilizantes convencionales que la posicionan como un producto de alto valor añadido. Entre ellas se puede destacar una lenta velocidad de liberación de nutrientes, un contenido beneficioso de magnesio y un origen de producción completamente sostenible. Este producto ha obtenido la certificación de fertilizante en los Estados Unidos, Canadá y Europa.



phosphate ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$) which forms when these three ions are present in the solution above their saturation points. Magnesium is the limiting reactant in wastewater treatment and it must be provided in the form of magnesium chloride or magnesium oxide in order to balance the concentration of phosphorus, generating a product that can be used at industrial level for certain applications.

Eliminating this compound significantly reduces struvite precipitations in sludge line pipes.

This project saw the implementation of a struvite production system. Struvite is generated at different points of the sludge line, hindering operation of the facility. The Sur WWTP has suffered from periodic episodes of uncontrolled struvite precipitation in the digested sludge outlet pipe, in the elbows of the centrifuge feed pipes and inside the anaerobic digesters.

The rate of struvite formation is controlled in the process in such a way as to obtain a high-quality product with the desired physical properties. Phosphorus removal efficiencies of around 90% in the treated stream can be achieved and the product obtained is sold as fertiliser.

The technology adopted removes a large portion of the dissolved orthophosphate from a liquid stream, along with a small percentage of the ammonium, in order to obtain a product of higher quality for subsequent sale. For this purpose, a crystallisation reactor with continuous recirculation is implemented and the following products are dosed in the reactor:

- Magnesium chloride: to provide magnesium, which, along with the ammonium and phosphate in the water, forms the struvite.
- Caustic soda: to increase pH in order to achieve optimal conditions for crystallisation.

The reactor can be fed by two of the WWTP streams, which are sent separately to the feed chambers:

- Dewatering overflows
- Floatation overflows

The overflows from dewatering have a much higher concentration of phosphate and ammonium than the overflows from floatation. Therefore, the former stream is predominantly used to feed the reactor.

The OSTARA Pearl 2000 reactor is installed. This reactor enables the production of up to 2,000 kg of struvite per day in optimal operating and feed quality conditions.

Struvite crystallised into granules in a controlled manner using magnesium chloride has been certified as an extremely pure, pathogen-free inorganic fertiliser. It has a number of features that differentiate it from conventional fertilisers and enable it to be positioned as a high-added-value product. Chief amongst these features are: low release of nutrients, a beneficial magnesium content and a fully

Emplazamiento

La planta para recuperación de estruvita se encuentra dentro de un edificio industrial localizado entre los digestores, edificio de cogeneración y los decantadores primarios.

La instalación cuenta con la flexibilidad suficiente para poder operar en diferentes modos dependiendo de las condiciones operacionales de la EDAR: tratamiento solamente de los reboses de deshidratación o tratamiento mixto de reboses.

El secado del producto se realiza con un secador eléctrico y la planta cuenta con espacio para el almacenamiento del producto y su carga.

Se ha construido una nueva tubería que conduzca de nuevo los retornos de la planta a la tubería de reboses de la flotación, aguas abajo, de la nueva conexión de los reboses de flotación al bombeo de alimentación a la planta de estruvita.

Descripción de la instalación

Bombeo de alimentación

Los bombeos se han diseñado para ofrecer la flexibilidad suficiente para poder tratar la mezcla de corrientes deseadas. Para ello, se cuenta con dos arquetas de bombeo independientes. En una de ellas mediante dos bombas centrífugas sumergibles se impulsa el rebose procedente de la deshidratación, el más rico en fosfatos, al reactor. En un pozo de bombeo contiguo se instalan dos bombas centrífugas sumergibles que conducen los reboses procedentes de la flotación al reactor en el caso en el que sea necesario completar la carga de fósforo al reactor hasta su valor de operación.

Almacenamiento y dosificación de producto químico

Dosificación de cloruro de magnesio

La estruvita ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$) precipita en una relación molar 1:1:1 para el magnesio, amonio y fosfatos. En el tratamiento de aguas residuales urbanas el precipitante limitante es el magnesio. Se dispone de un depósito de 40 m³ en PRFV instalado en el interior de un cubeto de hormigón y la dosificación se realiza con dos bombas, una de reserva, de 100 l/h.

Dosificación de sosa

La precipitación natural de la estruvita ocurre por encima de pH 7-7,5, pero el pH óptimo de precipitación está en 7,6-8,1. Mediante una dosificación de sosa, se ajusta el pH de la alimentación en torno a 7,6- 7,8 para conseguir los mejores rendimientos de precipi-

sustainable production source. This product has been certified as a fertiliser in the United States, Canada and Europe.

Site

The struvite recovery plant is housed in an industrial building located between the digesters, the CHP building and the primary settling tanks.

The facility has been designed with sufficient flexibility for operation in different modes depending on operating conditions at the WWTP: treatment of dewatering overflows alone or treatment of mixed overflows.

The product is dried in an electric dryer and space has been allotted at the plant for product storage and loading.

A new pipeline was built to send return flows from the plant to the floatation overflow pipe once again. This new pipeline is installed downstream from the new pipe that sends floatation overflows to the struvite plant feeder pumps.

Description of the facility

Feed pumping

The pumping systems are designed to offer sufficient flexibility to enable treatment of the desired mix of streams. For this purpose, they feature two independent pumping chambers.

The dewatering overflow, which has the highest phosphate content of the two streams, is sent from one chamber to the recovery reactor by means of 2 submersible centrifugal pumps. A further 2 submersible centrifugal pumps are installed in the adjoining chamber to send the overflows from floatation to the reactor, in the event that it becomes necessary to supplement the phosphorus load entering the reactor to bring it up to operational levels.

Chemicals storage and dosing

Magnesium chloride dosing

The struvite ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$) precipitates at a 1:1:1 molar ratio for magnesium, ammonium and phosphates. Magnesium is the limiting reactant in wastewater treatment. The magnesium chloride is stored in a 40 m³ GFRP tank, installed within a concrete trough, and dosing is carried out by



tación. Se dispone de un depósito de 25 m³ en PRFV instalando en el interior de un cubeto de hormigón. La dosificación se realiza con dos bombas, una de reserva, de 36 l/h.

Reactor de lecho fluido

El proceso está basado en el control de la precipitación de la estruvita en un reactor de lecho fluido ascendente. La fluidización del lecho se consigue mediante el bombeo de recirculación que es el encargado de mantener una velocidad ascensional constante en el reactor independientemente del flujo de alimentación. Para ello dispone de variación de frecuencia que adapta el caudal de recirculación de forma que la carga hidráulica ascendente en el reactor sea constante. La alimentación y dosificación de producto químico se produce en la tubería de inyección al reactor.

Se dispone de una válvula automática de guillotina, situada antes de la entrada al reactor y antes de la inyección de cloruro de Magnesio y Sosa, enclavada con el bombeo de recirculación, abriendo y cerrando con la puesta en servicio y parada de la bomba.

El efluente del reactor sale por una tubuladura en la parte superior y se retorna a cabecera de planta. Las partículas cristalizadas en el interior del reactor se extraen de forma controlada, se secan, clasifican por tamaño y se almacenan en sacos para su transporte y posterior comercialización.

La diferencia de presión entre el fondo y la parte superior del reactor (presión diferencial) permite establecer la cantidad de producto en el interior del mismo y determinar la secuencia de purga del producto.

Tratamiento del producto elaborado

Tamizado del producto

En una primera etapa, la purga pasa a una tamizadora circular vibratoria de un nivel, que realiza la primera separación líquido-sólido. Desde este tamiz el producto se alimenta a un secador de lecho fluido alimentado por aire que se calienta controladamente



means of 2 (1+1 standby) pumps with a capacity of 100 l/h.

Caustic soda dosing

Natural struvite precipitation takes place at a pH of above 7 - 7.5, but the optimum pH for precipitation is 7.6 - 8.1. Adding caustic soda adjusts the input pH to around 7.6 - 7.8 to achieve the best precipitation efficiencies. The soda is stored in a 25 m³ GFRP tank, installed within a concrete trough, and dosing is carried out by means of 2 (1+1 standby) pumps with a capacity of 36 l/h.

Fluidised bed reactor

The process is based on control of struvite precipitation in an upflow fluidised bed reactor. Fluidisation of the bed is achieved by means of the recirculation pumping, which is responsible for maintaining a constant upward speed in the reactor, regardless of the feed flow. The pumps are fitted with variable speed drives to adjust the recirculation flow so that the upward

hydraulic load in the reactor remains constant. Chemicals are fed and dosed into the reactor through the injection inlet.

An automatic guillotine valve is arranged just prior to the reactor inlet and prior to the injection of magnesium and soda. This valve is synchronised with the recirculation pump so that it opens and closes when the pump goes into service and when it is shut down.

The effluent leaves the reactor through a discharge nozzle at the top and is returned to the plant headworks. The crystallised particles are extracted from the reactor in a controlled manner. They are dried, classified by size and stored in sacks for dispatch and subsequent sale.

The pressure difference between the floor and top of the reactor (pressure differential) enables the quantity of the product inside the reactor to be calculated and the sequence of product extraction to be determined.

Treatment of the product

Product screening

In the first stage, the extracted product goes through a vibrating screen, which effects initial solids-liquid separation. From this



mediante resistencias eléctricas para el secado del producto comercial.

Secado del producto

Desde el tamiz se alimenta el secador de lecho fluidizado. Las partículas de producto se mantienen aisladas entre sí por el efecto neumático de la turbulencia que produce la fluidización. El control de temperatura permite reaccionar inmediatamente ante un cambio carga y prevenir el exceso de calentamiento del producto, lo que podría provocar un deterioro en el producto final. El producto generado en el secado se descarga a un transportador de cangilones que conduce el material a la siguiente etapa.

Clasificación y almacenamiento

El producto seco se transporta a la parte superior de los silos de almacenamiento, donde se alimenta a un tamiz vibratorio clasificador donde se clasifican en cuatro micrajes, en función del tamaño para su posterior almacenamiento en 4 silos flexibles de alta resistencia antes de su llenado y etiquetado final como fertilizante. Existe un nivel adicional que recoge los gránulos de gran tamaño que se rechazan.

Los silos flexibles tienen una capacidad de 9 toneladas por tamaño, lo que da flexibilidad al operador para las operaciones de descarga y empaquetado.

La descarga de los silos se realiza mediante una empaquetadora de bigbag seleccionando el tamaño, en función del nivel en los silos, situada en su parte inferior para el llenado del big bag, que se retira con auxilio de un camino de rodillos y se almacena en las estanterías del área de almacenamiento.



screen, the product is fed into a fluidised bed dryer. The air fed into the dryer is heated in a controlled manner by electric elements in order to dry the commercial product.

Product drying

The fluidised dryer is fed from the screen. The product particles are isolated from each other by the pneumatic effect of the turbulence produced by the fluidisation. Temperature control enables an immediate response in the event of a change of load in order to prevent overheating of the product. The product created in the dryer is discharged into a trough conveyor, which sends the material to the following stage.

Classification and storage

The dry product is sent to the top of the storage silos, where it is fed into a vibrating screen classifier, which classifies it according to size for subsequent storage in the 4 highly resistant, flexible silos. This end product is subsequently packed and labelled as fertiliser. Large granules are collected on an additional level and dispatched as reject. The flexible silos have the capacity to hold 9 tonnes of each grain size, which affords flexibility for unloading and packaging operations.

Unloading of the silos is carried out by means of a big bag filling machine arranged at the bottom of the silo. The grain size is selected in accordance with the level in the silos. Once filled, the bags are removed on a roller track and stored on shelves in the storage area.

