

DERIVACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO MEDIANTE EL PROCESO PRONOX

El proceso PRONOX, desarrollado por GS INIMA en colaboración con la Universidad de Girona (UdG) y financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), presenta el Proyecto PRONOX, con una clara vocación de dar respuesta a los retos identificados en la Estrategia Española y en el esquema de la Unión Europea reflejado en el HORIZONTE 2020.

INTRODUCCIÓN

El proceso PRONOX, variante del Proceso HRAS (High Rate Activated Sludges) propone la derivación de materia orgánica y nitrógeno a la Digestión Anaeróbica antes de la etapa de Lodos Activos Convencionales, como alternativa al Decantador Primario. Busca derivar el máximo de carga orgánica a la Digestión Anaeróbica, con el doble objetivo de incrementar la producción de biogás y reducir la carga orgánica a la unidad posterior de Lodos Activos, altamente consumidora de energía eléctrica.

La innovación del proceso PRONOX consiste en trabajar con dos reactores, uno anóxico estratificado y otro aeróbico, para fomentar los procesos de biofloreculación, con el doble objetivo de aumentar la producción de biogás y reducir la carga orgánica.

A diferencia del proceso de Lodos Activados convencional, el proceso PRONOX funciona con un bajo Tiempo de Retención Hidráulico (HRT), inferior a una hora y un bajo Tiempo de Retención de Solidos (SRT), inferior a un día.

MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

El objetivo principal del proceso es maximizar la Captura y Redirección de carbono y nitrógeno con una mínima oxidación del carbono.

REDIRECTION OF ORGANIC MATTER AND NITROGEN WITH THE PRONOX PROCESS

The PRONOX project, carried out by GS INIMA in collaboration with the University of Girona (UdG) and funded by the Centre for the Development of Industrial Technology (CDTI), has developed the PRONOX process. The project was undertaken with a clear vocation to address the challenges identified in the Spanish Strategy and the European Union, as reflected in the HORIZON 2020 programme.

INTRODUCTION

The PRONOX process is a variant of the HRAS (High Rate Activated Sludge) process and proposes the redirection of organic matter and nitrogen to Anaerobic Digestion prior to the Conventional Activated Sludge stage, as an alternative to the Primary Settling Tank. The aim is to redirect the maximum possible organic load to Anaerobic Digestion. This achieves the dual objective of increasing biogas production and reducing the organic load in the downstream Activated Sludge Unit, which is highly energy intensive.

What is innovative about the PRONOX Process is that it works with two reactors, a stratified anoxic reactor and an aerobic reactor, to promote bio-flocculation processes, with the dual objective of increasing biogas production and reducing organic load. Unlike the Conventional Activated Sludge process, the PRONOX Process operates with a low Hydraulic Retention Time (HRT) of less than one hour and a low Solids Retention Time (SRT) of less than one day.

MOTIVATION & OBJECTIVES

The main objective of the process is to maximise Carbon and Nitrogen Capture and Redirection with minimal carbon oxidation. Until now, the minimum organic matter demand at the inlet of the Activated Sludge Unit in order to carry out Denitrification

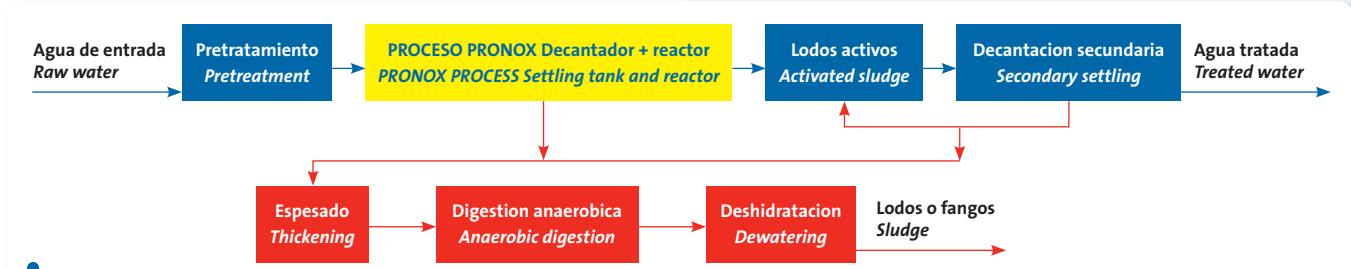


Figura 1. Diagrama de bloques, proceso PRONOX.
Figure 1. Diagram of PRONOX process blocks.

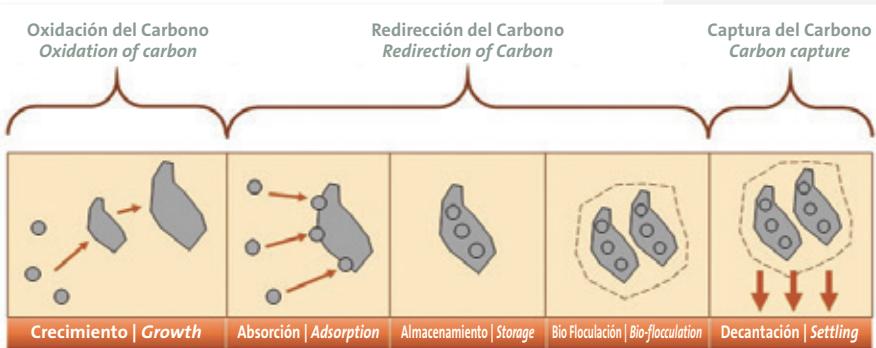


Figura 2. Procesos principales implicados en la Redirección y Captura de carbono.
Figure 2. Main processes associated with carbon Redirection and Capture.

has been a limiting factor in the implementation of this process. Now however, the implementation of the ANAMMOX process (Denitrification without consumption of organic matter) in the return line mitigates this limitation, making it possible to maximise organic matter removal prior to the Activated Sludge Unit.

In order to achieve the main objective, secondary objectives were also defined:

- Evaluation of the removal efficiency of different organic matter fractions, such as COD and BOD5.

Figura 3. Foto de la Planta Piloto PRONOX | Figure 3. PRONOX Pilot Plant

La aplicación de este Proceso, tenía hasta ahora una limitación que era la demanda mínima de materia orgánica a la entrada de la unidad de Lodos Activos, para realizar la Desnitrificación. No obstante, en la actualidad y mediante el proceso ANAMMOX (Desnitrificación sin consumo de materia orgánica) en la línea de retornos, esta limitación queda reducida, pudiéndose en consecuencia maximizar la eliminación de materia orgánica antes de la unidad de Lodos Activos.

Asimismo, para alcanzar el principal objetivo se definieron unos objetivos secundarios:

- Evaluación del rendimiento de eliminación de las diferentes fracciones de la materia orgánica, como DQO y DBO5.
- Evaluación del consumo de DQO en el Proceso PRONOX
- Evaluación del ahorro energético obtenido a partir de los resultados de la Planta Piloto y de Simulación.
- Evaluación de la reducción del volumen de los Reactores de la Unidad de Lodos Activos posterior al Proceso PRONOX.

METODOLOGÍA

El proceso se desarrolla a partir de la integración de herramientas de simulación (Simulador SUMO) e investigación experimental, en una planta piloto industrial.

GS Inima, conjuntamente con la UdG y la participación del Consorci Besòs-Tordera (CBT), construyó y operó una Planta Piloto, a escala industrial con capacidad de 35 m³/d, que procesa el efluente del pretratamiento de la EDAR de Montornès del Vallès con grandes variaciones de carga debido a la actividad industrial de la zona.

El estudio de 18 meses, se ha centrado en el control del proceso y en el estudio de las condiciones óptimas de operación para derivación de materia orgánica y nitrógeno.

Para el diseño y seguimiento de la operación de la Planta Piloto además se ha utilizado el Simulador SUMO que permite modelar el Proceso HRAS, al considerar la doble población de microorganismos OHO (heterótrofos convencionales) y AHO (heterótrofos en procesos de alta carga), y los procesos de Adsorción y Floculación de la materia rápidamente biodegradable: VFA, monómeros y polímeros.

RESULTADOS

Las eficiencias de eliminación de DQO, DBO5, SS, TKN y TP demostraron una buena correlación entre los resultados de la instalación experimental y los obtenidos por simulación.



- Evaluation of COD consumption in the PRONOX Process.
- Evaluation of energy savings results obtained with the Pilot and Simulation Plants.
- Evaluation of the reduction in the volume of Activated Sludge Reactors after the PRONOX Process.

METHODOLOGY

The process was developed with the implementation of simulation tools (SUMO Simulator) and experimental research in an industrial pilot plant. GS Inima, in collaboration with the UdG and with the participation of the Consorci Besòs-Tordera (CBT), built and operated an industrial-scale Pilot Plant with a capacity of 35 m³/d, which treats the effluent from the pretreatment stage at the Montornès del Vallès WWTP. This effluent has significant variations in load due to industrial activity in the area.

The 18-month study focused on process control and the identification of optimal operating conditions for the redirection of organic matter and nitrogen. The SUMO Simulator was used in the design of the Pilot Plant as well as for monitoring its operation. This enabled modelling of the HRAS Process, taking account of the double population of OHO (conventional heterotrophic microorganisms) and AHO (heterotrophic microorganisms in high load processes) microorganisms, and the processes of Adsorption and Flocculation of the rapidly biodegradable matter: VFA, monomers and polymers.

RESULTS

DQO, DBO5, SS, TKN and TP removal efficiencies demonstrate good correlation between the results of the experimental Pilot Plant and the results from simulation. The process has

Parámetro Parameter	Acrónimo Acronym	Acrónimo inglés Acronym (English)	Planta piloto Pilot plant	Simulación Simulation
Demanda Química de Oxígeno <i>Chemical Oxygen Demand</i>	DQO	COD	58±13%	55%
Demand Biológica de Oxígeno <i>Biological Oxygen Demand</i>	DBO5	BOD5	58±15%	54%
Sólidos en suspensión <i>Suspended solids</i>	SS	SS	72±13%	74%
Nitrógeno total Kjeldahl <i>Total Kjeldahl Nitrogen</i>	TKN	TKN	20±14%	27%
Fósforo Total <i>Total Phosphorus</i>	TP	TP	54±29%	57%

Tabla 1. Rendimientos alcanzados en eliminación de carga en el PROCESO PRONOX
Table 1. Removal efficiency rates achieved with PRONOX PROCESS

El proceso demuestra una alta eficiencia de eliminación de DQO en torno al 55-60% en comparación con el 30-35% para el asentamiento primario. Los rendimientos promedio para la eliminación de fracciones de DQO son muy similares a los obtenidos mediante la simulación: DQO (s) 29.4%, DQO (c) 3.4% y DQO (p) 70.5%.

El efecto amortiguador del proceso PRONOX, permite un dimensionamiento inferior para las puntas en la Unidad de Lodos Activos posterior. La implementación del Proceso PRONOX, conjuntamente con el Proceso Anammox, en la línea de retornos a fin de reducir la demanda de materia orgánica en Desnitrificación, conlleva, un ahorro total del consumo de energía eléctrica en la EDAR del 30-35%. La implementación del Proceso PRONOX en sustitución de la Decantación Primaria comporta una reducción del volumen de los Reactores de Lodos Activos del 36%, este dato no solo es importante a nivel de coste de realización de la obra, sino que tiene una gran importancia en reducción del espacio ocupado

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que el proceso PRO-NOX presenta un elevado rendimiento en eliminación de DQO, del orden de 55-60 % frente al 30-35 % de la Decantación Primaria y además actúa a su vez como filtro de la DQO amortiguando sus variaciones, y en consecuencia reduciendo las puntas influentes a la Unidad de Lodos Activos. En términos de generación de lodos, el proceso PRONOX, conlleva una reducción del 36% del volumen del Reactor de Lodos Activos, y un incremento del volumen de Digestión Anaeróbica del orden del 10% con el consiguiente aumento de producción de biogás.

Todo ello permite reducir el consumo total de energía eléctrica alrededor de un 30-35% al utilizarlo como sustituto de la decantación primaria. El sistema de control implementado mantiene constante la concentración de biomasa en el reactor de forma que un incremento de carga influente conlleva un incremento de OLR, un incremento en la velocidad de eliminación de DQO y DBO5, y un incremento en la Purga de Sólidos. Todo ello permite reducir el consumo total de energía eléctrica alrededor de un 30-35% al utilizarlo como sustituto de la decantación primaria.

AGRADECIMIENTOS

GS Inima Environment, agradece al Consorci Besòs-Tordera permitiera instalar la Planta Piloto en la EDAR de Montornès, y su total colaboración durante los trabajos de operación del mismo, y en forma muy espacial al personal de operación de la EDAR. También agradece al Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) la financiación del proyecto. ■

demonstrated a high COD removal efficiency of around 55%-60% compared to 30%-35% for primary settling. The average removal efficiencies for COD fractions are very similar to those obtained in simulation: COD (s) 29.4%, COD (c) 3.4% and COD (p) 70.5%.

The buffering effect of the PRONOX Process enables smaller sizing of elements in the downstream Activated Sludge Unit. The implementation of the PRONOX Process in combination with the Anammox Process in the return line for the purpose of reducing the demand for organic matter in Denitrification, leads to a total saving of 30%-35% in electricity consumption at the WWTP. The implementation of the PRONOX Process to replace Primary Settling brings with it a 36% reduction in the volume of the Activated Sludge Reactors, which is not only important in terms of the cost of building the reactors, but also in terms of reducing reactor footprint.

CONCLUSIONS

The results obtained allow us to conclude that the PRONOX Process has a high COD removal efficiency of around 55%-60% compared to 30%-35% for Primary Settling. The Process also acts as a COD filter, buffering against variations and consequently reducing COD peaks in the influent to the Activated Sludge Unit. In terms of sludge generation, the PRONOX Process leads to a 36% reduction in the volume of the Activated Sludge Reactor, and an increase in the volume of Anaerobic Digestion of around 10%, with a consequent increase in biogas production. All this means that total electricity consumption can be reduced by around 30%-35% by using the PRONOX Process to replace Primary Settling. The control system implemented keeps the biomass concentration in the reactor constant so that an increase in influent load leads to an increase in OLR, an increase in COD and BOD₅ removal rates, and an increase in the removal of solids. As a result, replacing Primary Settling with the PRONOX Process enables total electricity consumption to be reduced by approximately 30%-35%.

ACKNOWLEDGEMENTS

GS Inima Environment would like to thank the Consorci Besòs-Tordera for facilitating the installation of the Pilot Plant at the Montornès WWTP, and for its full collaboration during the operation of the plant, with special mention for the WWTP operating staff. The company would also like to express its gratitude to the Centre for the Development of Industrial Technology (CDTI) for funding the project. ■

Referencias | References

Proceso PRONOX: ahorro de energía en EDAR, mediante procesos no oxidativos. J. Canals, O. Carbó, A. Ordóñez, M. Baldi, B. Gutiérrez, F. Huertas, H. Monclús, M. Poch, M. Martín. Tecnoqua, ISSN 2340-2091, Nº. 48, 2021, págs. 78-87

Colloids, flocculation and carbon capture—a comprehensive plant-wide model. Hélène Hauduc, Ahmed Al-Omari, Bernhard Wett, Jose Jimenez, Haydee De Clippeleir, Arifur Rahman, Tanush Wadhawan and Imre Takac. Water Science & Technology. January 2019 IWA Publishing 2018

High-rate activated sludge system for carbon management Evaluation of crucial process mechanisms and design parameters, J.Jimenez,M.Miller,Ch.Bott,S.Murthy,H.de Clippelier,B.Bett. Water Research, July 2015.

Controlling the COD removal of an A-stage pilot study with instrumentation and automatic process control Mark W. Miller, Matt Elliott, Jon DeArmond, Maureen Kinyua, Bernhard Wett, Sudhir Murthy and Charles B. Bott. Water Science & Technology March 2017

J.Canals *, O.Carbó*, A. Ordóñez*, B. Gutiérrez*, M. Baldi *, F.Huertas, H. Monclús**,M.Martín**, M.Poch**

*GS Inima, Madrid Spain.

** LEQUIA. Ud G, Girona Spain