

PARQUE DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LASESA

J. Mtnez-Almela (p)¹, J. Guillén Torres ⁽²⁾, A. Boné Garasa ⁽²⁾, P. Romero González ⁽²⁾

(1). Bioagroproject Biotech PPM. Castellón (2) Dpto.Proyectos.ETSA.Campus Huesca

Resumen

La Comunidad de Regantes de LASESA está integrada dentro de la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, ocupando una superficie de riego por aspersión equivalente a 9.756 Ha, utilizando el agua de riego proveniente del Embalse de Grado a través del Canal del Cinca y la acequia de Pertusa, con un trayecto de 62 Km, equivalente a un tiempo de recorrido de 2 días.

Una de las problemáticas más importante existentes la edad de las instalaciones, proyectadas y construidas durante la segunda mitad de la década de los años 70 del pasado siglo y con una entrada en funcionamiento en el año 1981. Como parece lógico, los criterios de diseño del Proyecto inicial difieren sustancialmente de las necesidades de las actuales explotaciones.

Estas instalaciones conforman una red de tuberías de más de 700 Km (con casi 30 años de antigüedad), realizadas a base de fibrocemento (material actualmente en desuso, no se fabrican esta tipología de tubería en la actualidad), con 1.132 hidrantes, 414 Km de drenajes y 5 estaciones de bombeo con 8.900 Kw de potencia eléctrica instalada.

Este escenario, unido a la evolución del mercado agrícola, no contribuye en absoluto a la necesaria competitividad de la agricultura de corte tradicional imperante en la zona, el agricultor necesita identificar y aplicar nuevos cultivos capaces de rentabilizar su explotación con una marcada tendencia hacia cultivos hortícolas de corte extensivo, que, si bien le pueden aportar una mayor rentabilidad, por el contrario precisan de un sistema de riego diferente al utilizado hasta la fecha (época, aplicación, tiempo, impacto del mantenimiento, etc).

En esta coyuntura la Comunidad de Regantes planteó en el año 2005 como solución un Programa de Proyectos de Sostenibilidad caracterizado por:

1. Proyecto de Nuevo Embalse de Riego y adaptación de las infraestructuras de regadíos
2. Proyecto de Energías Renovables:
 - 2.1. Eólica
 - 2.2. Solar fotovoltaica
 - 2.3. Biomasa con aprovechamiento termoléctrico

1.- Introducción.

La Comunidad de Regantes de LASESA está integrada dentro de la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, ocupando una superficie de riego por aspersión equivalente a 9.756 Ha, utilizando el agua de riego proveniente del Embalse de Grado a través del Canal del Cinca y la acequia de Pertusa, con un trayecto de 62 Km, equivalente a un tiempo de recorrido de 2 días.

Una de las problemáticas más importante existentes la edad de las instalaciones, proyectadas y construidas durante la segunda mitad de la década de los años 70 del pasado siglo y con una entrada en funcionamiento en el año 1981. Como parece lógico, los criterios de diseño del Proyecto inicial difieren sustancialmente de las necesidades de las actuales explotaciones.

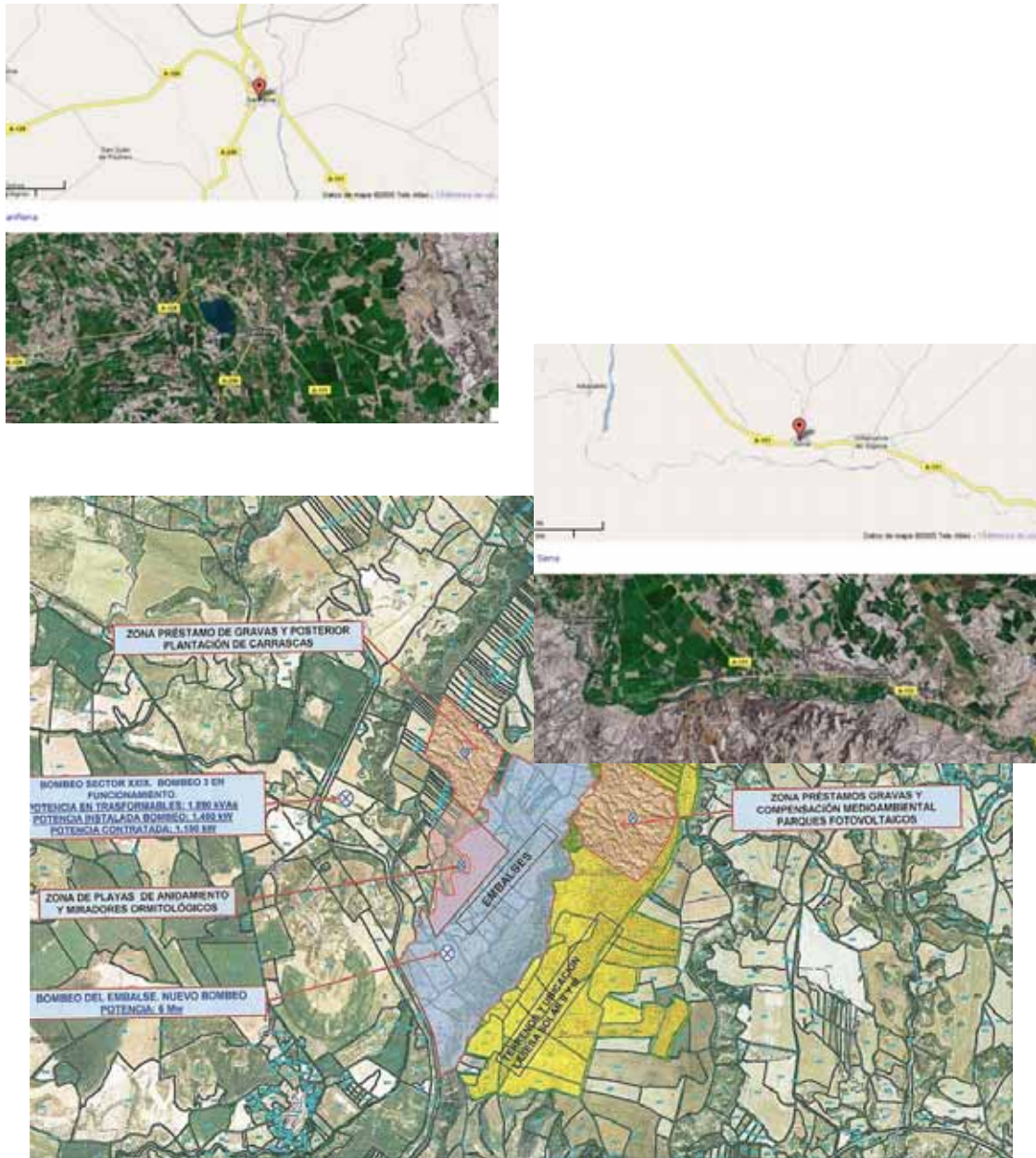
Estas instalaciones conforman una red de tuberías de más de 700 Km (con casi 30 años de antigüedad), realizadas a base de fibrocemento (material actualmente en desuso, no se fabrican esta tipología de tubería en la actualidad), con 1.132 hidrantes, 414 Km de drenajes y 5 estaciones de bombeo con 8.900 Kw de potencia eléctrica instalada.

Este escenario, unido a la evolución del mercado agrícola, no contribuye en absoluto a la necesaria competitividad de la agricultura de corte tradicional imperante en la zona, el agricultor necesita identificar y aplicar nuevos cultivos capaces de rentabilizar su explotación con una marcada tendencia hacia cultivos hortícolas de corte extensivo, que, si bien le pueden aportar una mayor rentabilidad, por el contrario precisan de un sistema de riego diferente al utilizado hasta la fecha (época, aplicación, tiempo, impacto del mantenimiento, etc).

En esta coyuntura la Comunidad de Regantes planteó en el año 2005 como solución un Programa de Proyectos de Sostenibilidad caracterizado por:

3. Proyecto de Nuevo Embalse de Riego y adaptación de las infraestructuras de regadíos : mediante la construcción de un embalse interno que permita el riego en los momentos precisos por los cultivos, con una capacidad de 9,85 Hm³, ubicado en la cabecera de la Comunidad de regantes, para lo cual se acogió la construcción al Plan de Modernización de Regadíos del MAPA, si bien ello implicó el aumento de las derramas por parte de la Comunidad;
4. Proyecto de Energías Renovables: se identificaron distintas fuentes de energía para su desarrollo con el objetivo de hacer posible la financiación de las inversiones y gastos derivados de la modernización de las infraestructuras de regadíos y construcción del embalse.
 - 2.4. Eólica: habida cuenta del potencial eólico de la zona, con una tipología media de aprovechamiento disponible;
 - 2.5. Solar fotovoltaica: habida cuenta de la ubicación geográfica y horas de insolación/día y año aprovechables y ;
 - 2.6. Biomasa con aprovechamiento termoléctrico: inicialmente dirigida al desarrollo de tecnologías de gasificación, evolucionó hacia tecnologías probadas que además pudiesen aprovechar otros recursos de biomasa endógena, como fuente de cosustrato para AD (digestión anaeróbica) y cogeneración del biogás obtenido.

Los resultados de generación y venta de la energía producida en cada uno de los subproyectos energéticos de energía renovable y su impacto en la viabilidad económica por la construcción del nuevo embalse y adecuación de las infraestructuras de riego se resumen en los apartados siguientes.



Figuras 1, 2, 3: Zona de Actuación del Programa de Proyectos

En el presente documento se centra en la descripción y desarrollo de la tecnología adecuada para el establecimiento de una serie de instalaciones de tratamiento y valorización de los residuos zootécnicos (fundamentalmente purines y cadáveres), obteniéndose como resultado las siguientes formas de valorización:

- Una producción de energía eléctrica: mediante un sistema tarifario al amparo del RD 661/2007 de generación de energía en Régimen Especial.
- Un aprovechamiento energético de la energía térmica producida en el proceso de cogeneración.
- Una valorización de la fracción sólida de la biomasa digerida, mediante su potencial uso como fertilizante agrario y la posibilidad de creación de fertilizantes "a la carta".
- Creación de bancos de agua con calidad y seguridad, mediante procesos optimizados de depuración biológica y remoción de nutrientes.
- Potenciales ahorros derivados de la eliminación del actual coste de gestión de purines y cadáveres.

2.- Hipótesis de Diseño.

Se parte de la producción de purines y cadáveres en la zona objeto de estudio.

A partir de los datos facilitados por la propia Comunidad de Regantes, se toma como Caudal nominal de tratamiento 510 m³/día, sobre la disponibilidad a partir de purines y con estratos SANDACH en las explotaciones de la zona de la Comunidad de Regantes de Lasesa. A continuación se resumen las cantidades de residuos porcinos que producidos anualmente en las granjas de Lasesa distinguiendo el tipo de explotación, por generar cantidades de residuos diferentes y de distinta tipología y composición (El desglose para el total de las explotaciones se adjunta como Anexo: Tabla 1)

		producción de cadáveres			
		nº de plazas	nº cadáveres	kg de cadáveres	Tm de cadáveres
SITIO-3	CERDO DE CEBO	10.000	1.680	84.000	84
SITIO-1 + SITIO-2	CERDA REPRODUCTORA	20.000	21.200	440.000	440
TOTAL		30.000	22.880	524.000	524

Tabla 1. Producción Anual de Cadáveres Lasesa

		Prod.animal/día		Producción purín		producción anual	
		mínimo	máximo	mínimo día (m3)	máximo día (m3)	mínima (m3)	máxima (m3)
SITIO-3	CERDO DE CEBO	9	10	174	203	63.478	74.058
SITIO-1 + SITIO-2	CERDA REPRODUCTORA	48	80	485	797	176.947	290.868
TOTAL		57	90	659	1.000	240.426	364.926

Tabla 2. Producción de Purines Lasesa

3.- Características Efluente de Entrada (Purín porcino y otros co-sustratos para Digestión Anaerobia)

Dado que no se disponen datos analíticos para la totalidad de las explotaciones, para la realización del presente estudio, se toman las características del purín del histórico de resultados obtenidos en plantas reales en funcionamiento (de las medias de las plantas de tratamiento de SELCO M.C) Estos datos pueden ser consultados en:

- ▶ *BIORESOURCE TECHNOLOGY Volume 96, issue 2, January 2005, ISSN 0960-8524 bajo el título "SELCO-ecopurin pig slurry treatment system" Anexo 1.*
- ▶ http://www.cals.ncsu.edu:8050/waste_mgt/smithfield_projects/phase1report04/A.9Super%20Soil%20final.pdf (Pásg 16 a 21)*Evaluation of Environmentally Superior Technology: Swine Waste Treatment System for Elimination of lagoons, Reduced Environmental Impact, and Improved Water Quality. (Prepared by Matias B. Vanotti, PI USDA-ARS).*
- ▶ *Management manure treatment plant: the farm school of Murcia university's veterinary science Faculty (Spain)". Symposium state of the science animal manure and waste management. ASAE-CREES multi-state committee S-1000. Animal manure and waste utilization, treatment and nuisance avoidance for a sustainable agriculture. San Antonio (Texas) 5-7 Enero 2005. Autor: J. Mtnez-Almela., Coautor: A. Muñoz; J. Barrera*

4.- Descripción de Procesos

El proceso de tratamiento para la valorización de la biomasa objeto de descripción (purines y cadáveres) es un proceso modular, cuyo resumen se observa en la Figura 4 y en la Figura 1 del Anexo donde se recoge un diagrama de flujo de detalle del proceso global. A continuación se describe el proceso en detalle.

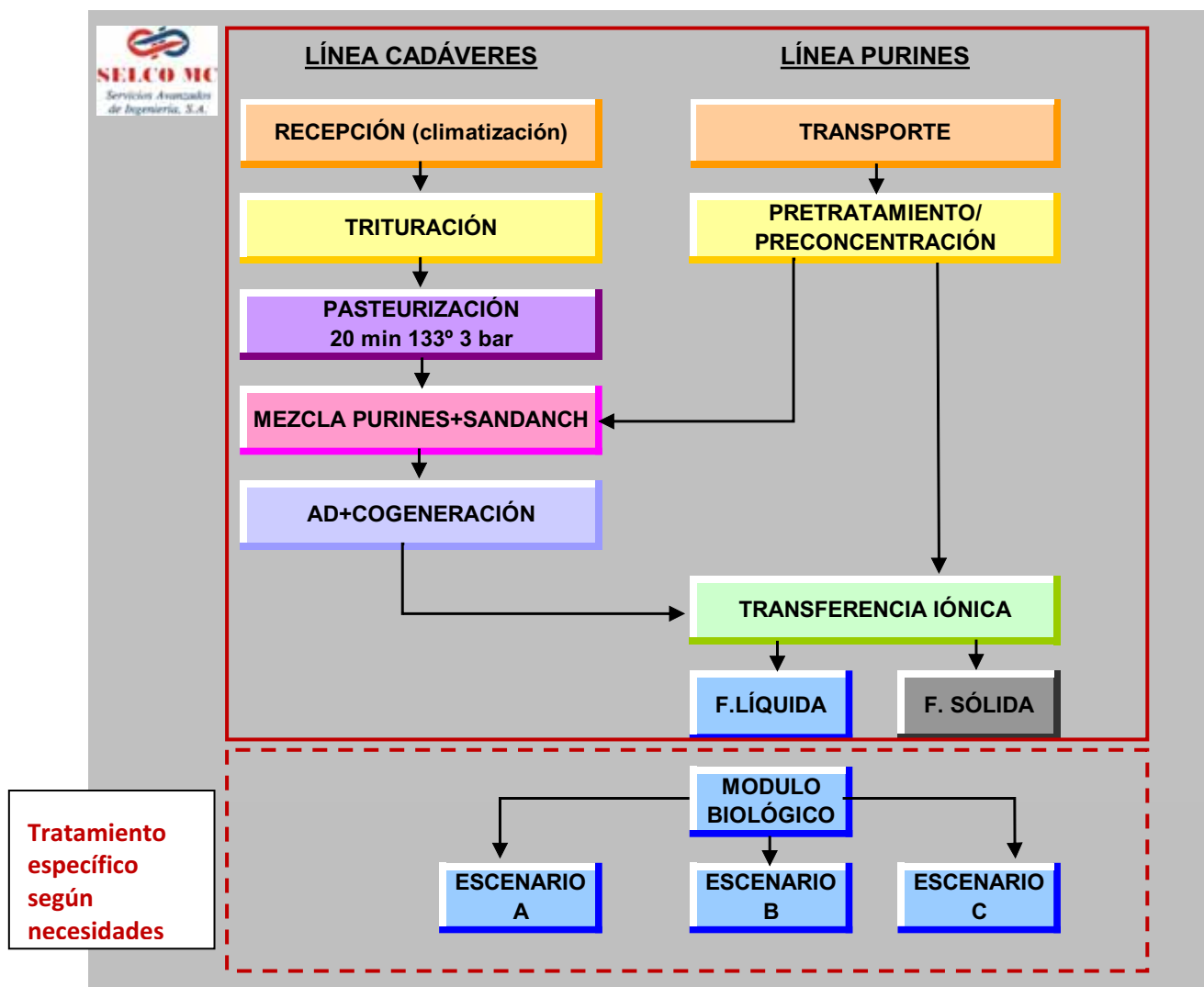


Figura 4: Descripción del proceso global de tratamiento

5.- Recepción

Se distinguen dos entradas al proceso de tratamiento:

- Purines: Los purines llegan a la planta de tratamiento por medio de conducciones al efecto.
- Cadáveres: Los cadáveres producidos en la propia explotación, pasan, de la sala de necropsias a un almacenamiento frigorífico que mantiene el residuo a 4°C a la espera del tratamiento. Este almacenaje frigorífico se dimensiona con un coeficiente de seguridad que permita almacenar el residuo correspondiente a 3 días de funcionamiento normal de la explotación.

6.- Pretratamiento y Pasteurización. Línea de Cadáveres

El pretratamiento se realizará en el interior de una zona cubierta y cerrada. Los cadáveres y otros Sandach (placentas y puntualmente otros Sandach generados exclusivamente en las explotaciones de la zona) serán transportados por medios mecánicos (Dumper estanco o similar) desde la zona de almacenamiento hasta la zona de pretratamiento. Una cinta

transportadora portará cadáveres y Sandach citados, hasta la tolva de recepción del equipo de trituración, que la efectuará a un tamaño de partícula inferior a 50 mm con el fin de asegurar la homogeneidad y efectividad del siguiente proceso de tratamiento cual es el módulo de pasteurización.

El módulo de pasteurización funcionará en modo semi-continuo (según el volumen y frecuencia de los cadáveres y eventuales Sandach generados en la explotación, en el cual está previsto que la llegada de este material no se efectúe de un modo continuo). El proceso de pasteurización se efectúa en tres fases que tendrán lugar en respectivos depósitos que se encontrarán en agitación permanente.

- a) Llenado y calentamiento: en esta fase, el triturado homogéneo se incorpora al sistema junto con el agua proveniente de la limpieza de la línea de pretratamiento.
- b) Pasteurización: según el Reglamento (CE) Nº 1774/2002 referente a la clasificación y metodología para la transformación de productos de origen zootécnico existen diversos métodos de pasteurización según la naturaleza del producto, que en nuestro caso concentraremos en el procedimiento para categoría II, por una cuestión de volúmenes, y características del proceso. Así el método utilizado será el Método 1:

Se aplicará una reducción con el triturado, de un tamaño no mayor de 50 mm y una posterior pasteurización a 133°C y 3 bares de presión durante 20 minutos.

- c) Enfriamiento y vaciado: del mismo modo, este proceso estará provisto de un sistema de medida para el control de la temperatura en continuo y de los equipos necesarios para registrar también de forma continua estas medidas (PLC), incluido un sistema de seguridad contra calentamientos o deficiencias en éste.

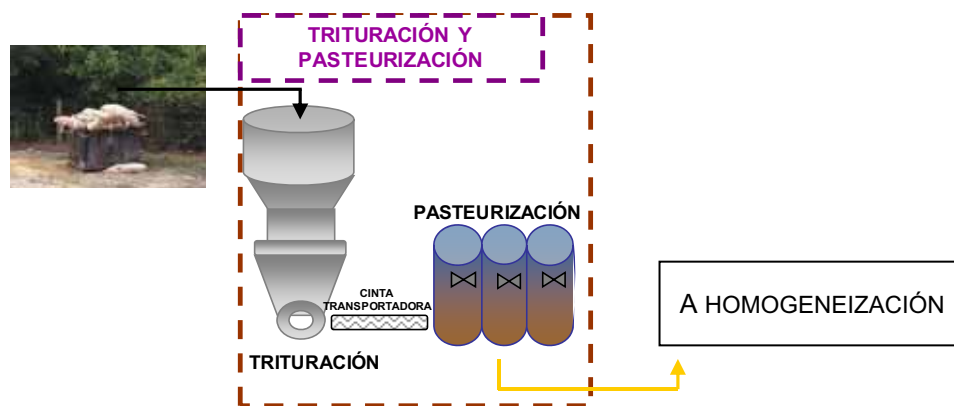


Figura 5: Módulo de pretratamiento y pasteurización

7.- Pretratamiento. Línea de Purines

El pretratamiento consiste en un sistema de desbaste compuesto por un sistema de filtrado de los sólidos gruesos de naturaleza orgánica e inorgánica, así como gran parte de pelos, fibras de animales estabulados y restos de cama. De esta forma, se evitan las posibles obstrucciones en conducciones posteriores. El purín bruto procedente de las mismas explotaciones de la zona y con destino al cotratamiento será bombeado desde la balsa de

acumulación de purines de la explotación. El purín pasará a través de un tamiz rotativo de desbaste que eliminará pelos y restos de piensos, así como cualquier elemento susceptible de provocar atascos en conducciones.

Es imprescindible homogeneizar el purín residual, por ello se instalará un tanque de homogeneización provisto de un equipo de agitación con hélice sumergida.

La capacidad del tanque de homogeneización será función del número de animales de la explotación o agrupación de estas. El criterio de diseño es que sea capaz de almacenar los purines producidos en 2-4 días.

Posteriormente, el purín es sometido a un proceso de flotación, de modo que una corriente equivalente a 1/3 del efluente inicial, será concentrada en sólidos en suspensión, y bombeada al proceso de digestión anaeróbica (fracción concentrada). El resto del purín, pasará directamente al proceso de transferencia iónica (fracción diluida).

Todas las líneas (purines y cadáveres pretratados) terminarán en una balsa de homogeneización donde esta mezcla será almacenada y homogeneizada, estando dotada de un sistema de agitación por hélices sumergidas y una bomba centrífuga.

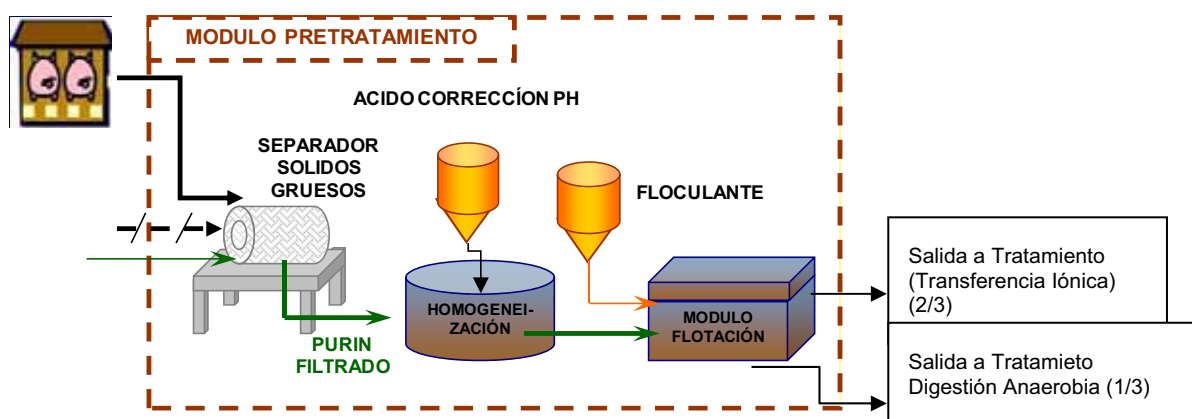


Figura 6: Módulo de pretratamiento línea de purines

8.- Digestión Anaerobia y Cogeneración

El módulo anaeróbico está compuesto de un digester primario, en el que se sucede la metanización de la sustancia orgánica, en regimen mesofílico, con control de la temperatura y agitación continua del sustrato mediante recompresión del propio biogás producido (tipo CSTR) con un TRH no inferior a 21 días y un digester secundario (con una campana gasométrica, la cual actúa como almacén regulador del biogás producido) desde donde será conducido el biogás a los motores de cogeneración, para su aprovechamiento termoeléctrico y exportación a la red dependiendo de las horas de vertido más convenientes según zona y especificación de la red eléctrica.

Antes de la entrada al digester primario, el fluido pasará a través de un intercambiador de calor que aumentará su temperatura hasta 40 °C. Este intercambiador de calor se alimentará del calor residual de los motores de cogeneración con excepción del arranque para lo que se utilizará una caldera.

La mezcla será bombeada al digestor primario, donde permanecerá una media de 21 días. El digestor está fabricado en acero inoxidable de espesor variable. Además estará recubierto de un aislante térmico para mantener la temperatura del purín durante su digestión.

El sistema de agitación del purín en el digestor se basa en la recompresión del gas. Compuesto de diversos tubos de acero inoxidable, situados en la parte superior del del digestor y distribuidos uniformemente por la superficie, que favorecerán la recirculación del biogás generado por acción de un compresor, desde la parte superior del digestor hasta el fondo, provocando de tal modo la agitación y flujo del gas producido.

Igualmente, tanto digestor secundario como la campana gasométrica estarán fabricados en acero inoxidable.

El trasvase desde el digestor primario al secundario será por efecto de la gravedad, aunque esté dotado además de un sistema de bombeo reversible, con bombas de recambio, con objeto de poder mantener niveles de purín distintos en uno y otro digestor.

Con objeto de evitar el sedimento de fangos o restos de sólidos en la parte inferior de los digestores, los depósitos están equipados con un sistema de tuberías que evacúen mediante bombeo tales lodos, transfiriéndolos entre los digestores, o directamente a la salida del purín ya metanizado. Tal operación deberá realizarse periódicamente con objeto de evitar acumulaciones de sedimentos.

La salida del digestor secundario del purín ya digerido se realizará mediante bombeo desde la parte inferior del depósito, o bien por gravedad, cuando este digerido alcance un nivel máximo. El purín será bombeado directamente y en modo automático hasta la balsa de recepción-homogeneización del módulo principal para después ser sometido al tratamiento de transferencia iónica.

El biogás producido se acumula en la campana gasométrica del digestor secundario, y es recirculado a los motores para proceder a su combustión y posterior transformación en energía termo-eléctrica.

Un programa informático regula toda la instalación y, en concreto, el funcionamiento de los motores de cogeneración para la producción de electricidad y de agua caliente.

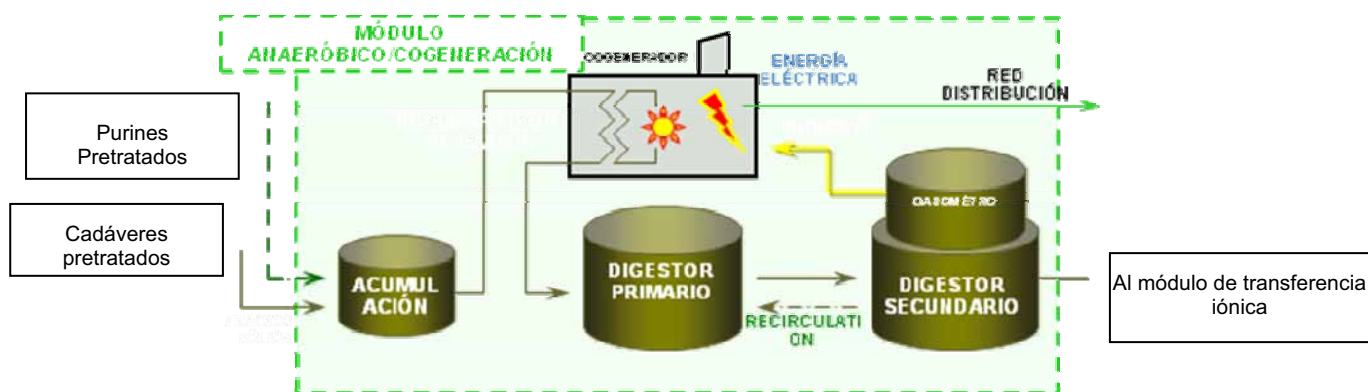


Figura 7: Módulo de digestión anaeróbica y cogeneración

9.- Transferencia Iónica. Sistema de separación optimizada sólido-líquido con la Tecnología Selco-Ecopurín®

La fracción digerida proveniente del digestor secundario es bombeada automáticamente al módulo de transferencia iónica, siendo controlado de un modo igualmente automático el flujo de alimentación.

En el reactor del módulo de transferencia iónica se sucede la transferencia de fases, el proceso de separación sólido-líquido, mediante la adición de un determinado tipo de polímero (PAM), el Ecopur, previamente preparado en un módulo específico y desde el que será dosificado siempre de un modo automático al núcleo del reactor, donde se mezclará con el purín estando sometido a una continua agitación que favorecerá la separación de fases.

El éxito de este proceso se basa en una eficiente floculación de la parte sólida en el reactor y que por desbordamiento se traslada a un tranquilizador en la parte superior del reactor donde un rotofiltro separará ambas partes sólida (floculado) de líquida.

Estos sólidos serán canalizados desde el tambor rotativo mediante un rascador a una tolva de recogida, donde una bomba los impulsará a un tamiz filtrante dónde serán deshidratados por acción física.

Gracias a las reacciones fisico-químicas ocurridas en el módulo principal de transferencia iónica se producen importantes eliminaciones de contaminantes.

Como resultado de este tratamiento se obtienen dos fracciones:

- La fracción líquida a la salida de este módulo será bombeada a la balsa de recogida del módulo biológico,
- La fracción sólida puede ser utilizada como enmienda orgánica o bien utilizada como materia prima en un proceso posterior de compostaje.

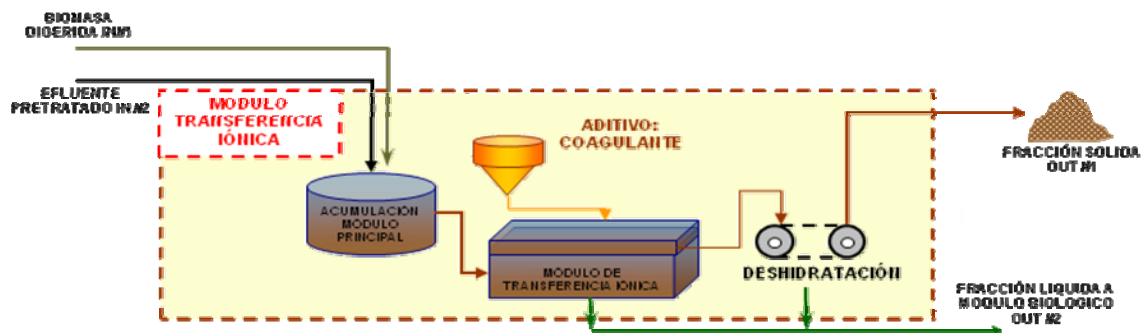


Figura 8: Módulo de separación optimizada sólido/líquido por transferencia iónica de fases.

Tras el tratamiento por separación optimizada de fases por Transferencia iónica. Los parámetros de control se ven reducidos según la tabla siguiente (valores obtenidos en experiencia).

<i>Parámetros Analíticos</i>	<i>Eliminación Total (%)</i>
<i>NTK</i>	<i>40</i>
<i>DBO5</i>	<i>60</i>
<i>SST</i>	<i>92</i>
<i>Pt</i>	<i>70</i>
<i>UO's</i>	<i>2-3 UO's</i>
<i>Patógenos</i>	<i>1-2 logs</i>

Tabla 3: Parámetros analíticos a la salida del Módulo de Transferencia Iónica de Fases

10.- Módulo Biológico. Reducción de Nutrientes

El tratamiento biológico propuesto por SELCO MC es un proceso de nitrificación-denitrificación controlada. Este proceso se inicia con un influente de baja carga de sólidos en suspensión en líquido (MLSS), para continuar con uno de alta carga (MLSS), y una separación del fango mediante un innovador proceso de filtración mediante membranas de microfiltración. Mediante este sistema es posible trabajar con altísimas concentraciones de biomasa y en consecuencia, reducir los volúmenes en ambos reactores de nitrificación y de denitrificación, lo cual no es posible con ningún otro sistema de tratamiento convencional.

El depósito de recogida del módulo biológico tiene el objetivo de regular la entrada (caudal) del influente en éste, previniendo un aumento excesivo de flujo o dotándolo de una autonomía suficiente en caso de paro o avería de este módulo.

Este depósito está dotado siempre de una doble bomba de seguridad para evitar bloqueos en el proceso en caso de avería de la bomba principal. De este modo, se garantiza un funcionamiento continuo del módulo biológico aunque tuviera que detenerse alguna de las fases anteriores.

El reactor de denitrificación está dotado de sistemas de agitación. Por efecto de la gravedad, el líquido será trasvasado desde los depósitos de denitrificación a los de nitrificación, en los que además se producirá la oxidación de la materia orgánica presente.

El depósito de nitrificación está dotado de una malla de difusores tubulares de microburbujas de aire y una soplante, y desde el mismo, el líquido procesado será conducido directamente y por efecto de la gravedad al sistema de micro-ultrafiltración.

En el módulo de Ultrafiltración se emplean unas membranas con un tamaño de poro de 0,1 µm, donde se producirá la filtración de la biomasa contenida en el líquido, (ver capítulo posterior (Biorreactor de membrana. Descripción del sistema de micro-ultrafiltración). La fracción líquida procesada después de someterse a esta filtración es conducido mediante bombeo a el depósito de recogida del agua tratada, y la mayor parte de los fangos (rechazo), reconducidos hasta el reactor de nitrificación primaria, mediante una doble bomba de alta

potencia; la restante parte rechazada se recircula hasta la balsa de homogeneización del módulo principal.

La recirculación de los lodos desde el sistema de micro-ultrafiltración hasta el reactor de nitrificación primario es imprescindible para regular la concentración de microorganismos necesarios para el proceso biológico, manteniendo así constante la concentración de sólidos en suspensión en la mezcla líquida (MLSS).

La incorporación del Birreactor a Membrana al Módulo biológico de Reducción de Nutrientes permite que el sistema pueda trabajar a concentraciones de sólidos en suspensión en la mezcla líquida (MLSS) de 8000 a 12000 mg/l, lo cuál es sustancialmente superior a las de cualquier proceso convencional de fangos activados. Esto hace lograr la obtención de índices de carga orgánica convencionales con tiempos de retención hidráulica mucho menores.

Además, este proceso requiere un sencillo módulo donde aireación y separación de sólidos se producen simultáneamente. Tal proceso, de sencillo mecanismo, requiere unas necesidades de espacio mínimas en proporción a las dimensiones de la planta y respecto a las plantas de tratamiento terciario de aguas residuales convencionales.

Dada su estructura modular, esta planta se puede ampliar por fases. Los procesos se pueden diseñar para trabajar en un flujo horizontal y añadir los reactores de membranas en las fases, según lo requiera el sistema. Como este proceso utiliza membranas para la separación sólido-líquido, no se hace necesaria una clarificación secundaria o el uso de filtros para eliminar los fangos, resultando así un proceso simple y fácilmente controlable.

El sistema puede ser programado para largos períodos de tiempo de retención (SRTs), consintiendo una baja producción de sólidos respecto a procesos convencionales de tratamiento.

Debido al hecho de que el sistema funciona con bajos índices de carga orgánica y que las membranas obtienen una filtración absoluta en la descarga de partículas, la calidad del efluente no es sensible a alteraciones hidráulicas u orgánicas que pudieran incidir negativamente en la calidad en plantas convencionales de fangos activados y en plantas de membranas fijas.

Se trata de un concepto absolutamente nuevo en el campo de la filtración mediante membranas de fibra hueca. En plantas de filtración convencional, la alimentación se produce mediante recirculación a presión y una posterior extracción de una fracción permeada del flujo. La filtración se produce por una presión diferencial transmembrana (TMP) creada por un vacío en el interior de la cavidad central de la fibra.

El efluente final posee unas características físicas, químicas y biológicas óptimas para su vertido o para su uso según la legislación en materia de gestión ambiental en vigor.

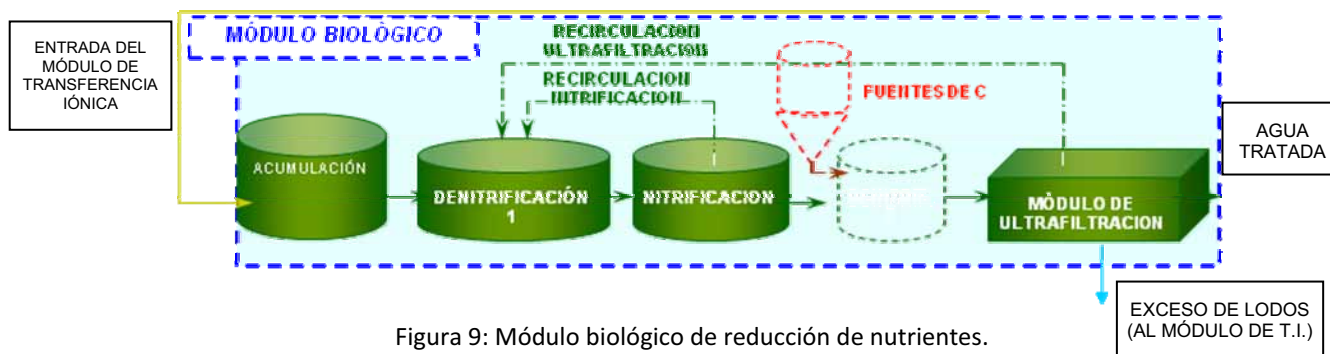


Figura 9: Módulo biológico de reducción de nutrientes.

Tras el tratamiento biológico de reducción de nutrientes y BRM, los parámetros de control se ven reducidos según la tabla siguiente (valores obtenidos en experiencia).

<i>Parámetros Analíticos</i>	<i>Eliminación Total (%)</i>
<i>NTK</i>	<i>97</i>
<i>DBO5</i>	<i>99</i>
<i>SST</i>	<i>99</i>
<i>Pt</i>	<i>98</i>
<i>UO's</i>	<i>4 UO's</i>
<i>Patógenos</i>	<i>4-5 logs</i>

Tabla 4: Parámetros analíticos a la salida del Módulo Biológico

11.- Resultados de la Implantación de los Proyectos de Valorización de la Biomasa en la Comunidad de Regantes de Lasesa.

Según el escenario anteriormente descrito en cuanto a caudales de trabajo de purines y cadáveres y con el modelo de tratamiento propuesto, se obtiene que el modelo de implantación sería una única planta centralizada para tratar un total de 510 m³/día, con la batería tecnológica descrita en la Figura 4, dejando preparada la planta para la instalación de un tratamiento biológico (o incluso varios tratamientos en paralelo) de reducción de nutrientes en función de las necesidades de terreno y de calidad del agua para cada caso.

Se plantea una ubicación baricéntrica y también función de la densidad de explotaciones, que se estudiará mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica. De esta manera, se optimizará tiempos y costes de transporte de los residuos a la planta.

12.- Rendimiento del Sistema. Producción de Biogás.

A continuación se describe la potencial producción de biogás, según valores obtenidos en plantas en funcionamiento a escala real y experiencias piloto realizadas por SELCO MC, para un caudal de tratamiento (en proceso de Digestión Anaerobia de 172 m³/día)

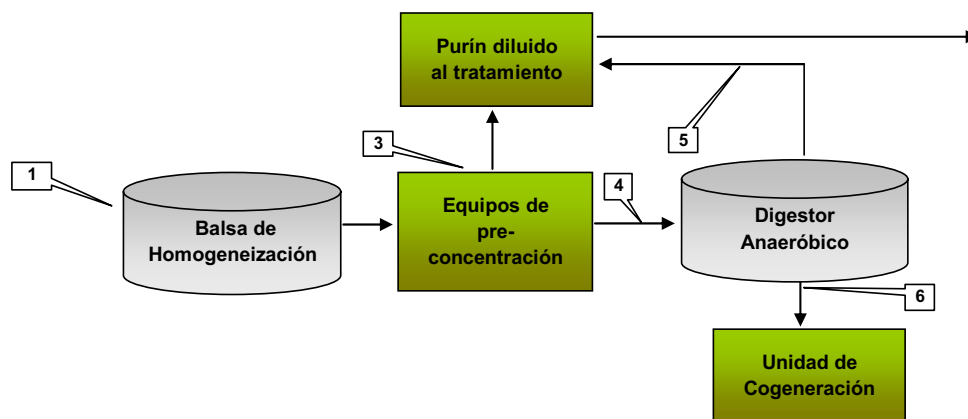


Figura 10: Esquema del proceso de producción de biogás/cogeneración

Cálculos de rendimiento de la instalación de biogás Q=510 m ³ /día; Total a digerir Q= 172 m ³ /día		
PARÁMETRO DE CONTROL	UNIDADES	VALOR
Rendimiento eléctrico del motor		
Tiempo de retención mínimo del digestor	gg	21
Generación de biogás prevista por m ³ de influente al biológico	Nm ³ /Tm	23
Generación de biogás prevista diaria	m ³	3.958
Volumen mínimo del digestor primario	m ³	3.614
PCI previsto del Biogás	Kcal/Nm ³	5.500
Rendimiento eléctrico del motor	%Kwe	35
Total generación (eléctrica+térmica)	Kcal (día)	21.767.667
Total generación (eléctrica+térmica)	Kw*h (día)	25.316
Total generación eléctrica diaria	Kw*h (día)	8.962
Precio medio por Kwe s/R.D. 661/2007 (prima 2)	cEuro/kWe	13,0690
Total ingresos por energía eléctrica	Euros/día	1.171
Total ingresos específicos por m ³ de purín total producido en la granja	Euros/m ³	2,30
Total ingresos específicos por m ³ de purín total digerido	Euros/m ³	6,81

Tabla 5: Rendimientos del proceso de Digestión Anaeróbica y Cogeneración

Se plantean diversos escenarios, teniendo en cuenta que el RD 661/2007 contempla diferentes tarifas en función de las características de la instalación (que vendrán dadas por las infraestructuras eléctricas existentes o proyectadas en la zona). Así pues, se considera un supuesto de funcionamiento continuo de los motores de cogeneración, más favorable de cara al presupuesto global del Proyecto y un supuesto de funcionamiento de los motores durante 16 horas diaria, que obligaría a la instalación de unos motores de mayor tamaño (y a la consecuente aplicación de la Tarifa más reducida, según el RD 661/2007).

Hipótesis 16 horas de generación eléctrica diaria (Tarifa 1)		
Capacidad de gasómetros	Nm3	1.319
Potencia necesaria de los motores	kWe	560
Potencia necesaria de cada motor (2 Ud)	kWe	280
Consumo anual de aceite de motor	l	2.642
Hipótesis Funcionamiento continuo de los motores (Tarifa 2)		
Capacidad de gasómetros	Nm3	--
Potencia necesaria de los motores	kWe	373
Potencia necesaria de cada motor (2 Ud)	kWe	187
Consumo anual de aceite de motor	l	2.642

Tabla 6: Posibles escenarios de la implantación del Proyecto

Otra de las ventajas que ofrece la instalación de cogeneración y que favorece su introducción como herramienta económica en el Programa de Proyectos es la capacidad de generación y aprovechamiento de energía térmica exportable a las instalaciones de la explotación. A continuación se detalla una simulación de la cantidad de calor aprovechable en el proceso de cogeneración y su valoración económica en litros de combustible equivalente (gasoil).

Potencial ahorro en calefacción		
Litros gasoil consumidos último año	litros /año	160.000
Litros gasoil consumidos diarios	litros/día	438
Precio orientativo Combustible alternativo	Euros/litro	0,69
Total Euros consumidos en combustible alternativo	Euros/día	302
Total Euros específico por m3 purín generado	Euros/m3	0,59
Rendimiento térmico del motor	%Rt	44
Total energía térmica aprovechable	Kcal/día	9.577.774
Necesidad energía térmica parmantenimiento T ^a digestor	Kcal/día	3.441.528
Energía térmica disponible (producida)	Kcal/día	6.136.245
Pci combustible alternativo (gasoil)	Kcal/l	8.978
Total litros diarios equivalentes de combustible alternativo	litros/día	684
Potencial ahorro (€/día) (precio gasoil 0,69€/litro)	Euros/día	472

Tabla 7: Potencial ahorro energético

13.- Estudio Económico

a) Inversiones y costes operacionales

A continuación se describen las inversiones a realizar para la implantación de una planta de co-tratamiento para caudal nominal 510 m³/día (purines porcinos y cadáveres porcinos) con los siguientes tratamientos:

- Pretratamiento (línea de purines y línea de cadáveres). Caudal 510 m³/día
- Módulo de separación optimizada sólido líquido mediante transferencia iónica de fases (Tecnología y patente SELCO ECO-purín) Caudal 510 m³/día.
- Módulo de Digestión Anaerobia y Cogeneración. Caudal 172 m³/día

Se contemplan las inversiones a realizar en la implantación así como los costes derivados de la operación del sistema una vez puesto en marcha: se incluye aditivos, mano de obra y parte proporcional de piezas de repuesto con carácter anual. Estos valores se han obtenido de plantas similares en funcionamiento.

PARTIDA	INVERSIÓN (€)
MAQUINARIA E INSTALACIONES	3.786.221,00
OBRA CIVIL ASOCIADA (estimado)	215.215,00
OBRA CIVIL: SISTEMA RECOGIDA PURINES (incluye obra civil + canalizaciones + estaciones de bombeo) (estimado)	152.914,00
TASAS (1%) (Colegio+Ayuntamiento+Industria+MA)	30.000,00
KNOW-HOW Y PROJECT MANAGEMENT	580.000,00
TOTAL	4.764.350,00

Tabla 8: Resumen de inversiones

Fase de Tratamiento	PRETRATAMIENTO LÍNEA LÍQUIDO					
Caudal del proyecto	21,25	m3/h	510,00	m3/día	186.150	m3/año
Item	Consumo		COSTE ANUAL DE GESTIÓN		COSTE ESPECÍFICO	
Consumo Energético	1,00	Kw/m3	13.589	Euro/año	0,07	Euro/m3
Piezas de recambio	0,01	Euro/m3	1.862	Euro/año	0,01	Euro/m3
Mano de obra			9.446	Euro/año	0,05	Euro/m3
Estimación coste de gestión: pretratamiento línea líquido			24.897	Euro/año	0,13	Euro/m3
Fase de tratamiento	PRETRATAMIENTO LINEA SÓLIDO					
Caudal del proyecto	0,08	m3/h	2,00	m3/día	730	m3/año
Item	Consumo		COSTE ANUAL DE GESTIÓN		Coste específico de	
Consumo energético	2,00	Kw/m3	107	Euro/año	0,15	Euro/m3
Piezas de recambio	0,02	Euro/m3	15	Euro/año	0,02	Euro/m3
Mano de Obra			1.889	Euro/año	3,24	Euro/m3
Estimación coste de gestión: pretratamiento línea sólido			2.483	Euro/año	3,40	Euro/m3
Fase de tratamiento	TRANSFERENCIA IONICA					
Caudal del proyecto	21,25	m3/h	510,00	m3/día	186.150	m3/año
Item	Consumo		COSTE ANUAL DE GESTIÓN		COSTE ESPECÍFICO	
Consumo Energético	1,00	Kw/m3	13.589	Euro/año	0,07	Euro/m3
Ecopur (PAM)	0,14	Kg/m3	167.535	Euro/año	0,90	Euro/m3
Piezas de recambio	0,02	Euro/m3	3.723	Euro/año	0,02	Euro/m3
Mano de Obra			4.723	Euro/año	0,03	Euro/m3
Estimación coste de gestión: transferencia iónica			189.570	Euro/año	1,02	Euro/m3
Fase de Tratamiento	SISTEMA DE TRATAMIENTO ANAEROBICO					
Caudal de Proyecto	7,17	m3/h	172,00	m3/día	62.780	m3/año
Item	Consumo		COSTE ANUAL DE GESTIÓN		COSTE ESPECÍFICO	
Consumo energético	6,29	Kw/m3	28.827	Euro/año	0,46	Euro/m3
Piezas de recambio	0,02	Euro/m3	1.256	Euro/año	0,02	Euro/m3
Mantenimiento motores	0,01	Euro/m3	3.838	Euro/año	0,01	Euro/m3
Mano de obra			4.723	Euro/año	0,08	Euro/m3
Estimación coste de gestión: sistema de tratamiento anaeróbico			35.559	Euro/año	0,57	Euro/m3
Total costes de gestión				252.508,18 Euro/año	5,12 Euro/m3	

Tabla 9: Costes operacionales

b) Ingresos Generados por la Instalación y Ahorros:

En este apartado se resumen cuantitativamente los beneficios económicos que genera la instalación de Caudal nominal 510 m³/día con un caudal digerido de 172 m³/día.

Estos ingresos contemplan lo siguiente:

- Venta de energía eléctrica a la red a las tarifas que contempla el RD 661/2007
- Aprovechamiento energético en la propia explotación. Ahorro derivado de sustituir el gasoil/gas natural empleado actualmente.
- Venta de la fracción sólida obtenida (que posee excelentes propiedades para compostaje).
- Ahorro de los costes actuales de gestión de esparcido de purín al campo (tractor, mano de obra)
- Ahorro de los costes actuales de recogida y gestión de cadáveres por gestores autorizados.

INGRESOS Y AHORROS ESTIMADOS TRAS LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL COMPLEJO					
TOTAL M ³ GESTIONADOS AL AÑO	186.150		m ³	INGRESOS AHORRO DÍA	INGRESOS AÑO
INGRESOS POR VENTA DE ELECTRICIDAD		6,80 €/M ³	172	1.169,60 €	426.904,00 €
INGRESO EXTRA TÉRMICA		3,97 €/M ³	172	682,84 €	249.236,60 €
INGRESOS POR VENTA FRACCIÓN SÓLIDA		0,15 €/M ³	510	76,50 €	27.922,50 €
COSTE ACTUAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE PURINES CON TRACTOR Y APERO		0,87 €/M ³	510	443,70 €	161.950,50 €
COSTE ACTUAL RETIRADA DE CADÁVERES SEGÚN TARIFA		0,14 €/M ³	510	73,59 €	26.861,45 €
TOTALES				2.446,23 €	892.875,05 €

Tabla 10. Ingresos y ahorros estimados

c) Viabilidad Económica

En este apartado se lleva a cabo un análisis de la viabilidad económica a través de los parámetros VAN, TIR y Tasa de retorno. Para el cálculo de los flujos de caja de cada año se ha considerado los costes de operación derivados del funcionamiento de la planta de tratamiento y los beneficios y ahorros descritos en Tabla 10.

Se observan resultados muy positivos:

- Tasa de Retorno: La inversión se recupera totalmente en el año 7 a partir del inicio del Proyecto.
- Un VAN positivo y de un elevado valor y una TIR de un 15,33% (>>) reflejan complementariamente la viabilidad del proyecto.
- El VAN de la inversión es de 5.858.497 € con una inversión inicial de 4.764.350 €, arrojando una ratio entre el VAN y la inversión realizada de 1,2.

14.- Conclusiones.

La Comunidad de Regantes de Lasesa requiere una solución inmediata para afrontar el actual escenario de pérdida de competitividad del sector agrícola, unido a un encarecimiento puntual de las cuotas en la propia Comunidad, provocado por la eventual inversión en la creación del embalse interno y la adaptación de las infraestructuras agrícolas (inversiones a su vez necesarias para dar el necesario empuje al sector).

Es por ello que, al amparo de una Legislación favorable a la generación de energía a partir de fuentes renovables como puedan ser la eólica, fotovoltaica y la procedente de la biomasa (RD 661/2007 de generación de energía eléctrica en régimen especial) se plantea el presente Programa de Proyectos, que envolverá diferentes tecnologías, todas ellas sujetas a un sistema de primas y tarifas que establece el RD 661/2007 y que a continuación se detallan.

GRUPO	SUB GRUPO	POTENCIA	PLAZO	TARIFA REGULADA (c€/KWh)	PRIMA DE REFERENCIA (c€/KWh)	LÍMITE SUPERIOR (c€/KWh)	LÍMITE INFERIOR (c€/KWh)
B.1 ENERGÍA SOLAR	b.1.1	P≤100 kW	primeros 25 años	44,0381			
			a partir de entonces	35,2305			
		100 kW<P≤10 MW	primeros 25 años	41,7500			
			a partir de entonces	33,4000			
		10<P≤50 MW	primeros 25 años	22,9764			
			a partir de entonces	18,3811			
B.2 ENERGÍA EOLICA	b.2.1		primeros 20 años	7,3228	2,9291	8,4944	7,1275
			a partir de entonces	6,1200	0,0000		
B.7 BIOMASA	b.7.2	P≤500 kW	primeros 15 años	13,0690	9,7696	15,3300	12,3500
			a partir de entonces	6,5100	0,0000		
		500 kW ≤ P	primeros 15 años	9,6800	5,7774	11,0300	9,5500
			a partir de entonces	6,5100	0,0000		

Tabla 11. Extracto sistema tarifario RD 661/2007

15.- Proyectos de Energía Fotovoltaica.

Tras un estudio completo de la situación, así como las posibilidades de instalación de parques fotovoltaicos y la viabilidad técnica en cuanto a irradiación y otros aspectos proyectuales, el Proyecto contempla la instalación de 13 Mw de Energía Solar (regulado por el RD 661/2007. Ver prima correspondiente).

La prima más favorable se aplica para aquellas instalaciones con una potencia instalada menor o igual a 100 Kw (0,440381 €/Kw), por lo que el tamaño deseable de la instalación unitaria será 100 Kw.

La fórmula que se toma para la Comunidad de Regantes de Lasesa es la de convertir a la Comunidad en el promotor y posteriormente segregar la producción deseada (13 Mw) e forma de 130 instalaciones unitarias (que tendrían forma de sociedad limitada) y que se convertirían en los titulares de sendas instalaciones de potencia unitaria 100 Kw.

Como promotor, la Comunidad de Regantes llevaría la explotación, gestión y el mantenimiento de las instalaciones, repercutiéndoselo a cada uno de los 130 propietarios. Cada uno de los socios de la Comunidad de Regantes tendrá una participación en el global que será proporcional a la cantidad de terreno que posea en propiedad, quedando la propia Comunidad de Regantes como propietaria de un 15% de cada una de las 130 Sociedades Limitadas.

Las variables que se han tenido en cuenta para llevar a cabo el estudio de viabilidad de establecimiento de Proyectos asociados a la energía fotovoltaica en la zona objeto de estudio se refleja en la tabla de la página siguiente:

VARIABLES PARA EL ESTUDIO DE LA ENERGIA SOLAR	
Potencia total instalada (Mw)	13,00
Inversión total de la planta de producción	90 %
Valor de adquisición de los terrenos	0,6%
Importe de la constitución de las sociedades	0,1%
Aportación al capital social de las sociedades	0,3%
Licencia de obras	0,6%
Gastos de gestión, estudio y lanzamiento del proyecto	1,2%
Gastos de financiación del IVA	0,65 %
Inversión en el punto de conexión de la SET	1 %
Proyecto de ingeniería de detalle y constructiva	1,5%
Infraestructura eléctrica de enlace a distribuidora	0,6 %
Cambio de utilidad de terrenos de rústicos a industriales	< 0,1%
Dirección de obras y certificados de las mismas	0,6 %
Peritaciones, estudios y análisis de inversiones	1,25%
Gastos iniciales de financiación estructurada del proyecto	1,33%
Inversión total estimada para el proyecto	124 M€
Aportación de la Comunidad a la financiación del proyecto	15 %
Porcentaje de financiación propia del proyecto	15%
Porcentaje de financiación ajena del proyecto	85%
Importe del préstamo necesario para la inversión	105 M€
Tarifa eléctrica de la instalación (€/kWh)	0,44645
Horas de producción equivalentes	1.640,00
Tasa anual de incremento de la tarifa (%)	3,00
Coefficiente de disponibilidad de la instalación (%)	98,50
Pérdida de producción por envejecimiento anual (%)	1,00
Pérdidas de producción por transporte hasta punto de evacuación (%)	2,20
Tasa estimada de inflación para los gastos de funcionamiento (%)	3,50
Tipo de interés del préstamo (%)	4,50
Plazo de amortización del préstamo	20,00
Tasa de desgravación de la inversión sobre impuestos por renovables (%)	10,00
Tipo impositivo de sociedades (%)	35,00

Tabla 12: variables objeto de estudio para los Proyectos de Energía Fotovoltaica

16.- Proyectos de Energía Eólica.

Los Proyectos de Energía Eólica se sitúan en un marco legal también favorable que engloba:

- RD 893/1996 de 28 de mayo por el que se regula el procedimiento de autorización de instalaciones de investigación y desarrollo para el aprovechamiento de la energía eólica en el ámbito de la Comunidad de Aragón.
- REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por. el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial

Según el RD 893/1996 la limitación de potencia de las instalaciones es de 5 Mw, mientras que el RD 661/2007 no establece limitación de potencia que determine la aplicación de una u otra prima más o menos favorable (como en el caso de los Proyectos de Energía Fotovoltaica) por lo que en el ámbito de Proyectos de energía eólica se establece la creación de un parque eólico de 5 Mw que debe ir asociado a un Proyecto de investigación y desarrollo.

17.- Proyectos de Digestión Anaeróbica de Biomasa.

Una vez estudiada la situación de la zona, se establece la instalación de una planta de Digestión anaeróbica y cogeneración para un caudal nominal de 510 m³/día, con destino a Digestión Anaerobia de 172 m³/día para cotratamiento de purines porcinos y cadáveres.

La descripción y justificación de las características de este Proyecto ha quedado descrito en el presente trabajo.

Como ya se ha indicado en apartados anteriores, las particularidades del proyecto son las siguientes:

- Proyecto de alta rentabilidad económica.
- Permite resolver el problema del tratamiento de purines y cadáveres, e incluso ampliable al cotratamiento con otros residuos locales como pueda ser la biomasa vegetal secundaria (restos de poda, residuos agroalimentarios como cáscaras de frutos, otros residuos de hortaliza, restos de cereal ...).
- Flexibilidad del sistema modular de tratamiento y posibilidad de alternativa móvil de tratamiento (transferencia iónica) en la propia explotación.
- Valorización de las corrientes producidas (aparte de la producción termoeléctrica):
 - Sólido como fertilizante
 - Líquido mediante la creación bancos de agua de calidad para riego y con garantías de ausencia de patógenos. Conocidos los datos de la cabaña (explotaciones, cabezas, caudales) se puede llevar a cabo un estudio de uso de fertirrigación de la fracción líquida a la salida de los distintos módulos de tratamiento.
 - Asociabilidad del Proyecto (interacción) con el Proyecto de Energía Eólica (líneas de I+D).
 - Fomento del Desarrollo Rural y creación de puestos de trabajo permanentes:

ESTIMACIÓN DE CREACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO PERMANENTES	
LASESA (Q = 510 m ³ /día)	Mano de obra directa en planta de tratamiento Planta de tratamiento → 2 puestos; 1Q; 1 TGM
	Mano de obra indirecta
	Logística → 1 puesto; 1 TGM
	Transporte cadáveres → 2 puestos
	Transporte purines → 2 puestos
	Recogida fracción sólida → 2 puestos
	TOTAL = 9 PUESTOS

Leyenda Q= Técnico Cualificación alta; TGM =Técnico de grado medio

Tabla 13: Estimación de creación de puestos de trabajo

18.- Referencias

AWWA/APHA/WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th edition. Washington, (1995).

Bujoczek, G., Oleszkiewicz, J., Sparling, R., Cenkowski, S. *High solid anaerobic digestion of chicken manure*. Journal of agricultural Engineering Research 76., 2000. pp. 51-56.

Campos, E., Flotats, X., Casañé, A., Palatsi, J., Bonmatí, A. *Anaerobic codigestion of pig slurry with olive bleaching earth*. VI Seminario Latinoamericano de digestión anaerobia. Recife, Brasil, 2000. Vol II pp. 57-60.

Chastain, J.P., Vanotti, M.B., Wingfield, M.M. *Effectiveness of liquid-solid separation for treatment of flushed dairy manure: a case study*. Applied Engineering in Agriculture 17(3), 2001. pp. 343-354.

Field, J., Sierra Álvarez, R., Lettinga, G. *Ensayos anaerobios*. 4º Seminario de Depuración anaerobia de aguas residuales. Valladolid, 1988. pp. 52-80.

Gallert, C., Bauer, S., Winter, J. *Effect of ammonia on the anaerobic degradation of protein by a mesophilic and thermophilic biowaste population*. App. Microbiol. and Biotech. 50, 1998. pp. 495-501.

Hansen, K., Angelidaki, I., Ahring, B. *Anaerobic digestion of swine manure: inhibition by ammonia*. Wat. Res. 32 (1), 1998. pp. 5-12.

Hashimoto, A.G.. *Ammonia inhibition of methanogenesis from cattle wastes*. Agr. Wastes 17, 1986. pp. 241-261

Hill, D.T., Tollner, E.W. *Chemical and physical properties of flushed swine waste after screening*. ASAE Paper 80-4056. St. Joseph, MI:ASAE, 1980.

Itodo, I.N., Awulu, J.O. *Effects of total solids concentrations of poultry, cattle and piggery waste slurries on biogas yield*. Transactions of the ASAE 42 (6), 1999. pp.1853-1855.

Moller HB., Lund I., Sommer SG. *Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost*. Bioresource technology, 74, 2000. pp. 223-229.

Mtnez-Almela, J., Campos, E., Almirall, M., Flotats, X., Barrera, J. *Digestión anaerobia de la fracción sólida de purines de cerdo, separada mediante el proceso SELCO-Ecopurín*. Anaporc científico 1 (1), 2001. pp 41-51.

Sievers, D.M., Jenner, M.W., Hanna, M. *Treatment of dilute manure wastewater by chemical coagulation*. Transactions of the ASAE 37, 1994. pp 597-601.

Vanotti, M.B., Hunt, P.G. *Solids and nutrient removal from flushed swine manure using polyacrylamides*. Transaction of the ASAE 42(6), 1999. pp 1833-1840.