

ECODIGESTIÓN, UNA HERRAMIENTA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROALIMENTARIOS EN EDARs QUE CUENTAN CON DIGESTIÓN ANAEROBIA, HAN EXPERIMENTADO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS UN INCREMENTO DE LOS BENEFICIOS TANTO ECONÓMICOS COMO AMBIENTALES. LA ADECUADA DOSIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES RESIDUOS CON EL FANGO ES FUNDAMENTAL PARA OPTIMIZAR LA DIGESTIÓN ANAEROBIA Y EVITAR CUALQUIER ALTERACIÓN EN EL SISTEMA.

El Grupo Aguas de Valencia a través del proyecto LIFE ECODigestion "Automatic control system to add organic waste in anaerobic digesters of WWTP to maximize the biogas as renewable energy", está desarrollando un sistema de control automático de dosificación de cosustratos basado en el modelo Anaerobic Digestion Model 1 (ADM1) y que tiene como objetivos el incremento de la producción de biogás, el aumento del porcentaje de metano y la mayor capacidad para gestionar residuos orgánicos industriales.

El tratamiento de residuos orgánicos por digestión anaerobia (DA) ha experimentado un incremento sustancial en los últimos años debido a sus numerosos beneficios (De Baere, 2000; Mata-Alvarez et al., 2000; Mata-Alvarez, 2002). A nivel Europeo este incremento de procesos anaerobios con residuos orgánicos se ve reflejado en la reducción de emisiones medidas en toneladas equivalentes de petróleo (MToe), donde se ha pasado de 3.8 MToe en el 2003 a 12.0 Mtoe en el 2012 (EurObserv'ER, 2005, 2013). Uno de los valores añadidos en la DA es la posibilidad de recuperar energía ya que en los digestores anaerobios se producen una serie de reacciones metabólicas acopladas que tiene como resultado la generación de biogás, el cual está principalmente compuesto en un (65-70%) de metano y dióxido de carbono (Wheatley, 1990)

En contraposición, la DA anaerobia presenta una serie de inconvenientes, relacionados en gran medida a los largos periodos de arranque, inestabilidad inicial y vulnerabilidad ante variaciones ambientales y de proceso como la temperatura, la agitación y la carga orgánica. También existen una gran variedad de sustancias inhibitorias que son la primera causa de desestabilización de la DA (Chen et al., 2008). En este sentido, un conocimiento adecuado del proceso y su correcta gestión, favorece su funcionamiento, incrementando la eficiencia energética de las instalaciones apostando por una política de buenas prácticas ambientales.

Siguiendo con esta línea del tratamiento de residuos orgánicos en la DA, el Grupo Aguas de Valencia está realizando un proyecto con financiación europea para la automatización de la dosificación conjunta de fango biológico y residuos de alta carga orgánica procedentes de la industria.

Materiales y métodos

Lugar de estudio

El desarrollo se está desarrollando en la EDAR Quart-Benàger, Valencia. La EDAR depura aguas residuales urbanas e industriales con una población equivalente de proyecto de 450,000. La instalación dispone de 3 digestores anaerobios de 6,504 m³ cada uno que trabajan en rango mesofílico.

Procedimiento experimental

El proyecto se inició en el año 2014 y tendrá una duración de 3 años. El proyecto se divide en 4 fases:

ECODIGESTION, A TOOL TO INCREASE BIOGAS PRODUCTION

THE TREATMENT OF AGRO-FOOD WASTE AT WWTPs WITH ANAEROBIC DIGESTION FACILITIES HAS GIVEN RISE TO INCREASED ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL BENEFITS IN RECENT YEARS. THE CORRECT DOSING OF THE DIFFERENT WASTES WITH THE SLUDGE IS VITAL IF ANAEROBIC DIGESTION IS TO BE OPTIMISED AND SYSTEM IMBALANCES ARE TO BE PREVENTED.

Grupo Aguas de Valencia, through the LIFE ECODigestion project "Automatic control system to add organic waste to WWTP anaerobic digesters to maximize the production of biogas as a renewable energy", is developing an automatic control system for the dosing of cosubstrates based on the Anaerobic Digestion Model 1 (ADM1). This system seeks to increase biogas production, increase the percentage of methane and provide greater capacity for the management of organic industrial waste.

The implementation of anaerobic digestion (AD) to treat organic waste has grown substantially in recent years due to the numerous benefits it affords (De Baere, 2000; Mata-Alvarez et al., 2000; Mata-Alvarez, 2002). At European level, this increase in the implementation of anaerobic processes for organic waste treatment is reflected in the figure for emissions savings expressed in million tonnes of oil equivalent (MToe), which rose from 3.8 MToe in 2003 to 12.0 MToe in 2012 (EurObserv'ER, 2005, 2013).

An added value of AD is the possibility of energy recovery, due to the fact that a number of coupled metabolic reactions take place in anaerobic digesters and these reactions result in the production of biogas. This biogas is mainly composed of methane (65-70%) and carbon dioxide (Wheatley, 1990).

In contrast, AD presents a number of drawbacks, which are largely related to long start-up periods, initial instability and vulnerability to ambient and process variations, such as temperature, agitation and organic loading. There is also a wide variety of inhibiting substances, which are the primary cause of AD destabilisation (Chen et al., 2008). In this respect, adequate knowledge of the process and its correct management, along with a commitment to good environmental practices, favours the functioning of AD and increases the energy efficiency of facilities.

In line with the growing trend of treating organic waste in AD, Grupo Aguas de Valencia is undertaking a European-funded project related to the co-dosing of biological sludge and industrial waste with a high organic load.

Materials and methods

Location of study

The project is taking place at the Quart-Benàger WWTP in Valencia. This WWTP treats urban and industrial wastewater for a design population equivalent of 450,000. It has three anaerobic digesters with a unitary capacity of 6,504 m³, each of which operates in a mesophilic range.

Experimental procedure

The project commenced in 2014 and will have a duration of 3 years. It is divided into 4 stages:

1. Evaluación de los diferentes residuos orgánicos disponibles, caracterización de los mismos y estudio de las dosis aplicables.
2. Diseño del prototipo y realización de ensayos.
3. Validación del automatismo
4. Divulgación de resultados e instalación del mismo en otras instalaciones.

Actualmente el proyecto se encuentra en la Fase 1 y 2.

Fase 1: Evaluación de los diferentes residuos orgánicos disponibles, caracterización de los mismos y estudio de las dosis aplicables.

En la primera fase se estudiaron las industrias ubicadas en las inmediaciones de la EDAR de Quart-Benàger y los posibles residuos susceptibles de aprovechamiento. Una vez realizado este primer paso se procedió a la recogida de los residuos de cada una de las industrias. A estos, se les ha realizado una caracterización previa para seleccionar los más viables de los no viables. Los parámetros analizados y los criterios han sido:

Units	
pH	
Conductivity	mS/cm
COD (Chemical oxygen)	g/l
% TS (Dry matter)	%
% VS (Volatile matter)	%
Total Nitrogen (Nt)	mg/l
Total Phosphorous (Pt)	mg/l
Amonium	mg/l
SO ₄	mg/l

Tabla 1. Parámetros determinados para la caracterización de residuos
Table 1: Parameters selected for waste characterisation

Mediante esta primera caracterización se han seleccionado 16 residuos de los 50 estudiados. El paso siguiente fue estudiar el potencial de producción de metano (BMP) y las dosis óptima de cada sustrato que se puede introducir en los digestores anaerobios sin que esto conlleve una alteración de los mismos.

La determinación de los BMP, se realizó a escala piloto en el laboratorio de la EDAR Quart-Benàger. El equipo utilizado es un Bioprocess Control AMPTS II (Automatic Methane Potential Test System) que consta de 15 reactores agitados de 500 ml, con salida del

1. Evaluation of the different available organic waste, characterisation of this waste and study of applicable doses.
2. Prototype design and testing.
3. Validation of the automatic system
4. Reporting of results and installation of the system at other facilities.

The project is currently in Stages 1 and 2.

Stage 1: Evaluation of the different available organic waste, characterisation of this waste and study of applicable doses.

In the first stage, the industries located in the immediate vicinity of the Quart-Benàger WWTP and the waste that might potentially be used were studied. After this first step, the waste was collected from each of the industries before undergoing preliminary characterisation to select the most feasible waste and discard unsuitable waste. The parameters analysed and the criteria implemented are shown in Table 1:

By means of this initial characterisation, 16 wastes were selected from the 50 wastes studied. The next step was to study the bio-methane potential (BMP) and the optimum dose of each substrate to be fed into the anaerobic digesters, without causing an imbalance in the AD process. The BMPs were determined on a pilot scale in the laboratory of the Quart-Benàger WWTP. The equipment used for this purpose was a Bioprocess Control AMPTS II (Automatic Methane Potential Test System) consisting of 15 500-ml agitated reactors with biogas outlet.

In order to maintain a constant temperature, the digesters were placed in a thermostatic bath at 39 °C. Agitation was carried out discontinuously in cycles of 600" in operation followed by 50" intervals of non-operation. In order to control biogas output, the biogas was sent through volumetric flowmeters, having first passed through an NaOH bottle to remove CO₂ so that only methane content was measured.

The values obtained were recorded continuously by the software of the equipment.

Study of the doses was carried out in accordance with the characterisation of the waste and the manner in which the waste arrived at the WWTP, given that the waste is sent to the plant in different formats depending on logistics: tanker trucks of 24 tonnes, 8 tonnes, 1 m³ containers.

The tests carried out at pilot level enabled the BMP to be determined and also provided information on potential imbalances in the digester through the analysis of physicochemical parameters such as acidity, alkalinity and



Figura 1. Equipo utilizado en los ensayos de laboratorio | *Figure 1: Equipment used in the laboratory tests*

Hechos de agua

1890-2015

Una exposición que cambiará tu percepción
sobre el elemento que sustenta la vida.
Una inmersión en la historia de la sociedad y
de Aguas de Valencia.

Un presente orientado a las personas
y las necesidades de la sociedad
y un futuro lleno de posibilidades para
seguir gestionando eficientemente
nuestro bien máspreciado: el agua.

125 años de agua.
125 años de historia.

EXPOSICIÓN

7 de octubre - 3 de enero

ENTRADA GRATUITA

www.hechosdeagua.es

**Fundación
Bancaja**

Plaza Tetuán, 23 Valencia


**grupo aguas
de valencia**

125
ANIVERSARIO

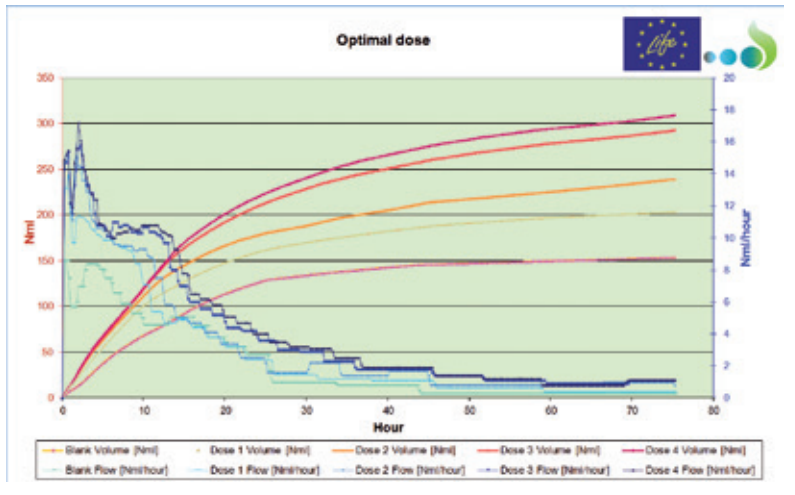


Figura 2. Ensayos de determinación de dosis óptima | Figure 2: Tests to determine the optimal dose

COD, in addition to enabling the the optimal feed-in doses to be determined (Table 2)..

The degradation of each of the wastes depended on its composition (sugars, fats, proteins...) and the different bacterial populations inside the digester.

These tests to determine the BMP, along with the study of the bacterial populations in the digester, enable the ADM1 model to be adapted to the characteristics of each of the digesters.

Automatic and controlled dosing will enable the methanogenic populations involved in the AD process to be increased because overloads, proliferation of the sulphate-reducing metabolism, and cell lysis due to the entrance of toxics or inhibitors will be prevented at all times.

biogás. Para mantener la temperatura constante de los digestores, estos se encuentran en un baño termostático a 39 °C. La agitación se realiza de forma discontinua con ciclos de 600" marcha y 50 "paro. Para el control de la producción de biogás, éste se hace pasar por unos caudalímetros volumétricos que previamente tienen una botella de NaOH para eliminar el CO2 y que sólo se contabilice el metano.

Los valores obtenidos son registrados en continuo por el software del equipo.

Las dosis estudiadas se han realizado en función de la caracterización del residuo y la forma de entrada del residuo en la EDAR, dado que estos residuos llegan a la EDAR en diferente formato en función de su logística: cisternas de 24 Tn, 8 Tn, contenedores de 1 m³.

Los ensayos realizados a nivel piloto permiten por un lado determinar el BMP (Figura 2), conocer las posibles alteraciones en el digester mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos como la acidez, alcalinidad, DQO y determinar las dosis óptimas de alimentación (Tabla 2).

La degradación de cada uno de los residuos depende de su composición (azúcares, grasas, proteínas,..) y de las diferentes poblaciones bacterianas presentes en el interior del digester.

Estos ensayos de determinación del BMP junto con el estudio de las poblaciones existentes en el digester permitirán adecuar el modelo ADM1 a las características de cada uno de los digestores.

La dosificación automática y controlada permitirá incrementar las poblaciones metanogénicas que intervienen en el proceso de DA dado que se evitará en todo momento sobrecargas, proliferación del metabolismo sulfatorreductor o lisis celular por entrada de tóxicos o inhibidores.

Fase 2: Diseño del prototipo y realización de ensayos

En esta fase, los ensayos se realizarán a escala piloto continua con los mismos regímenes de funcionamiento de la EDAR. La planta piloto consta de 2 digestores anaerobios de 1500 litros organizados

Stage 2: Prototype design and testing

In this stage, the tests are carried out continuously at pilot scale with the same operating regimes as those of the WWTP.

The pilot plant consists of 2 1,500-litre anaerobic digesters arranged in two parallel lines with an agitation system, sampling points, biogas analysers and flowmeter, and sludge and cosubstrate flowmeters.

Having two lines enables comparison of the effect of feeding cosubstrates into one digester with the operation of the other digester, which is only fed with sludge from the plant. In this way, it is possible to determine the imbalances caused by the addition of the cosubstrates, the production of these cosubstrates and their effect on the population dynamics.


 Availability/ Trip (m3)	Dosage range (m3/day)	Optimal dose (m3/day)	
Waste 35	25	10-50	25
Waste 40	10	1-20	5
Waste 37	24	2-50	8
Waste 12	25	25-100	25
Waste 45	22	1-25	2
Waste 13	100	1-100	10
Waste 48	25	5-50	10
Waste 49	10	10-50	10
Waste 31	10	10-50	10
Waste 44	22	10-75	22
Waste 45	25	1-75	8
Waste 7	20	1-20	1,5
Waste 4	10	1-5	1
Waste 17	10	10-50	10
Waste 49	8	5-75	8
Waste 16	25	1-75	8

Tabla 2. Dosis óptimas para cada uno de los residuos | Table 2: Optimal dose for each waste

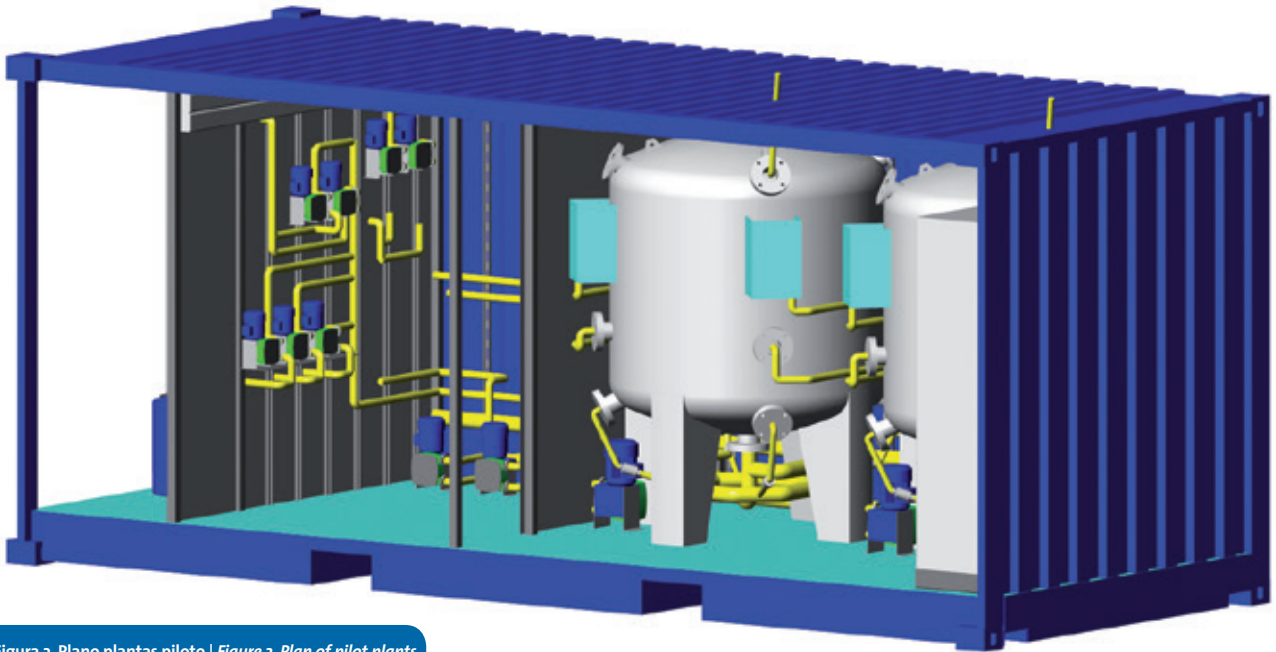


Figura 3. Plano plantas piloto | Figure 3. Plan of pilot plants

en dos líneas paralelas con sistema de agitación, puntos de muestreo, analizadores y caudalímetro de biogás, caudalímetros de fango y de cosustratos.

Disponer de dos líneas permite comparar el efecto de la introducción de los cosustratos en un digestor frente a la operación del otro en el que sólo se alimentará de fangos de planta. De este modo, es posible determinar las alteraciones que se producen como consecuencia de la adición de los cosustratos, sus producciones y el efecto de su introducción sobre la dinámica poblacional.

A su vez, disponer de dos digestores piloto facilitará la validación de cada una de las variables que se modifiquen en el software basado en el ADM1.

En la Figura 3 se muestra un esquema de las plantas piloto dónde, de manera conjunta con los digestores reales de la EDAR Quart-Benàger, se realizará el desarrollo y validación del nuevo automatismo.

Fase 3 y Fase 4

La Fase 3 de Validación del automatismo dará comienzo una vez finalizada la fase 2. En cuanto a la Fase 4 comprende la Divulgación de resultados e instalación del mismo en otras instalaciones, en la cual se va realizando la divulgación de resultados previos, a medida que avanza el proyecto.

Agradecimientos

To the European Union for the funding of this LIFE project (Life 13ENV/ES/000377).

P.Granell*, M. J. Tarrega*A. Baeza**, J.C. Cambralla*, V. Fajardo***

* Empresa General Valencia del Agua, S.A.

** Sociedad Española de Abastecimiento, S.A

***Aguas de Valencia, S.A

Having two pilot digesters will also facilitate the validation of each of the variables modified by means of the software based on the ADM1.

Is a schematic diagram of the pilot plants, where, in conjunction with the real plant digesters at the Quart-Benàger WWTP, the development and validation of the new automatic system will be carried out.

Stage 3 and Stage 4

Stage 3 for the Validation of the automatic system will begin when Stage 2 concludes. Stage 4 comprises the Reporting of results and installation of the system at other facilities. Reporting of preliminary results will take place as the project progresses.

Acknowledgement

To the European Union for the funding of this LIFE project (Life 13ENV/ES/000377).

Referencias | References

- Chen, Y., Chen, J.J., Creamer, K.S. 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: a Review. *Bioresour. Technol.* 99, 4044-4064.
- De Baere, L. (2000). Anaerobic digestion of solid waste: state-of-the-art. *Wat. Sci. Technol.*, 41(3), 283-290
- EuroObserv'ER 2005. European barometer of renewable energies. In 5th Report, ISBN 2-913620-35-3. Systèmes Solaires, Paris, France.
- EuroObserv'ER 2013. The state of renewable energies in Europe, edition 2013. In: 13th EurObserv'ER Report, ISBN 2101-9622. Observ'ER, Paris, France.
- J. Mata-Alvarez, J. Dosta, X. Fonoll, M. Romero, M. Peces and S. Astals. Anaerobic co-digestion: a review of achievements and perspectives. 13th World Congress on Anaerobic Digestion.
- Mata-Alvarez, J., Mace, S. and Llabres, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of reserchivement ans perspectives. *Bioresour.* 74, 3-16
- Mata-Alvarez, J. (ed) (2002). *Biomethanization of the Organic Fraction of the Municipal Solid Wastes*. IWA Publishing, London, UK
- Weathley, A., 1990. *Anaerobic Digestion: A Waste Treatment Technology*. Elsevier, London.