

Universidad Pública de Navarra

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS



*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

# ESTUDIO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS GANADEROS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA EN EL POLÍGONO GANADERO DE FUNES (NAVARRA)

presentado por

Tamara García Pejenaute *k*

*aurkeztua*

INGENIERO AGRÓNOMO  
*NEKAZARITZA INGENIARITZA*

Septiembre, 2012/ *2012, Iraila*

Autorizada la entrega del Trabajo Final de Carrera:

**ESTUDIO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS GANADEROS  
MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA EN EL POLÍGONO  
GANADERO DE FUNES (NAVARRA)**

Realizado por:

**Tamara García Pejenaute**

Vº Bº del Director del Trabajo Final de Carrera:

Firmado: **Luís Echamendi Eugui**

Fecha: ...../...../.....

Vº Bº del Tutor del Trabajo Final de Carrera

Firmado: **José Luís Torres Escribano**

Fecha: ...../...../.....

## ***Agradecimientos***

En primer lugar, a mis padres, por su incondicional apoyo, necesaria exigencia y comprensión por los años de ingeniería. Siempre habéis tenido claras las mejores opciones, vuestra influencia y ánimo han sido imprescindibles en mi formación.

A Luís Echamendi, el cual ha sido mi director y por lo tanto el que ha hecho posible en gran parte este Trabajo Final de Carrera, ayudándome en todo lo que ha podido a pesar del poco tiempo libre que ha tenido debido a su ocupación laboral.

A José Luís Torres, que ha ejercido el papel de tutor aportándome todos sus conocimientos en la materia y las pautas a seguir para una correcta elaboración y presentación de este documento.

Y por último a mis compañeros de carrera, en especial a los conocidos estos dos últimos años, por aportar a mi vida grandes momentos que siempre estarán en mi memoria y por darme el apoyo y ánimo que he necesitado en los duros momentos en todo este tiempo. Me llevo unos buenos amigos, que espero, perduren para toda la vida.

## **Resumen**

Este Trabajo Final de Carrera tiene como objetivo fundamental lograr la gestión de los residuos ganaderos de las explotaciones agropecuarias que se encuentran emplazadas en el polígono ganadero del municipio de Funes (Navarra) mediante la implantación de una planta de biogás, como consecuencia directa o indirecta del modelo actual de ocupación y uso actual del territorio.

Para ello, se intenta explorar las posibilidades energéticas de los residuos orgánicos correspondientes al sector primario, concretamente en este caso, el sector ganadero. Así, se investiga el potencial del purín y estiércoles procedentes de las explotaciones de ganado porcino y bovino para obtener biogás mediante digestión anaerobia.

Se abordan las actividades propias de unas granjas intensivas y semi-intensivas, con un número alto de cabezas, para el aprovechamiento de sus deyecciones en la obtención de biogás, que posteriormente, sirve de combustible a un grupo de cogeneración, obteniendo un posible beneficio económico y medioambiental.

En primer lugar, se debe reseñar la problemática que motiva la realización de este trabajo. Debido a los cambios socioeconómicos experimentados en las últimas décadas, se ha producido una reducción paulatina del número de las explotaciones ganaderas, a la vez que aumenta la concentración de animales criados, y su progresiva separación de la agricultura, generando un problema grave de excesiva concentración de purín y estiércol.

Esta elevada concentración provoca problemas medioambientales graves de contaminación del suelo y de los acuíferos subterráneos, motivados por la filtración de organismos patógenos y nutrientes en exceso. Se proyecta, sobre dichas granjas, la instalación de una planta de tratamiento de los residuos para la producción biogás mediante digestión anaerobia, teniendo como finalidad un aprovechamiento de la energía obtenida y un uso del efluente producido más respetuoso con el medio ambiente.

Se realiza un estudio de viabilidad técnica y económica para la implantación de la citada planta de biogás y un grupo de cogeneración, el cual puede permitir obtener ingresos por la venta tanto de energía eléctrica como de energía térmica. En este punto es donde se estudian diversas alternativas para analizar la rentabilidad de la inversión total con la venta de la electricidad, que hasta ahora estaba enmarcada en las condiciones que establece el Real Decreto 661/2.007 de Producción de Energía Eléctrica en Régimen Especial, pero que debido a la grave situación de crisis que sufre el país, ha sido promulgado recientemente el Real Decreto-ley 1/2.012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.

Por otro lado, se puede producir un ahorro energético y como consecuencia de ello, un ahorro económico al utilizar dicha energía térmica; y por último, y no menos importante, el tratamiento y uso del efluente obtenido, que al ser de mayor “calidad” provoca menos impacto en el medio ambiente en su uso para el abonado de los cultivos.

***Abstract***

This final thesis work has the objective of the management of livestock waste from farms, that are located in the state in the municipality of Funes livestock (Navarra) through the implementation of a biogas plant, as a direct or indirect current model and current use of occupation of the territory.

For this, it tries to explore the potential energy of organic waste for the primary sector, particularly in this case, the livestock sector. So, we investigate the potential of the slurry and manure from pigs and cattle farms for biogas through anaerobic digestion.

It covers the activities of a farms intensive and semi-intensive, with a high number of heads to use their manure in biogas, which then serves as fuel at a cogeneration group, obtaining a possible economic and environmental benefits.

First, it should review the problem that motivates the achievement of this work. Due to socio-economic changes experiences in recent decades, there has been a gradual reduction in the number of farms, while the concentration of animals bred, and their progressive separation of agriculture, creating a serious problem of excessive concentration to slurry and manure.

This high concentration causes serious environmental problems of soil and groundwater, caused by the pathogenic organism and an excess of nutrients. It's projected on these farms, installing waste treatment plant to produce biogas through anaerobic digestion, with the purpose of an efficiency energy obtained and a use of an effluent produced more "quality" respectful with the environment.

A study of technical and economic viability for the implementation of that biogas planted a cogeneration group, which may allow an income from the sale of both electricity and thermal energy. This is where alternatives are studied to analyze the profitability of the total investment with the safe of electricity, which until now was framed under the conditions laid down in Royal Decree 661/2.007 Electricity Production on in Special Regime, but that, due to the serious crisis affecting the country, has been recently enacted Royal Decree-law 1/2.012 of 27 January, by which we proceed to the suspension of the pre-allocation procedures and the removal of economic incentives for new production of electricity from cogeneration, renewables and waste.

On the other hand, it can produce energy savings a result, cost savings by using such thermal energy, and last but not least important, the processing and use of the effluent obtained, which being of "quality" causes less impact on the environment when it's use for the subscriber crop.

# ÍNDICE

## **- PARTE I: INTRODUCCIÓN**

**DESCRIPCIÓN.....1**

**MOTIVACIONES.....2**

**ANTECEDENTES Y SITUACIÓN.....3**

**OBJETIVOS.....5**

**Capítulo 1. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES.....6**

**1.1 Criterios para la localización.....7**

1.1.1 Medio: descripción del estado actual

1.1.2 Situación actual: cercanía y disponibilidad de residuos ganaderos

1.1.3 Acceso a la red eléctrica

**1.2 Resumen.....20**

**Capítulo 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LOS RESIDUOS GANADEROS.....21**

**2.1 Residuos ganaderos.....21**

2.1.1 Clasificación residuos ganaderos

2.1.2 Volumen de estiércoles y purines en las explotaciones ganaderas

2.1.3 Caracterización físico-química de deyecciones ganaderas

2.1.4 Principales sistemas de tratamiento y eliminación de residuos ganaderos

**2.2 Impactos de los residuos ganaderos.....30**

2.2.1 Impactos sobre el medio ambiente

2.2.2 Impactos sobre la salud de los seres vivos

**Capítulo 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA Y EL BIOGÁS.....43**

**3.1 Beneficios la digestión anaeróbica.....43**

**3.2 Situación del sector biogás.....44**

3.2.1 Situación del biogás en la Unión Europea

3.2.2 Situación del biogás en España

**3.3 Principios de la digestión anaerobia.....53**

3.3.1 Proceso microbiológico y bioquímico de la digestión anaerobia

3.3.2 Factores que influyen en la digestión anaerobia: parámetros ambientales y de control

3.4 Materias primas para la producción de biogás.....	68
3.5 Tecnologías de digestión anaerobia para la producción de biogás.....	71
3.6 Subproductos de la digestión anaerobia.....	75
3.6.1 Producción de biogás: características y tipos	
3.6.2 Producción de digestato	
3.7 Depuración y aplicaciones del biogás como fuente de energía.....	80
3.7.1 Sistemas de depuración del biogás	
3.7.2 Sistemas de aprovechamiento energético del biogás	
<b>Capítulo 4. REVISIÓN LEGISLATIVA.....</b>	<b>85</b>
4.1 Legislación sanitaria.....	86
4.2 Legislación medioambiental.....	87
4.3 Cambio climático y reducción de los gases de efecto invernadero (GEI).....	89
4.4 Uso del biogás.....	91
4.5 Uso del digestato.....	94

## **- PARTE II: METODOLOGÍA**

<b>Capítulo 5. METODOLOGÍA EMPLEADA.....</b>	<b>96</b>
--	-----------

## **- PARTE III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>Capítulo 6. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES EN EL POLÍGONO GANADERO DE FUNES.....</b>	<b>98</b>
--	-----------

6.1 Identificación de los residuos ganaderos generados en las granjas.....	98
6.1.1 Residuos ganaderos en el sector bovino	
6.1.2 Residuos ganaderos en el sector porcino	
6.1.3 Otros residuos ganaderos	
6.1.4 Composición de estiércoles y purines en las explotaciones del polígono ganadero de Funes	

6.2 Descripción de las explotaciones del polígono ganadero de Funes.....	109
--	-----

<b>Capítulo 7. INVENTARIO DE RESIDUOS GANADEROS Y SUBPRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.....</b>	<b>144</b>
---	------------

7.1 Cuantificación de la producción de residuos ganaderos.....	144
--	-----

7.2 Evaluación de la producción de biogás y digestato.....	147
7.2.1 Estimación de la producción de biogás obtenido	
7.2.2 Estimación de la producción de energía	
7.2.3 Estimación de la producción de digestato obtenido	

**Capítulo 8. PLANTA DE BIOGÁS EN POLÍGONO GANADERO DE FUNES:  
ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO.....153**

**8.1 Estudio técnico de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes.....153**

- 8.1.1 Propuesta de diseño de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes
- 8.1.2 Descripción y dimensionamiento de la planta de biogás del polígono ganadero de Funes
- 8.1.3 Ubicación de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes
- 8.1.4 Usos de la energía obtenida en la planta de biogás de Funes

**8.2 Estudio económico de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes.....175**

- 8.2.1 Metodología de evaluación económica
- 8.2.2 Evaluación de los costos de inversión
- 8.2.3 Evaluación económica de la planta de biogás

**Capítulo 9. ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Y GESTIÓN DEL DIGESTATO.182**

**9.1 Plan actual del reparto de purines y estiércol en el las explotaciones del polígono ganadero de Funes.....182**

**9.2 Superficie disponible total para el reparto del digestato.....190**

**9.3 Plan de gestión del digestato producido en la planta de biogás.....192**

**9.4 Estudio medioambiental.....197**

- 9.4.1 Evaluación de la situación actual
- 9.4.2 Impactos generados a causa de la planta de biogás
- 9.4.3 Resumen

**- PARTE IV CONCLUSIONES**

**Capítulo 10. CONCLUSIONES.....200**

**- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**- ANEXOS**



# **ÍNDICE DE TABLAS**

## **Capítulo 1. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES**

*Tabla 1: Distancias de las explotaciones a los elementos incluidos en el Decreto Foral 148/2003 y modificados por el Decreto Foral 76/2006.*

*Tabla 2: Distancias de los almacenamientos de estiércoles sólidos a los elementos incluidos en el Decreto Foral 76/2006.*

*Tabla 3: Materias primas de origen ganadero (G). Cuantificación nacional año 2009.*

*Tabla 4: Purín de cerdo (G1). Cuantificación nacional año 2009.*

*Tabla 5: Estiércol de vaca (G2). Cuantificación nacional año 2009.*

*Tabla 6: Gallinaza (G3). Cuantificación nacional año 2009.*

*Tabla 7: Restos de otras especies (G4). Cuantificación nacional año 2009.*

*Tabla 8: Cabezas de ganado. Equivalencia en U.G.M. Censo Año 2010.*

*Tabla 9: Producción de residuos por especie ganadera. Censo 2010.*

*Tabla 10: Producción de residuos ganaderos por comarca. Censo 2010.*

## **Capítulo 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LOS RESIDUOS GANADEROS**

*Tabla 11: Clasificación de residuos por sectores.*

*Tabla 12: Producción de estiércol y purín según especie y orientación productiva.*

*Tabla 13: Composición de las heces de diferentes especies.*

*Tabla 14: Sistemas de tratamiento de residuos ganaderos.*

*Tabla 15: Volumen y carga contaminante de residuos ganaderos.*

*Tabla 16: Emisión anual de amoníaco por volatilización según especies.*

*Tabla 17: Efectos de algunos gases sobre la salud de los animales.*

## **Capítulo 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA Y EL BIOGÁS**

*Tabla 18: Producción de biogás, en unidades de energía primaria (ktep), en la Unión Europea en 2009 y 2010\*.*

*Tabla 19: Producción de electricidad (GWh) procedente de biogás en la Unión Europea en 2009 y 2010\*.*

*Tabla 20: Esquema de la realización del potencial de biogás a nivel europeo.*

*Tabla 21: Energía vertida a la red, datos hasta 31 mayo 2009.*

*Tabla 22: Estimación de la contribución total (capacidad instalada, generación bruta de electricidad) previsible para el biogás en España.*

*Tabla 23: Evolución de la retribución económica.*

*Tabla 24: Características de las bacterias de la fase acidogénica y metanogénicas.*

*Tabla 25: Valores de las concentraciones de inhibidores comunes.*

*Tabla 26: Contenido en agua de diferentes sustratos.*

*Tabla 27: Intervalos de temperaturas en el que trabajan las bacterias anaeróbicas.*

*Tabla 28: Compuestos típicos del biogás.*

*Tabla 29: Componentes del biogás en función del sustrato utilizado.*

*Tabla 30: Producción de biogás en función del sustrato utilizado.*

*Tabla 31: Producción de metano respecto a sólidos volátiles añadidos (Pc) en m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg SVo.*

*Tabla 32: Potenciales de producción de biogás de algunos residuos orgánicos de la industria alimentaria.*

## **Capítulo 7. INVENTARIO DE RESIDUOS GANADEROS Y SUBPRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA**

*Tabla 33: Resumen de producción mensual y anual de residuos según su tipología y por explotaciones.*

*Tabla 34: Cantidad de residuos generada mensualmente y anual según la tipología del residuo y por especie animal.*

*Tabla 35: Potencial de producción de biogás y contenido en metano según tipo de residuo.*

*Tabla 36: Cantidad de biogás y metano producidos mensualmente y al año.*

*Tabla 37: Estimación de la producción anual de energía térmica en el sistema de cogeneración.*

*Tabla 38: Producción anual de energía térmica en el sistema de cogeneración.*

*Tabla 39: Contenido total en nutrientes de los estiércoles y purines.*

*Tabla 40: Composición global en nutrientes del digestato obtenido en la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.*

## **Capítulo 8. PLANTA DE BIOGÁS EN POLÍGONO GANADERO DE FUNES: ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO**

*Tabla 41: Generación energía planta de biogás del polígono ganadero de Funes.*

*Tabla 42: Resumen de residuos de entrada a la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.*

*Tabla 43: Cantidad y destino de los productos obtenidos en la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.*

*Tabla 44: Producción y aprovechamiento de energía en la planta de biogás anualmente.*

*Tabla 45: Producción y uso de la energía detallado*

*Tabla 46: Costes de inversión para la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.*

*Tabla 47: Costes de funcionamiento de la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.*

*Tabla 48: Préstamos e intereses anuales a amortizar según la subvención obtenida.*

*Tabla 49: Beneficios en euros obtenidos sin primas al año.*

*Tabla 50: Beneficios en euros obtenidos con primas anuales durante los primeros 15 años.*

*Tabla 51: Beneficios en euros obtenidos con primas anuales durante a partir de los 15 años.*

*Tabla 52: VAN y TIR para los escenarios sin primas del RD 661/2.007.*

*Tabla 53: VAN y TIR para los escenarios con primas del RD 661/2.007.*

## **Capítulo 9. ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Y GESTIÓN DEL DIGESTATO**

*Tabla 54: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Jesús Díaz Teres.*

*Tabla 55: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Ursua Sobejano.*

*Tabla 56: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Juan Antonio Gainza.*

*Tabla 57: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación S.A.T. Zabal-Cirauqui.*

*Tabla 58: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Granja El Alto.*

*Tabla 59: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación S.A.T. Agropecuaria Cirauqui.*

*Tabla 60: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Ganados Txomin.*

*Tabla 61: Superficie disponible para el reparto del digestato según explotación y tipo de cultivo. (Fuente: elaboración propia).*

*Tabla 62: Nitrógeno disponible para el reparto de digestato.*

*Tabla 63: Aportes de nitrógeno según cultivo.*

*Tabla 64: Plan de abonado según tipo de cultivo.*

*Tabla 65: Aporte de nitrógeno por unidad de superficie por meses según cultivo.*

*Tabla 66: Aporte total de nitrógeno por meses según cultivo.*

*Tabla 67: Cantidad de digestato a aportar mensualmente.*

*Tabla 68: Calendario de aportes de digestato.*

# **ÍNDICE DE FIGURAS**

*Figura 1: Situación de Funes en Navarra*

*Figura 2: Plano de situación del polígono ganadero de Funes*

## **Capítulo 1. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES**

*Figura 3: Mapa sistema eléctrico en la zona de Funes y alrededores.*

## **Capítulo 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LOS RESIDUOS GANADEROS**

*Figura 4: Criterios de clasificación de los residuos*

*Figura 5: Tipología de los residuos ganaderos*

*Figura 6: Alternativas en el tratamiento de residuos ganaderos (estiércoles y purines).*

*Figura 7: Alternativas en el tratamiento de residuos ganaderos (estiércoles y purines).*

## **Capítulo 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA Y EL BIOGÁS**

*Figura 8: Comparación de la tendencia actual de producción de electricidad proveniente del biogás con la estimada por el NREAP (National Renewable Energy Action).*

*Figura 9: Evolución de las tarifas y primas en plantas de biogás en España.*

*Figura 10: Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones bacterianas.*

*Figura 11: Dependencia de la constante de crecimiento de la temperatura*

*Figura 12: Digestores continuos de mezcla perfecta.*

*Figura 13: Digestores continuos de flujo pistón.*

*Figura 14: Digestor discontinuo.*

*Figura 15: Producción de biogás por unidad de carga en función de la velocidad de carga orgánica (OLR).*

*Figura 16: Opciones para la utilización del biogás.*

*Figura 17: Necesidad de tratamiento del biogás en función del uso.*

## **Capítulo 4. REVISIÓN LEGISLATIVA**

*Figura 18: Principales aspectos legales y estratégicos relativos al biogás agroindustrial.*

## **Capítulo 6. DESCRIPCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES GANADERAS EN EL POLÍGONO GANADERO DE FUNES**

*Figura 19: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Jesús Díaz Terés.*

*Figura 20: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Ursua Sobejano.*

*Figura 21: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Juan Antonio Gainza.*

*Figura 22: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación SAT Zabal-Cirauqui.*

*Figura 23: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Granja El Alto.*

*Figura 24: Composición media de los residuos del vacuno de leche y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación S.A.T. Cirauqui.*

*Figura 25: Composición media de los residuos del vacuno de cebo y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación S.A.T. Cirauqui.*

*Figura 26: Composición media de los residuos de vacas reproductoras y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Ganados Txomin.*

*Figura 27: Composición media de los residuos de terneros de cebo y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Ganados Txomin.*

*Figura 28: Situación de las explotaciones ganaderas en el polígono ganadero de Funes.*

*Figura 29: Vista general de la explotación de porcino Jesús Díaz Terés.*

*Figura 30: Situación de las fosas exteriores de purines en la granja Jesús Díaz Terés.*

*Figura 31: Vista general de la explotación de porcino Ursua Sobejano S.L.*

*Figura 32: Situación de las fosas exteriores de purines en la granja Ursua Sobejano.*

*Figura 33: Vista general de la explotación de porcino Juan Antonio Gainza.*

*Figura 34: Distribución al lado norte del camino en la granja J. A. Gainza.*

*Figura 35: Distribución de los corrales al lado sur del camino en la granja J. A. Gainza.*

*Figura 36: Situación de las fosas exteriores de estiércol en la granja J.A. Gainza.*

*Figura 37: Vista general de la explotación de vacuno de leche S.A.T. Zabal-Cirauqui.*

*Figura 38: Distribución en la granja S.A.T. Zabal-Cirauqui.*

*Figura 39: Situación de las fosas exteriores de purín (1) y estiércol (2,3) en la granja S.A.T. Zabal-Cirauqui.*

*Figura 40: Vista general de la explotación de vacuno de carne Granja El Alto.*

*Figura 41: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja El Alto.*

*Figura 42: Vista general de la explotación de vacuno de leche S.A.T. Agropecuaria Cirauqui.*

*Figura 43: Distribución general de la explotación S.A.T. Agropecuaria Cirauqui.*

*Figura 44: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja S.A.T. Agropecuaria Cirauqui.*

*Figura 45: Vista general de la explotación de vacuno de carne Ganados Txomin.*

*Figura 46: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja Ganados Txomin.*

## **Capítulo 7. INVENTARIO DE RESIDUOS GANADEROS Y SUBPRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA**

*Figura 47: Módulo de cogeneración “CHP 2G A206 BG”(Agenitor 206).*

*Figura 48: Cambios en la composición del digestato*

## **Capítulo 8. PLANTA DE BIOGÁS EN POLÍGONO GANADERO DE FUNES: ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO**

*Figura 49: Agitador Landia® modelo POP-1.*

*Figura 50: Motor Landia® modelo DG-1 65H alta presión.*

*Figura 51: Agitador Landia® modelo POPTR-1.*

*Figura 52: Bomba Landia® modelo MPTKR-1.*

*Figura 53: Agitador Landia® modelo POPTR-1.*

*Figura 54: Cubierta de membrana de doble hoja.*

*Figura 55: Antorcha marca C-nox® modelo NTO.*

*Figura 56: Sensores de de monitoreo y control en los digestores marca MEINSBERG® modelo MV 500.*

*Figura 57: Medidor de caudal de biogás ESTERS® modelo GD 100.*

*Figura 58: Ubicación de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes.*

*Figura 59: Escenarios para el estudio económico.*

# *Parte I.*

# *INTRODUCCIÓN*

**Descripción**

Este Trabajo Final de Carrera tiene como finalidad primordial la elaboración de un estudio técnico-económico para la implantación de una planta de biogás cuyo digestor sea alimentado con los purines y estiércoles generados en la totalidad de las explotaciones que constituyen el polígono ganadero situado en la localidad de Funes, municipio que se encuentra en la Comunidad Foral de Navarra.

Para conseguir los objetivos, se valoran distintas posibilidades en cuanto a materia y tecnología empleada en digestión anaerobia; por otro lado se propone un uso adecuado del biogás obtenido para la generación de energía eléctrica y térmica mediante un motor de cogeneración y por último, y no menos importante, la posterior gestión del digestato obtenido en las distintas parcelas de cultivos atendiendo a las necesidades de nitrógeno principalmente para evitar, en la medida de lo posible, cualquier problema medioambiental.

Dejando la justificación medioambiental a un lado, el diseño de la planta de biogás propuesta y el uso que se hace de ella en cuanto a generación y venta de energía tanto eléctrica como térmica hace necesario, aparte de lo mencionado anteriormente, la elaboración de un estudio económico para evaluar la rentabilidad de dicha planta desde diferentes escenarios. Esto es debido a la reciente publicación del Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el cual se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.



## **Motivaciones**

Las granjas de ganado dentro de las sociedades actuales, tienen grandes problemas en lo relacionado con la gestión de los residuos que generan sus animales. Las explotaciones de sistema intensivo o semi-intensivo, son unas de las más contaminantes de dichas factorías, pues dicho ganado genera una gran cantidad de residuos orgánicos y emisiones de gases contaminantes. La gestión de estos es un proceso que mueve grandes cantidades de sustancias que conllevan una serie de problemas medioambientales. Por lo que para solucionar dichos problemas se va a estudiar la posibilidad de implantar una planta de biogás en el polígono ganadero de Funes.

Se ha observado que la aplicación de sistemas de obtención de biogás y de módulos de cogeneración que utilicen ese combustible es realmente rentable en dos tipos de instalaciones:

- Grandes explotaciones porcinas intensivas que generan grandes cantidades de purín. De la misma manera se pueden considerar grandes granjas de ganado vacuno que utilicen estiércol como digestato.
- Cooperativas formadas por explotaciones de tamaño medio o pequeño con diversas actividades y que generan distintos residuos que se pueden aprovechar realizando codigestión anaerobia utilizando como base principalmente el purín de los cerdos y vacas.

Hasta hace poco, esto provocaba que la producción de energía se acogiera al Régimen Especial, lo que implicaba que, una vez recuperada la inversión, la instalación podía proporcionar beneficios económicos adicionales a su actividad principal, debido a la aplicación de las subvenciones recogidas en el Real Decreto 661/2007. Pero recientemente estas ayudas han sido suprimidas, mediante el Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero. Todo esto, hace que el estudio económico se enfoque desde varios puntos de vista, en el cual se puedan comparar las distintas posibilidades adoptadas a la anterior y actual situación en cuanto a materia de subvenciones se refiere.

Sin embargo, es importante reseñar las ventajas medioambientales que se derivan de la aplicación de este trabajo, ya que va a permitir la eliminación (utilizándolo como combustible) de residuos orgánicos, que en grandes cantidades, resultan perniciosos para el medio ambiente.

**Antecedentes y situación**

El polígono ganadero, con coordenadas UTM: X: 597.395, UTM Y: 4.685.921, se encuentra ubicado en Funes, municipio de la Comunidad Foral de Navarra, situado en la zona meridional, en la Ribera Arga-Aragón en el partido judicial de Tafalla (Merindad de Olite), haciendo límite con la comunidad autónoma de La Rioja, de la que la separa el río Ebro (véase figura 1).

El municipio de Funes limita al sur con el municipio riojano de Rincón de Soto y en cuanto a Navarra, cuenta con varios pueblos colindantes como son con Milagro y Villafranca al sureste, Marcilla al este, Peralta norte y Azagra al oeste.

El nivel medio de altitud sobre el nivel del mar es de 316 metros. Este municipio puede presumir de estar “regado” por tres importantes cauces: además del Ebro, el río Aragón y el río Arga, el cual es el río que cruza la población y la divide en dos partes bien diferenciadas en cuanto a textura del terreno.

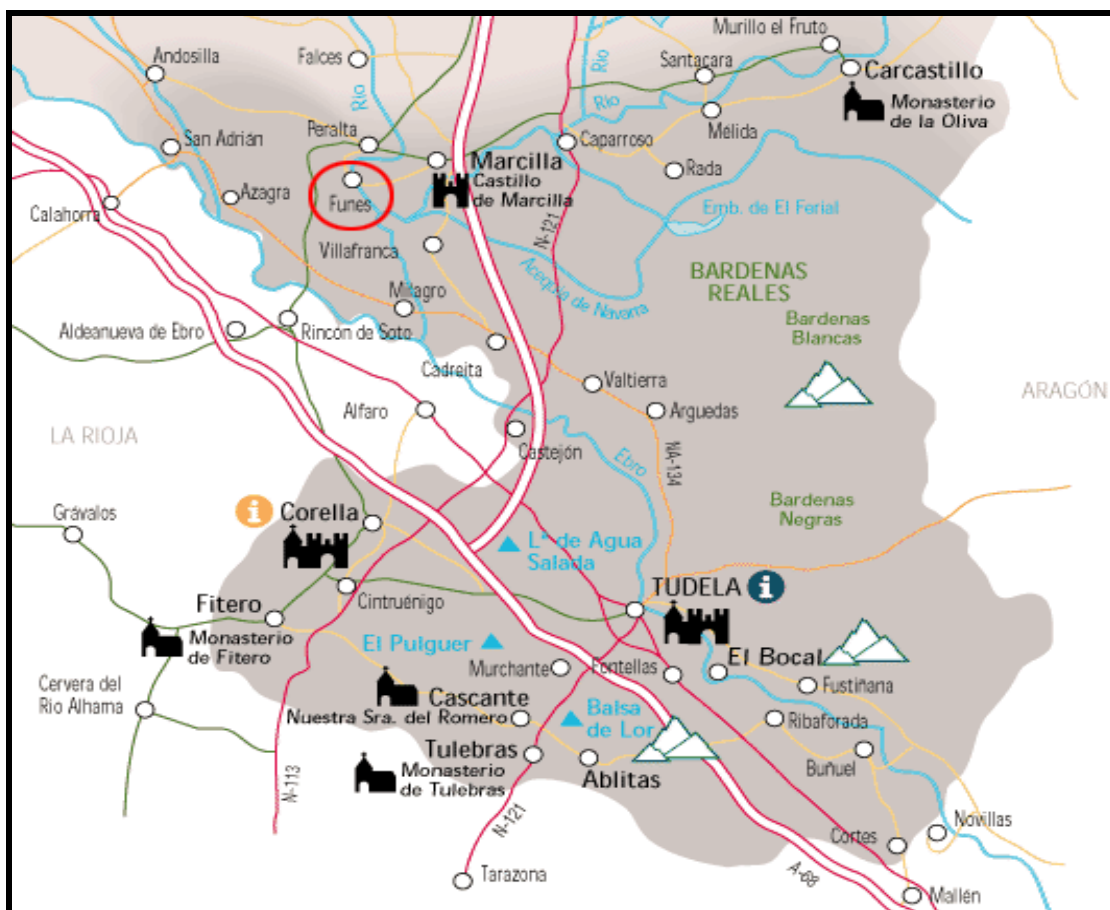


Figura 1: Situación de Funes en Navarra (Fuente: [www.villadefunes.com](http://www.villadefunes.com))

El polígono ganadero cuenta actualmente con siete explotaciones ganaderas que se enumeran a continuación: dos explotaciones de cría y cebo de vacuno de carne, dos de cebo de porcino y tres de vacuno lechero, entre estas últimas una se dedica también a la elaboración de quesos y otros subproductos lácteos (véase Figura 2).

Esto hace que haya una concentración elevada de cabezas de ganado en la superficie que ocupa dicho polígono (sobre todo en las explotaciones de cebo de porcino), y además, si se añade que se tratan de explotaciones con sistemas intensivos o semi-intensivos, se obtiene como resultado un incremento en la producción de los residuos. Este incremento trae consigo la problemática de la gestión de purines y estiércoles y el cumplimiento de la actual normativa relacionada con la gestión de residuos ganaderos.



*Figura 2: Situación del polígono ganadero de Funes. (Fuente: SITNA)*

En todas las explotaciones ganaderas que forman parte del polígono ganadero de Funes, la totalidad de estiércoles y purines que se generan a lo largo del año se van almacenando en fosas descubiertas. Estas al alcanzar su capacidad máxima, se recogen dichos residuos, se homogeneizan y son repartidos por los terrenos de cultivo colindantes del municipio de Funes sin el suficiente rigor y control exigido, lo que esto puede generar con el paso del tiempo un grave impacto ambiental.

De esta manera, lo que se analiza en este Trabajo Final de Carrera es la posibilidad de implantación de una planta de biogás que recoja todos los residuos orgánicos de dichas explotaciones para que sean gestionados de una manera sostenible más correcta con el medio ambiente.

**Objetivos**

En el presente Trabajo Final de Carrera se ha propuesto el análisis de alternativas y elección de la opción más favorable y rentable a la hora de aprovechar los residuos generados por las explotaciones situadas en el polígono ganadero en el municipio de Funes (Comunidad Foral de Navarra). Cabe decir que el aprovechamiento quedará sujeto a los resultados obtenidos en el estudio posterior según la cantidad de biogás obtenida.

En la actualidad, la valorización de los residuos ganaderos se lleva a cabo por parte de los ganaderos mediante la utilización agronómica del estiércol y del purín que se producen en las granjas. Todas las explotaciones del polígono ganadero de Funes cuentan con un plan de gestión y con tierras suficientes para utilizar todo el residuo que se produce en las explotaciones. Sin embargo, estas tierras se encuentran dispersas ya que se trata de numerosas parcelas, lo que encarece el reparto tanto en horas de trabajo como en combustible. También la orografía del terreno es en algunos casos complicada. Esta serie de problemas con los que se han venido encontrando así como el auge que está teniendo en la zona, y también a nivel general, la valorización de residuos ganaderos por medio de la producción y aprovechamiento del biogás ha llevado a considerar la posibilidad de cambiar el tipo de gestión que se realiza a día de hoy por los ganaderos de las explotaciones.

A través de este trabajo se busca analizar la forma en la que se trabaja en las granjas, en lo referente a gestión de residuos; estudiar diferentes alternativas gracias a las cuales se valore el purín y estiércol por medio de la digestión anaerobia; y, una vez elegido el mejor proceso y dimensionadas sus instalaciones en función de las necesidades y producciones de la explotación, evaluarlo técnicamente y económicamente estudiando de esta forma su viabilidad.

Para alcanzar ese objetivo final vamos a tener que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Medioambiental: descontaminación de los residuos ganaderos en las explotaciones.
- Económico: generación de recursos a partir de la producción de biogás y fertilizante orgánico.
- Técnico-pedagógico: orientado a la formación de los estudiantes. El empleo de biogás como fuente de energía renovable debe servir de ejemplo educativo.
- Proyección a la comunidad: el establecimiento de una planta de biogás en el polígono ganadero de Funes debe servir como modelo de gestión de residuos ganaderos. Debe percibirse como un modelo de reutilización de residuos orgánicos para la generación de recursos (biogás y efluente orgánico), a la vez que se reduce el potencial contaminante de los mismos.

Para poder cumplir los objetivos hay que llevar a cabo los siguientes pasos de la manera más exhaustiva posible: analizar la situación actual, diseñar una alternativa acorde a dicha situación y evaluar dicha alternativa de manera justificada.

## Capítulo 1: ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES

En la actualidad existen enormes problemas medioambientales derivados de las grandes cantidades de residuos orgánicos que se generan en las explotaciones ganaderas a nivel mundial. Esto se ha debido a cambios socioeconómicos de las últimas décadas, altas concentraciones de población en núcleos urbanos, desarrollo de la industria agroalimentaria, intensificación de las explotaciones ganaderas, prácticas consumistas, etc. (A. E. Campos Pozuelo, 2.001).

Dentro de la clasificación, según el origen, de los distintos residuos se encuentran:

- Residuos procedentes del sector primario: residuos agrícolas, ganaderos y forestales.
- Residuos procedentes del sector secundario: residuos industriales.
- Residuos procedentes del sector terciario o de servicios: constituidos por residuos sólidos urbanos (RSU) y lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales.

Este Trabajo Final de Carrera se centra en el tratamiento de los residuos procedentes del sector primario, en concreto de los desechos de origen ganadero, los cuales, suponen una fuente de contaminación muy importante y por lo tanto, un problema ambiental.

La problemática asociada a los residuos ganaderos se debe a la progresiva separación de la explotación agrícola y ganadera, lo que supone que no existe una base territorial suficiente para aprovechar los residuos orgánicos producidos por los animales como fertilizante. Esto hace que la concentración de los residuos supere los niveles que puede admitir el suelo.

Además, como se indican en las referencias bibliográficas, el hecho anterior, junto con el aumento del censo ganadero, sobre todo el porcino, la disminución de la superficie agrícola útil, y el aumento de las dimensiones de las explotaciones ganaderas, hace equiparable el sector ganadero con la industria en cuanto a la problemática de gestión de residuos (A. E. Campos Pozuelo, 2.001).

## **1.1 CRITERIOS PARA LA LOCALIZACIÓN**

Para la adaptación de las explotaciones ganaderas a la utilización de una planta de biogás es necesario que se sigan unos criterios coherentes para establecer la localización de la misma.

Dichos criterios tienen que ver con el acceso potencial a todas las materias, subproductos y residuos que sirven como base para la realización de la digestión anaerobia.

### **1.1.1 Medio: descripción del estado actual**

En este apartado lo que se hace es describir de manera precisa el estado actual del medio físico, biótico y socioeconómico, así como los espacios y elementos de interés que rodean el polígono ganadero de Funes.

Entre ellos, el clima es un elemento muy importante ya que, aunque España no es un país de climas extremos, se tiene que tener en cuenta la climatología de la zona, porque resulta esencial para el cálculo de la energía térmica necesaria para calentar el sustrato a partir del cual se va a obtener el biogás.

Este hecho resulta crítico para el acogimiento al Régimen Especial de Producción de Energía Eléctrica, en el sentido de cumplir con el rendimiento eléctrico equivalente mínimo por el aprovechamiento del calor, y para la valoración técnica de los grupos de cogeneración.

### **Medio físico**

#### ***Climatología***

El municipio de Funes tiene un clima mediterráneo continental, árido y seco característico de la Ribera navarra.

La temperatura media anual es de 14,1 °C, con una temperatura media del mes más frío (enero) de 5,7 °C y una temperatura media del mes más cálido (julio) de 23,3 °C. La fecha de la última helada de primavera (a partir del cual el riesgo de helada es de un 10%) es mediados de abril. La fecha de la primera helada de otoño (antes de la cual el riesgo de helada es de un 10 %) es el 7 de noviembre. El periodo libre de heladas tiene una duración de unos 200 días.

La precipitación media anual es de 400 mm, con una distribución estacional de 125 mm en otoño; 100 mm en invierno; 130 mm en primavera y 90 mm en verano. La precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años es de 58 mm.

La evapotranspiración potencial media anual según la fórmula de Blaney-Criddle modificada por la F.A.O. es de 1.050 mm.

El déficit climático medio anual de precipitación es de 375 mm, mientras que el exceso climático medio anual de precipitación no alcanza los 100 mm. La frecuencia de un déficit anual

de precipitación igual o mayor de 200 mm (reserva máxima de agua en el suelo =100 mm) es del 100%; la frecuencia de una déficit de precipitación al final de junio igual o mayor de 100 mm, es del 30%. La frecuencia de un exceso anual de precipitación igual o mayor de 200 mm (reserva máxima de agua en el suelo = 100 mm) es del 10%.

### **Relieve**

La zona de la Ribera, donde está ubicado el municipio de Funes, ocupa los terrenos situados al sur de la línea antes citada, y de altitud inferior a 400 m. Situada en la depresión del Ebro, ofrece extensas áreas llanas, especialmente terrazas cuaternarias, cruzadas por pequeñas lomas y sierras; de éstas últimas, las principales son: Sierra de Ujué, Sierra de Peralta, Montes de Cierzo y la Loma Negra. Los valles son suaves y discurren siguiendo los grandes ríos que atraviesan la zona.

### **Geología y morfología**

En definitiva, desde el punto de vista geológico, la zona de estudio pertenece a la cuenca del Arga, o en un contexto más amplio, a la cuenca del Ebro. Los materiales representados en éste área pertenecen al terciario de origen continental que aflora en todos los relieves y al cuaternario representado por un sistema muy bien desarrollado y unos glaciares relacionados con algunos de los niveles de terrazas.

A rasgos generales, la zona se caracteriza por dos unidades geográficas principales: los depósitos del Cuaternario, asociados a cauces fluviales, y los depósitos del Terciario, asociados a las elevaciones.

Por un lado, los depósitos del Holoceno (Cuaternario), asociados a los ríos y formados por gravas, cantos, arenas, limos y arcillas, correspondientes a las facies de inundación y desbordamiento. Se trata de terrazas fluviales bajas, con menos de 20 metros de altura sobre el nivel fluvial, formadas por gravas poligénicas envueltas en una matriz arenosa, con intercalaciones locales de arenas, arcillas y limos.

Por otro lado, materiales sedimentarios del Terciario continental (finales del Paleogeno – principios del Neogeno) asociados a las elevaciones. Está constituida por yesos finamente estratificados, así como por arcillas en intercalaciones de poco espesor.

La geomorfología está caracterizada por la erosión hídrica. Las zonas bajas presentan la estructura en terrazas típica de los cauces fluviales de cierta consideración. La parte central del territorio consiste en una amplia ladera de pendientes muy suaves elevada varias decenas de metros sobre el nivel fluvial. Esta planicie está separada del río y de las terrazas bajas por laderas de fuerte pendiente, formando contados verticales en algunos puntos. Las elevaciones están surcadas por barrancos.

### **Hidrología**

El municipio de Funes pertenece a la red fluvial del Ebro, tanto de forma directamente vinculada a éste río (en el sur del término municipal), como a los ríos Arga (norte y este) y Aragón (este), cuya desembocadura en el Arga se produce en este término municipal.

Entre los afluentes menores, el más importante es el Barranco del Saso, aunque éste prácticamente no entra dentro del término municipal afectado. Y también se pueden considerar, aunque están totalmente vinculados a las precipitaciones, los barrancos de las laderas que separan la planicie central de las terrazas bajas.

Además de estos cauces fluviales y barrancos estacionales, existe una importante red de acequias de abastecimiento y drenaje de agua para riego.

### ***Edafología***

La descripción edafológica se ha realizado de acuerdo con el Mapa de Suelos de Navarra a escala 1:50.000, del Departamento de Edafología de la Universidad de Navarra, acompañado por observaciones directas en campo.

En Funes, el tipo de suelo predominante es el torrifluent xérico, tipo de suelo asociado a las vegas de los ríos y en los niveles más recientes de las terrazas fluviales, estando en la actualidad ocupados en su mayor parte por cultivos. Son suelos de texturas finas, aunque, dado el carácter alóctono de los materiales, pueden presentar cualquier textura. Son profundos, densos, pesados e imperfectamente drenados. Su topografía es plana, con pendientes que no llegan al 2%.

En la planicie central, el suelo que más superficie ocupa es camborthid típico, arcilloso, carbonatado, formado sobre materiales de terraza, con una capa de material fino de profundidad variable sobre un depósito de cantos. Son suelos bien drenados, a veces excesivamente drenados, de regímenes xérico y arídico. La pedregosidad es variable, desde casi inexistente en suelos más profundos hasta muy abundante en suelos más someros. El horizonte A está poco desarrollado, tanto por color como por espesor. El horizonte B es de espesor variable, con estructura prismática muy gruesa, débil. La mayor parte de estos suelos están cultivados.

También tienen cierta importancia los suelos someros sobre materiales yesosos. Son suelos con perfiles muy delgados, con una baja capacidad de retención de agua y con un elevado contenido en yesos y en otras sales. Estos suelos no se cultivan. En algunos casos se han realizado plantaciones de pinos con resultados generalmente muy pobres.

### **Medio biótico**

#### ***Series de vegetación y vegetación potencial***

Considerando los valores de las estaciones meteorológicas cercanas, se observa que la zona estudiada, queda situada en la Región Mediterránea, en el horizonte superior del piso bioclimático Mesomediterráneo Superior. El ombroclima es seco inferior.

Siguiendo la sistemática propuesta por Rivas-Martínez (1.987) y desarrollada por Loidi y Báscones en el Mapa de Series de Vegetación de Navarra (1.995), se ha efectuado la sectorización biogeográfica del territorio que nos ocupa, resultando ser la que sigue:



## Región MEDITERRÁNEA

## Provincia ARAGONESA

## Sector BARDENAS-MONEGROS

## Subsector BARDENERO

Las series de vegetación que se han distinguido en el área de estudio son la geoserie hidrófila mediterránea de vegas y regadíos; la serie mesosupramediterránea de la carrasca (*Querceto rotundifoliae*), incluyendo su faciación sobre yesos; y la faciación sobre yesos de la serie mesomediterránea de la coscoja (*Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae sigmetum*).

La geoserie hidrófila mediterránea de vegas y regadíos se corresponde con los márgenes de los ríos y sus vegas, donde el nivel freático se halla cerca de la superficie todo el año, dando lugar a suelos más o menos humectados según la proximidad a la orilla a los ríos (Arga, en este caso).

La puesta en regadío en el territorio de Funes ha hecho que las series originales de carrasca y coscoja que corresponderían a esas superficies, hayan pasado a la geoserie de vegas y regadíos. Esta transformación en regadíos es de tal naturaleza que provoca el reemplazo de todas las comunicaciones sustituyentes de la serie primitiva por las correspondientes de la serie hidrófila.

Se entiende por vegetación potencial al máximo de vegetación esperable bajo las condiciones climáticas y edáficas actuales, en el supuesto de que el hombre dejase de influir. En la práctica se considera a la vegetación potencial como sinónimo de clímax e igual a la vegetación primitiva. En este caso, este concepto queda eclipsado por la necesidad de cambio en las series de vegetación, y no se corresponden unas con otras.

La vegetación potencial que corresponde a la serie de la carrasca es la de un bosque cerrado dominado por la carrasca (*Quercus rotundifoliae*), con otras especies como la sabina mora o el enebro. Las etapas sustitorias están constituidas por la serie de la coscoja (*Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae sigmetum*).

La vegetación potencial de la serie de la coscoja es un coscojar-sabinar. Se trata de una formación de porte arbustivo y subarbóreo dominado por la coscoja (*Quercus coccifera*) y la sabina mora (*Juniperus phoenicea*) con presencia de pino carrasco. Las etapas sustitorias están constituidas básicamente por matorrales de poco porte: romerales, tomillares y aulagares. Su degradación da lugar a un pastizal de gramíneas vivaces en los suelos secos sin compensación edáfica o el albardín en los piedemontes de los cerros con suelos más profundos.

En el caso de las tierras que nos ocupan en el presente estudio, la vegetación potencial de las tierras afectadas correspondería a las tres series. De ellas, se puede decir que sólo se desarrolla la serie de la coscoja, al ser sus suelos muy poco productivos, mientras que el resto se encuentran cultivadas.

**Vegetación actual**

La vegetación actual es el resultado de la influencia del hombre ejercida desde siglos. Las superficies llanas y con pendiente suave se encuentran ocupadas en su práctica totalidad por

cultivos, la mayoría en regadío, y también se nota la influencia humana en las superficies más pobres, al estar éstas repobladas con pino carrasco, con dispares resultados.

La vegetación natural de vegas (sotos fluviales) sólo se encuentra representada en algunos meandros abandonados de los ríos Aragón y Arga, estando, además, fragmentados por la presencia de parcelas cultivadas. Son pequeñas manchas arbóreas bien desarrolladas y que más o menos se corresponden con la vegetación climática, y cuyo interés medioambiental es indiscutible.

Aparte de estos sotos fluviales, la vegetación natural está muy poco desarrollada. Las etapas clímax de las series de la carrasca y del coscojar están totalmente ausentes. Las primeras están o bien totalmente sustituidas por cultivos o bien degradadas en las series de degradación de la coscoja. Las series de la coscoja están evolucionadas en sus correspondientes matorrales subseriales o de degradación, en mayor o menor grado y, en este caso, con adaptaciones a suelos yesíferos.

Estas formaciones sobre materiales yesíferos se localizan en las laderas que separan la planicie central del término municipal de las terrazas bajas del este y el sur del territorio. En su mayor parte presentan repoblaciones con pino carrasco, con unos resultados muy pobres.

Existen algunas repoblaciones de pino carrasco que sí han dado mejores resultados, pero se encuentran muy localizadas en laderas de orientación noreste (umbrías). Cabe decir que estas repoblaciones, forman una barrera que rodea (a cierta distancia y en ladera), al polígono ganadero, “aislándolo” del núcleo urbano y de otros elementos de interés.

## **Medio socioeconómico**

### ***Usos del suelo y ocupaciones***

A grandes rasgos, los usos de la superficie del término municipal de Funes son los siguientes:

- Polígono ganadero, en el norte del término municipal. Es el único suelo de tipo urbano que se indica en este estudio, ya que es el más importante a considerar, dado que es dónde se ubican las explotaciones ganaderas objeto de estudio. Este polígono ganadero se sitúa sobre una plana elevada sobre el nivel del río y del núcleo urbano, de tal manera que sólo es apreciable cuando ya se está en ella.
- Cultivos en regadío, son los más importantes, ya que ocupan la práctica totalidad del territorio. Por un lado, están los regadíos de las terrazas bajas, con sistemas tradicionales de regadío por gravedad y surcados por una amplia red de acequias y drenajes. Los cultivos principales son maíz, alfalfa y cultivos hortícolas. Por otro lado, los regadíos a presión de la planicie central, de reciente creación utilizan aspersión o goteo, y los cultivos principales son especialmente cereal y viñas.
- Cultivos en secano, especialmente cereal, en las laderas más altas del norte de la planicie central. Ocupan una superficie pequeña en el total del territorio. regadío, aunque es simplemente cuestión de tiempo que lo acaben haciendo.

- Repoblaciones forestales con pino carrasco en las laderas con vegetación yesífera y zonas de pastoreo, en barbechos, o en laderas cubiertas por rastrojo o matorral.

### **Usos agrarios**

En el municipio de Funes las mayores superficies son las destinadas a cultivos herbáceos, con una superficie de 3.071 hectáreas (Has), seguidas por los viñedos, con 302 Has y en último lugar los frutales con 247 Has.

Los rendimientos medios aproximados en tonelada (t) por unidad de Ha para el secano de esta zona son de 2,8 para trigo blando; 2,8 para cebada de invierno; 3,5 para maíz; 1,4 para trigo duro y 2,5 para avena. Los rendimientos del regadío para cereales son de 4,3 para trigo blando; 3,8 para cebada de invierno; 8,1 para maíz; 3,2 para trigo duro y 3,4 para avena. Hay que tener en cuenta que, si bien los rendimientos para regadío son bastante estables, los de secano, al depender fuertemente de las precipitaciones, pueden mostrar oscilaciones anuales muy fuertes. Los datos reflejados son los correspondientes a la media de los rendimientos de los años 1.997 a 2.004, según el Instituto Navarro de Estadística.

### **Usos ganaderos**

Como se puede ver en el apartado “1.1.2 Situación actual: cercanía y disponibilidad de residuos ganaderos”, el término municipal de Funes es un término con importancia ganadera. Las explotaciones se dan sobre todo en régimen intensivo, excepto las de ganado ovino que aprovechan las diferentes corralizas del término municipal.

### **Espacios y elementos de interés**

El ámbito de la actuación y territorios colindantes se ubican fuera de la Red de Espacios Protegidos de Navarra, regulados por la Ley Foral 9/1.996, de 17 de junio que establece las siguientes categorías: Parques Naturales, Reservas Integrales, Reservas Naturales, Enclaves Naturales, Áreas Naturales Recreativas, Monumentos Naturales y Paisajes Protegidos.

En el término municipal de Funes se encuentra un espacio incluido en la Red Natura 2.000. En concreto, se trata de un espacio ocupado por meandros abandonados del río Arga, con su correspondiente vegetación riparia. Este espacio sólo ocupa parte del término municipal de Funes, justo al norte de su núcleo urbano.

La directiva Hábitats establece la protección para la vegetación natural sobre suelos yesíferos, presentes en diversos lugares del término municipal, algunos de ellos cercanos al polígono ganadero de Funes.

### **Distancias**

Las distancias de las explotaciones y de los almacenamientos de residuos ganaderos a los elementos incluidos en el Decreto Foral 76/2.006, por el que se establece las condiciones técnicas ambientales de las instalaciones ganaderas en el ámbito de la Comunidad Foral de Navarra, son las recogidas en las tablas 1 y 2:

	Distancia	Distancia mínima exigible (DF 76/2.006)	
		Explotaciones porcino > 600 UGM	Resto explotaciones
<b>Distancias a núcleos de población:</b>			
Vivienda en diseminado	-	100 metros	100 metros
Población menor de 300 habitantes	-	750 metros	100 metros
Población desde 300 hasta 500 habitantes		750 metros	200 metros
Población desde 500 hasta 1.500 habitantes	-	1.000 metros	500 metros
Población entre 1.500 hasta 5.000 habitantes	1.450 metros	1.000 metros	750 metros
Población mayor de 5000 habitantes	-	1.500 metros	1.000 metros
<b>Distancia a otros elementos (1):</b>			
Cauces de agua, lagos y embalses	1.200 metros	35 metros (2)	
Acequias y desagües de riego	-	10 metros (3) (4)	
Pozos, manantiales y embalses de agua para abastecimiento público	-	200 metros (5) (siempre respetando el perímetro de protección de los mismos)	
Tuberías de conducción de agua para abastecimiento público	-	15 metros (5)	
Pozos, manantiales y embalses de agua para usos distintos del abastecimiento público	-	35 metros (5)	
Zonas de baño tradicionales	-	200 metros	
Espacios protegidos y parques	925 metros (Soto de Abajo)	200 metros (6)	
Autopistas, autovías, carreteras de la red de interés general y vías de ferrocarril (solo para instalaciones nuevas de porcino)	-	100 metros	
Resto de vías públicas (sólo para instalaciones nuevas de porcino)	400 metros	25 metros	

Tabla 1: Distancias de las explotaciones a los elementos incluidos en el Decreto Foral 148/2.003 y modificados por el Decreto Foral 76/2.006.

- (1) Incluidas las instalaciones para tratamiento de estiércoles de porcino.
- (2) Sin perjuicio de las competencias de las Confederaciones Hidrográficas. No se consideran cauces de agua, a estos efectos, aquéllos que conduzcan únicamente aguas de escorrentía pluvial.
- (3) En el caso de acequias entubadas cuya impermeabilidad esté garantizada se puede reducir la distancia a 5 metros.
- (4) En el caso de acequias de obra, elevadas del nivel del suelo, que no exista riesgo de vertido, no se exigirá distancia.
- (5) Excepto que las condiciones hidrogeológicas de la zona o informes técnicos cualificados, no aconsejen otra distancia.
- (6) Excepto cuando exista normativa que regule el espacio protegido y parques, en cuyo caso se cumplirá ésta.

	Distancia	Almacenamiento estiércoles sólidos Distancia mínima exigible (DF 76/2.006)
<b>Distancias a núcleos de población:</b>		
Población menor de 300 habitantes	-	50 metros
Población mayor de 300 habitantes	1.450 metros	100 metros
<b>Distancia a otros elementos (1):</b>		
Carreteras	400 metros	10 metros
Cauces de agua, lagos y embalses	1.200 metros	25 metros (1)
Acequias y desagües de riego	-	10 metros
Pozos, manantiales y embalses de agua para abastecimiento público	-	200 metros (2) (siempre respetando el perímetro de protección de los mismos)
Zonas de baño tradicionales	-	50 metros

Tabla 2: Distancias de los almacenamientos de estiércoles sólidos a los elementos incluidos en el Decreto Foral 76/2.006.

(1) Sin perjuicio de las competencias de las Confederaciones Hidrográficas.

(2) Excepto que las condiciones hidrogeológicas de la zona justifiquen la aplicación de otra distancia.

Si no se indica ninguna distancia en las tablas anteriores, es que ese elemento no existe en las cercanías de las explotaciones desde donde se miden las distancias.

En cuanto a las distancias de utilización de estiércoles líquidos (*anejo V del Decreto Foral 76/2.006*), la variabilidad de las parcelas y la posibilidad de que éstas cambien, hace difícil establecer de forma definitiva una relación de distancias entre éstas parcelas y los elementos indicados en dicho Decreto Foral.

Por ello, en el “Anexo III: Medidas preventivas y correctoras”, se indican las distancias que se deberán cumplir en la valorización agraria de los purines y estiércoles.

### 1.2.2 Situación actual: cercanía y disponibilidad de residuos ganaderos

La digestión anaerobia se va a realizar a partir de los estiércoles, purines y aguas de lechería generados en las granjas del polígono ganadero de Funes. Debido a ello, se va a analizar de la situación actual en cuanto a cantidad y tipo de residuos que se generan en las explotaciones tanto a nivel nacional, comarcal y municipal mostrando datos estadísticos referentes a dicha información.

De esta manera, se tendrá un mayor conocimiento sobre la disponibilidad de dichos residuos, a pesar de tener fijada de antemano la situación de la planta de biogás.

Es necesario un estudio sobre la concentración de los diversos residuos a partir de los cuales se puede obtener biogás que sirva de combustible para el motor cogenerador.

Primero, se expondrá a nivel nacional la cuantificación de distintos residuos ganaderos interesantes para la digestión anaerobia, utilizando para ello la información del Consorcio PROBIOGÁS.

**Cuantificación de residuos ganaderos a nivel nacional**

La cuantificación de residuos ganaderos se ha realizado mediante estimaciones basadas en datos estadísticos disponibles para todo el territorio nacional, indicando la cantidad total de residuos producidos por subcategoría. En las tablas 3, 4, 5, 6 y 7 se han recogido los datos correspondientes al año 2.009:

Categoría	Producción (t/año)
G1 Purín de cerdo	23.430.166
G2 Estiércol de vaca	14.146.063
G3 Gallinaza	3.024.831
G4 Restos de otras especies	8.323.058

*Tabla 3: Materias primas de origen ganadero (G). Cuantificación nacional año 2.009 (Fuente: PROBIOGAS)*

Subcategoría	Producción (t/año)
G1.01 Lechones	729.268
G1.02 Recría / transición, reposición, cebo	17.050.999
G1.03 Cerdas, verracos	5.649.899

*Tabla 4: Purín de cerdo (G1). Cuantificación nacional año 2.009 (Fuente: PROBIOGAS)*

Subcategoría	Producción (t/año)
G2.01 Cebo	5.421.569
G2.02 Reposición hembra	8.516.049
G2.03 Reposición macho	208.444

*Tabla 5: Estiércol de vaca (G2). Cuantificación nacional año 2.009 (Fuente: PROBIOGAS)*

Subcategoría	Producción (t/año)
G3.01 Gallinas ponedoras	1.417.962
G3.02 Pollos de carne y otros	1.606.869

*Tabla 6: Gallinaza (G3). Cuantificación nacional año 2.009 (Fuente: PROBIOGAS)*

Subcategoría	Producción (t/año)
G4.01 Ovejas y cabras (corderos y chivos)	791.111
G4.02 Ovejas y cabras (hembras y machos)	7.116.567
G4.03 Equinos (caballos, asnos y mulas)	415.381

Tabla 7: Restos de otras especies (G4). Cuantificación nacional año 2.009 (Fuente: PROBIOGAS)

En el “Anexo I: Mapas temáticos comarcales” se puede consultar los mapas de distribución para cada categoría de residuos ganaderos junto a sus respectivas cifras numéricas.

### Situación en Navarra

En el año 2.010 se censaron un total de 7.775.274 animales, cantidad similar a años anteriores, aunque con respecto al 2.009, ha aumentado en un 5%.

El censo de aves destaca por su elevado valor (3.515.908 cabezas) pero esta especie animal supone un valor inferior al 10% de U.G.M.’s (Unidad Ganadera Mayor) existentes en Navarra.

El vacuno se caracteriza por ser la cabaña animal con mayor representatividad en cuanto a U.G.M.’s contando con el 31% del total. Le siguen en importancia el ovino-caprino (30%) y el porcino (24%). Estas tres variantes (vacuno, ovino-caprino y porcino) son el 85% de U.G.M.’s de la Comunidad Foral.

La tabla 8 recoge la información relativa al resumen del censo de ganado 2.010:

ESPECIE	ORIENTACIÓN PRODUCTIVA	Censo 2010	U.G.M.	U.G.M. %
AVES	Gallinas	2.034.794	30.681	10,23
	Avicultura carne	3.515.908		
	Palmípedas grasas	96.340		
	Otras aves	358.848		
CONEJOS	Conejos	279.947	310	0,10
PORCINO	Porcino	750.947	72.106	24,05
EQUINO	Equino carne-monta	23.455	16.589	5,53
VACUNO	Vacuno de leche	32.435	92.400	30,82
	Vacuno de carne	68.493		
	Vacuno de lidia	8.026		
OVINO CAPRINO	Ovino caprino leche / carne	606.210	87.709	29,26
<b>TOTAL DE CABEZAS DE GANADO 2010</b>		<b>7.775.274</b>	<b>299.794</b>	
Total de cabezas de ganado 2009		7.384.686	297.577	
Total de cabezas de ganado 2008		7.581.023	309.217	
Total de cabezas de ganado 2007		7.622.892	306.145	
Total de cabezas de ganado 2006		7.469.821	308.175	

Tabla 8: Cabezas de ganado. Equivalencia en U.G.M. Censo Año 2.010 (Fuente: [www.navarra.es](http://www.navarra.es))

**Producción de residuos por especie ganadera y comarca**

El volumen de residuos producidos en el año 2.010 es similar al de los años anteriores, aunque respecto al 2.009 ha disminuido un 3%.

Las explotaciones de cerdos, que representan el 24% del total de U.G.M.'s, son las generadoras del 47% del total de residuos ganaderos de Navarra, por lo que deberá prestarse especial atención a este grupo.

Asimismo, el porcino es responsable del 71% del purín. El segundo grupo productor de residuos es el vacuno que produce el 31% y tras este se encuentra el ganado ovino-caprino que produce el 16% del total de residuos y el 50% de los estiércoles.

El resto de especies (avícola, equino y cunícula) únicamente genera el 5% del total de la suma de la producción de estiércoles y purines (véase tabla 9).

ESPECIE GANADERA	U.G.M.	ESTIÉRCOL (t)	PURÍN (t)	TOTAL (t)	%
PORCINO	72.106	---	1.316.601	1.316.601	47,01
VACUNO	92.400	353.871	519.161	873.032	31,17
OVINO-CAPRINO	87.709	473.961	---	473.961	16,92
AVÍCOLA	30.681	79.856	19.887	75.675	2,70
EQUINO	16.589	50.221	---	50.221	1,79
CUNÍCULA	310	11.452	---	11.452	0,41
<b>TOTAL 2010</b>	<b>299.794</b>	<b>969.362</b>	<b>1.855.649</b>	<b>2.800.942</b>	
TOTAL 2009	297.577	975.056	1.819.559	2.794.615	
TOTAL 2008	373.636	981.741	1.964.644	2.946.385	
TOTAL 2007	306.145	980.660	1.926.148	2.906.807	
TOTAL 2006	308.175	1.006.075	1.871.862	2.877.937	

Tabla 9: Producción de residuos por especie ganadera. Censo 2.010 (Fuente: www.navarra.es)

Como se ve en la tabla 10, el reparto de responsabilidades en cuanto a la generación de residuos se mantiene como en años anteriores. Por tanto, las Comarcas Agrarias I –Nord Occidental y VI-Ribera Alta-Aragón (a la cual pertenece el municipio de Funes) generan el 52% de los residuos ganaderos. La Cuenca de Pamplona (Comarca III) tan solo se le atribuye el 4%.

Por otra parte, cabe señalar que la Comarca I-Nord-Occidental produce el 35% de la cantidad final de estiércol de Navarra.

En cuanto a la producción de purines, destaca por el volumen generado, la Comarca VI-Alta-Aragón, con un 34 % de los purines producidos. Ello viene determinado en gran medida por la cantidad de ganado porcino.



Cod. Comarca	COMARCA	U.G.M.	ESTIÉRCOL (t)	PURÍN (t)	TOTAL (t)	%
1	NORD OCCIDENTAL	83.279	327.192	395.715	722.907	25,59
2	PIRINEOS	36.311	173.657	30.548	204.205	7,23
3	CUENCA DE PAMPLONA	12.169	38.902	74.678	113.580	4,02
4	TIERRA ESTELLA	40.427	120.884	230.883	351.766	12,45
5	NAVARRA MEDIA	26.808	68.484	262.314	330.798	11,71
6	RIBERA ALTA ARAGON	64.604	136.626	633.962	770.588	27,28
7	RIBERA BAJA	36.195	103.617	227.549	331.167	11,72
TOTAL 2010		299.794	969.362	1.855.649	2.825.011	

Tabla 10: Producción de residuos ganaderos por comarca. Censo 2.010 (Fuente: [www.navarra.es](http://www.navarra.es)).

### Situación en el municipio de Funes

En el año 2.010 la carga ganadera en el municipio de Funes fue de 4.048,39 UGM’s, o expresado de otra forma, una carga ganadera 1,02 U.G.M./S.A.U. (Superficie Agraria Útil).

En cuanto la cantidad de residuos ganaderos generados en ese mismo año, se generaron un total de 38.789 t, de estas, 10.204 t de estiércol y 28.585 t de purín.

Esta cantidad de residuos aporta un total de 214.050 kg de nitrógeno, dando lugar a un factor agroambiental (F.A.) de 54. Este dato expresa que el municipio de Funes no pertenece a una zona vulnerable a la contaminación por nitratos.

### 1.2.3 Acceso a la red eléctrica

Considerando el mapa de Red Eléctrica, se puede establecer si el lugar elegido es el adecuado para la planta de biogás, por la cercanía a una subestación eléctrica. De esta manera se tienen en cuenta los posibles costes de enganche a la red para poder vender la electricidad producida. En todo caso, la elección de la subestación eléctrica no tiene por qué ser la más cercana ya que la decisión final queda supeditada a la compañía eléctrica contratada.

El polígono ganadero de Funes se ubica en una zona cercana a cuatro subestaciones eléctricas y a la red de media/alta tensión. De esta forma, se tendrá un fácil acceso a la red eléctrica en el caso de que en la planta de biogás se obtuviera la suficiente energía eléctrica como para suministrar a la red y así obtener un beneficio económico por ello.

Para ver la cercanía del polígono ganadero de Funes a las subestaciones eléctricas se utilizará como base los mapas publicados en la página web “[www.ree.es](http://www.ree.es)” actualizados a Enero del 2.011.

Como se puede observar en la figura 3, en Funes no hay ninguna subestación eléctrica, pero si en el mapa que se muestra a continuación se puede ver que existen cuatro subestaciones cercanas al polígono ganadero. De éstas, una se encuentra en Peralta, dos en Marcilla y la última en Villafranca.



Líneas - Linhas	Circuitos - Circuitos		Tensiones - Tensões	
	Previstos Previstos	Instalados Instalados		
En servicio Em exploração	1	1		400 kV
	2	1		220 kV
	2	2		150+110 kV
En construcción y programadas Em construção ou programadas	1	1		60+110 kV
	2	1		
	2	2		
Cable subterráneo/submarino Cabo subterráneo /submarino	En servicio Em exploração			
	En construcción o programado Em construção ou programadas			
En transformación Em transformação				
Centrales Centrais				En servicio Em exploração
				En construcción o programado Em construção ou programadas
	Hidráulicas			
	Hidráulicas			
	Térmica nuclear			
	Térmica nuclear			
	Térmica clásica			
	Térmica clásica			
	Eólica			
	Eólica			
	Ciclo combinado			
	Ciclo combinado			
Fotovoltaica				
Fotovoltaica				
Termosolar				
Termosolar				

Todas las líneas se han dibujado en el color al que funcionan. En las construidas a tensión distinta ésta se indica entre paréntesis (F. 400 kV)

Todas as linhas foram desenhadas na cor referente à tensão de funcionamento. Noutras, construidas para tensões diferentes, esta é indicada entre parêntesis (F. 2x400 kV)

Las líneas de menos de 100 kV del sistema español corresponden a la información facilitada por las empresas distribuidoras. Algunos elementos se representan simplificados para facilitar su lectura.

O traçado das linhas e subestações de tensão inferior a 100 kV são indicados pelas empresas de distribuição. Alguns elementos poderão estar representados de forma simplificada para facilitar a respectiva legibilidade e interpretação

Figura 3: Mapa sistema eléctrico en la zona de Funes y alrededores. (Fuente: www.ree.es)

## **1.2 RESUMEN**

Resumiendo, en la zona de estudio se dan las siguientes circunstancias:

- Gran concentración de residuos ganaderos debido al sistema intensivo y semi-intensivo de las granjas para poder obtener biogás con alto poder calorífico y en grandes cantidades.
- La zona no es vulnerable a la contaminación por nitratos.
- Cercanía de varias subestaciones eléctricas, es decir, fácil acceso a la red eléctrica.
- Comunicaciones cercanas para la posible recolección de otros residuos para el digestor que se instale, obteniendo un beneficio económico que se explicará posteriormente.

## Capítulo 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LOS RESIDUOS GANADEROS

Las explotaciones ganaderas gestionadas de forma intensiva, se comportan como verdaderas industrias donde el objetivo fundamental es optimizar la producción ganadera y reducir los costos.

El aumento del número de explotaciones ganaderas intensivas de dimensiones cada vez más grandes, pero con un número cada vez más reducido de trabajadores por granja, ha supuesto la adopción de sistemas de manipulación de residuos en forma líquida para reducir el tiempo invertido en transporte, almacenamiento y otras operaciones.

En definitiva, la contaminación ocasionada por los residuos de origen ganadero se debe a la ubicación inadecuada de las granjas, muchas de ellas cerca de los núcleos de población, a las deficiencias en el transporte de residuos desde las explotaciones donde se generan hasta las zonas para su uso final, a la aplicación inadecuada de los mismos a los campos de cultivos y a la poca aplicación de tratamientos para estabilizar la carga contaminante.

### 2.1 RESIDUOS GANADEROS

Según la Directiva 2.008/98/CE, residuo es:

*“Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse”*. En todo caso, tendrá esta consideración el residuo que figure en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias.

Es decir, los residuos son aquellos materiales generados en las actividades de producción, transformación y consumo que no han generado ningún valor económico en el contexto en que son generados.

A la hora de clasificarlos se pueden seguir los criterios mostrados en la figura 4:



Figura 4: Criterios de clasificación de los residuos. (Fuente: Proyecto BRUMAS, Ruralidad, Medio Ambiente y Sostenibilidad: Buenas prácticas para el empleo en Asturias).

El interés se centra en los residuos orgánicos, los cuales se pueden agrupar en tres grandes sectores de actividades que los producen, como muestra tabla 11:

SECTOR	ACTIVIDAD	RESIDUOS
Primario	Agraria	Agrícolas
		Forestales
		Ganaderos
Secundario	Transformación	Industriales (Industrias agrarias)
Consumo	Urbanos	Residuos sólidos urbanos (fracción orgánica)
		Aguas residuales (lodos de depuradora)

Tabla 11: Clasificación de residuos orgánicos por sectores. (Fuente: Proyecto BRUMAS, Ruralidad, Medio Ambiente y Sostenibilidad: Buenas prácticas para el empleo en Asturias).

Los residuos ganaderos tienen lugar como consecuencia de diferentes actividades ganaderas, generándose principalmente estiércoles y purines. Estos aportan una importante cantidad de nutrientes para el suelo y tradicionalmente los residuos ganaderos constituían la única fuente de nutrientes para los suelos agrícolas.

### 2.1.1 Clasificación de los residuos ganaderos

En Europa, y concretamente en este país, el incremento de consumo de productos derivados del sector bovino, y en mayor medida del sector porcino, ha comportado un cambio rápido en la estructura de estos sectores. Se ha producido un incremento de la especialización de todos los procesos, como el de la producción, matanza y transformación.

Lo dicho anteriormente, junto con la falta de control sobre el número, tamaño y ubicación de las explotaciones ganaderas, son los causantes de la actual problemática medioambiental.

Sin embargo, se puede decir que realmente en el futuro debido a la reforma de la PAC, el problema de excedentes de estiércol en España se dará prácticamente en el sector porcino, y puede ser que en la avicultura, ya que en el resto de producciones ganaderas con la concesión de ayudas por extensión ganadera, las diferentes explotaciones tendrán una base territorial suficiente para aplicar los residuos ganaderos en estas tierras. Además, en el caso de engorde intensivo de ganado vacuno y ovino se obtiene un estiércol sólido mezclado con la “cama” cuyo manejo y reutilización agrícola es sencillo.

Primeramente se comienza por enumerar las categorías de residuos ganaderos que se producen normalmente en las granjas:

- Animales de rechazo.
- Animales muertos (bajas por enfermedad u otros motivos).
- Restos de comida., rechazos en los comederos
- Cama, paja, serrín y papel.
- Deyecciones sólidas.

- Deyecciones líquidas.
- Pérdidas en abrevaderos.
- Aguas de lavado.
- Aguas de lluvia sucias.
- Aguas de lluvia limpias.
- Otros residuos: papel, cartón, envases, jeringuillas, zoonosanitarios, etc.

Los residuos más importantes por el volumen generado son principalmente los derivados del tratamiento de deyecciones de animales: estiércoles, gallinaza y purines. Los dos primeros se consideran como residuos sólidos y los purines como líquidos.

El uso, o valorización, que tradicionalmente se ha dado a estos residuos ha sido la aplicación a los campos cultivo para aprovechar su poder fertilizante.

Existen zonas donde la producción de purines sobrepasa las necesidades de materia orgánica y nutrientes vegetales de las tierras de cultivo más cercanas, es entonces cuando estos residuos ganaderos se tendrán que tratar para que no sean un problema. Entre estos dos casos extremos, se encuentran también situaciones intermedias. Será necesario, por tanto, encontrar la mejor manera posible de “deshacerse” del volumen de residuos que no pueda utilizarse como fertilizante y para ello habrá que utilizar criterios tanto económicos como ambientales y tecnológicos. En cada caso, la solución será diferente dependiendo del tipo y cantidad de residuos, del emplazamiento de la explotación, etc.

Todos los residuos ganaderos y avícolas tienen una característica común: su heterogeneidad y, por consiguiente, la gran variabilidad de su composición, que hace que los valores medio de cada uno de los componentes tengan sólo un cierto valor informativo. Este valor medio aumenta cuando se basa en el análisis de un gran número de muestras de la misma zona. Sin embargo, es necesario hacer hincapié en que antes de aplicar residuo al suelo, es necesario hacer el análisis individual de ese residuo, al menos de aquellos parámetros cuyo exceso o simple presencia puede resultar perjudicial para la planta o ser potencialmente contaminante.

Esta heterogeneidad de la composición viene impuesta por su origen (*véase figura 5*):

- Los estiércoles son los productos de la fermentación de un material orgánico (paja, serrín, etc.), usado como cama o yacija, con los excrementos de un animal, su composición dependerá de la naturaleza de la yacija y del animal del que produce las deyecciones, así como del tiempo y tipo de fermentación.
- Los purines son los productos de la fermentación, en las fosas de almacenamiento, de las deyecciones del ganado con el agua de lavado de las naves donde se cría; si las fosas son cerradas, o con ésta y el agua de lluvia, si las fosas son abiertas; las principales causas de variabilidad son la dilución de heces y orina (agua de lluvia, bebida, limpieza) y la duración y el tiempo de fermentación.

Ambos compuestos son una fuente de minerales: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), etc. y proporcionan materia orgánica al suelo. Desde este punto de vista se puede considerar los residuos como recursos que se van a

utilizar, sin embargo, existe la problemática de conocer con exactitud la equivalencia entre estos residuos y los fertilizantes inorgánicos.

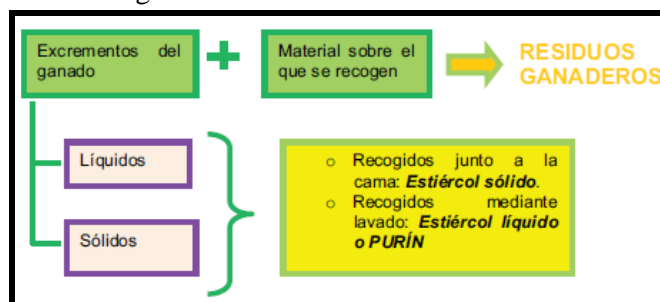


Figura 5: Tipología de los residuos ganaderos. (Fuente: Proyecto BRUMAS: Ruralidad, Medio Ambiente y Sostenibilidad: Buenas prácticas para el empleo en Asturias)

### 2.1.2 Volumen de estiércoles y purines producidos en las explotaciones ganaderas

Para la elaboración de un adecuado plan de gestión de los residuos ganaderos es necesario conocer tanto el volumen producido como su composición.

El siguiente punto importante que es necesario saber es la composición de los residuos, tanto si su uso va a ser la aplicación en campo como si se van a compostar, destinar a la producción de biogás o se va a realizar algún tipo de tratamiento depurativo, etc.

Por lo tanto la variabilidad en la cantidad de estiércol producido depende de:

- La especie y tipo de animal.
- El tipo de cama empleado (cama o serrín).
- El agua perdida en los bebederos. Siendo ésta la que más contribuye en la distribución del alimento y en la generación de purín.
- Agua procedente de las pérdidas de fugas de las canalizaciones.
- Agua de limpieza.
- Pienso perdido en tolvas y comederos.
- Agua de lluvia que cae sobre fosas y balsas abiertas.
- Agua escorrentía que llega a las fosas.

**Factores de variación más importantes en la producción de estiércoles:**

- Tipo animal.
- Alimentación.
- Tiempo y tipo de fermentación.
- Naturaleza y cantidad de la cama o yacija.

**Factores de variación más importantes en la producción de purín:**

- Tipo animal.
- Sistema de alimentación.
- Tiempo y tipo de fermentación.
- Dilución ocasionada por el sistema de limpieza, distribución del agua de bebida, agua de lluvia, etc.

En la tabla 12 se pueden observar las cantidades orientativas de estiércol y purín (t/plaza) que se generan según la especie animal y la orientación productiva empleada:

ESPECIE	ORIENTACIÓN PRODUCTIVA		ESTIERCOL (t/plaza)	PURIN (t/plaza)
AVES	GALLINAS	Camperas (puesta)	16,62 Kg	0
		Jaulas	37,40 Kg	0
		Cría	5,78 Kg	0
	AVICULTURA CARNE	Broilers (Pollo engorde)	6,87 Kg	0
		Pollo label	6,64 Kg	0
		Pavo cebo	15,12 Kg	0
	PALMÍPEDAS GRASAS	Pato cebo	21,47 Kg	0
		Pato embuchado	0	671,60 Kg
	OTRAS AVES	Perdices	6,40 Kg	0
		Codornices	2,67 Kg	0
Avestruces reproductoras		0,73 Kg	0	
Avestruces cebo		0,40 Kg	0	
CUNÍCULA	CONEJOS	Conejas madres	0,37	0
PORCINO	PORCINO	Reproductoras	0	6,91
		Transición	0	0,55
		Cebo	0	1,73
EQUINO	EQUINO	Reproductores	1,38	0
		Cebo	4,53	0
VACUNO	VACUNO DE LECHE	Reproductores	3,00	21,50
		Cebo	0	0
	VACUNO CARNE	Reproductores	5,75	0
		Cebo terneros	3,30	0
	VACUNO LIDIA	Reproductores	3,45	0
Terneros		1,98	0	
OVINO - CAPRINO	OVINO CAPRINO (LECHE - CARNE)	Reproductores	0,9	0
		Cebo	0,02	0

Tabla 12: Producción de estiércol y purín según especie y orientación productiva

\*: Cifras en kilogramos. En la base de datos correspondiente se incluyen como toneladas.

(Fuente: Hernández Muñoz, A., 1.996).

### 2.1.3 Caracterización físico-química de deyecciones ganaderas

Los distintos parámetros sobre la composición físico-química de los residuos que pueden ofrecer la información que se necesita son:

- Contenido en materia seca.
- Densidad, tanto la densidad como la materia seca están correlacionadas con el contenido de nutrientes.
- Contenido en nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y la forma en que se encuentran, es decir, la fracción orgánica (no mineralizan inmediatamente y pasan a las reservas del suelo) y la fracción inorgánica o mineral (fácilmente disponible para las plantas).
- Contenido en oligoelementos: cobre, zinc, manganeso, hierro.



- Contenido en materia orgánica y su composición (lignina, fracción celulósica, etc.).
- pH.
- Conductividad eléctrica (contenido en sales).
- Potencial redox.
- Relación C/N (Carbono/Nitrógeno), importante en los procesos de estabilización por compostaje y en los procesos fermentativos ya que los compuestos carbonados o nitrogenados actúan como sustratos de las bacterias.

El purín, igual que otros residuos llamados líquidos, es en realidad, un material complejo que, al añadirlo al suelo, se separa en tres fases: una fase líquida, que penetra fácilmente en el suelo y se desplaza en profundidad, otra fase sólida, que permanece en la superficie del suelo y apenas penetra, y una fase pastosa, que penetra más o menos en el suelo. Cada una de ellas tiene unas características determinadas, de las que va a depender su comportamiento como fertilizante.

Al igual que se ha hecho para la estimación de la generación de estiércol y purín, donde se especifican los datos de producción de nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y zinc, todos ellos relacionados directamente con la producción de residuos ganaderos (véase tabla 13):

ESPECIE	ORIENTACION PRODUCTIVA		Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Cobre (Cu)	Zinc (Zn)
			Kg/plaza	Kg/plaza	Kg/plaza	g/plaza	g/plaza
AVES	GALLINAS	Camperas (puesta)	0,234	0,161	0,227	0,050	0,840
		Jaulas	0,288	0,292	0,296	0,056	1,028
		Cría	0,158	0,178	0,127	0,030	0,530
	AVICULTURA CARNE	Broilers (Pollo engorde)	0,175	0,254	0,157	0,187	1,937
		Pollo label	0,292	0,327	0,140	0,272	2,545
		Pavo cebo	0,425	0,724	0,265	0,375	3,250
	PALMIPEDAS	Pato cebo	0,131	0,197	0,130	0	0
		GRASAS	Pato embuchado	1,007	0,755	0,722	0
	OTRAS AVES	Perdices	0,07				
		Codornices	0,03				
Ávestruces reproductoras		1,72					
Ávestruces cebo		0,94					
CUNÍCULA	CONEJOS	Conejas madres	3,06	3,72	3,51	1,40	25,30
PORCINO	PORCINO	Reproductoras	14,22	13,57	9,26	30,10	177,30
		Transición	1,97	1,73	2,20	37,60	41,20
		Cebo	7,54	5,28	5,39	16,70	96,70
EQUINO	EQUINO	Reproductores	4,62	2,74	7,74		
		Cebo	25,86	9,30	37,37		
VACUNO	VACUNO LECHE	Reproductores	112	55	109	0,1	0,34
		Cebo	64	27,9	82,7	26	135
	VACUNO CARNE	Reproductores	22	13,5	30	6	73
		Cebo	38,4	16,74	49,62	15,6	81
VACUNO LIDIA	Reproductores	13,2	8,1	18,00	3,6	44	
	Cebo						
OVINO - CAPRINO	OVINO CAPRINO (LECHE/CARNE)	Reproductores	8	3,6	10		
		Cebo	0,2	0,12	0,18		

Tabla 13: Composición de las heces de diferentes especies. (Fuente: Hernández Muñoz, A., 1996)

Los objetivos más importantes desde el punto de vista práctico de la gestión de una explotación a la hora de conocer la composición de un estiércol o purín son:

- Caracterizar un residuo para su aplicación al suelo.
- Caracterizar un residuo para su tratamiento.

### 2.1.4 Principales sistemas de tratamiento y eliminación de residuos ganaderos

Sin duda, siempre que sea posible, el sistema más lógico y económico para la eliminación de estos residuos ganaderos será su utilización como fertilizante mediante la aplicación al suelo, cumpliéndose una serie de condiciones como son:

- Evitar daños al medio ambiente, en particular sin provocar contaminación al agua.
- Llevar a cabo la eliminación de residuos sin poner en peligro la salud humana.

La aplicación directa al suelo tendrá como finalidad mejorar la fertilidad de los suelos y suministrar elementos nutritivos a los cultivos. Las dosis de aplicación debe garantizar el necesario equilibrio entre la cantidad de nutrientes que necesitan los cultivos y el contenido en nutrientes procedentes de los residuos ganaderos. La cantidad de estiércol aportada no superará en ningún caso los 250 Kg de nitrógeno por hectárea y año. En las zonas declaradas vulnerables, dicha cantidad debe ajustarse a lo establecido en el Real Decreto 261/1.996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Cuando existen grandes cantidades de purines y estiércoles líquidos y no se dispone de superficie agraria útil suficiente, la evaporación de los vertidos líquidos es otra opción. Mediante este sistema se consigue reducir el poder de contaminación y el volumen final a manejar. El sistema consiste en la utilización de balsas donde almacenar los líquidos, tras la separación de sólidos.

En el caso de existir un exceso de residuos será necesario su tratamiento. Los procesos a utilizar pueden ser físico-químicos y biológicos (aerobios y anaerobios) (véase tabla 14).

<b>Tratamientos físico - químico</b>	Separación sólido - líquido	Centrifugación	Vibratorio
		Tamices	Rotatorio
			Filtro-prensa
		Otros	Filtro extrusión
			Rejas estéticas
	Floculación decantación		
	Desorción o stripping		
	Secado		
Acidificación - deshidratación			
Desodorizantes y fluidificantes			
Dilución			
Oxidación química			
<b>Tratamientos biológicos</b>	Aeróbios	Lechos bacterianos	
		Lodos activos	
		Balsas de estabilización	
		Compostaje	
	Anaeróbios	Reactores continuos	Mezcla compleja
			Flujo pistón
			Contacto o reciclado de lodos
		Reactor discontinuo	
		Sistema de tercera generación	Filtro anaeróbico
			Lecho de lodos
Filtro anaeróbico de película fina sobre soporte móvil			
	Lecho fluidizado		
	Lecho expandido		

Tabla 14: Sistemas de tratamiento de residuos ganaderos. (Fuente: Hidalgo, M.D., Alamo, J., Hernández, M. e Irusta R. Octubre de 2.000).

Normalmente, antes de iniciar cualquier proceso es necesario un pretratamiento. Éste consistirá en una separación mecánica del líquido para su adecuación, seguido de una aplicación directa al suelo. Esta separación mecánica supone una reducción del volumen y de la sedimentación y la formación de películas superficiales durante el almacenamiento, una homogeneización del purín y, además, favorece el bombeo de la fracción líquida y el compostaje de la fracción sólida.

Los líquidos obtenidos en el pretratamiento se incorporarán a los correspondientes procesos, bien sean aerobios o anaerobios.

En este sentido, podría decirse que en el pretratamiento se contará con un equipamiento de agitación en los depósitos de recogida, unas bombas sumergibles adecuadas y un separador sólido-líquido. La materia sólida se compostaría antes de la aplicación al suelo y los vertidos líquidos se someterían a procesos de depuración con el fin de reutilizar estas aguas y los lodos extraídos, o bien verter las aguas sobre los cauces superficiales y aplicar los lodos en el suelo.

### ***Procesos Aerobios***

La ventaja del proceso aerobio es la obtención de un lodo rico en nutrientes e inodoro para su aplicación en el suelo.

En cuanto a las características técnicas de los sistemas de oxidación prolongada y lagunaje como son las balsas de estabilización, se puede decir que requieren tiempos de retención muy elevados, superiores a los 55 días. La aireación no debe ser continua, pudiéndose estimar que sería suficiente para mantener condiciones aerobias, aireaciones de 1,5 a 2 horas por día. En zonas con temperaturas altas y grandes periodos de insolación, no deben olvidarse las fuertes evaporaciones, que reducirían los posibles caudales de reutilización para riego. Estos procesos aerobios consumen del orden de 5 a 9 W/m<sup>3</sup>.

Los procesos biológicos de lodos activos y lechos bacterianos requieren tratamientos previos, dada la elevada carga de los residuos.

Cuando se tienen residuos sólidos, el compostaje permite la estabilización de este material, cuyas ventajas fundamentales respecto a otros tratamientos es la reducción de olores y la obtención de un producto comercial, que puede ser utilizado como enmienda orgánica de los suelos.

### ***Procesos Anaerobios***

La digestión anaerobia presenta una serie de beneficios como la reducción de olores y de DBO (demanda biológica de oxígeno) así como la producción de un gas combustible. Este gas, denominado normalmente biogás, contiene una alta proporción de metano, con un poder calorífico inferior del orden de 5.500 kcal/m<sup>3</sup> biogás y presenta un gran aprovechamiento energético.

La digestión anaerobia está caracterizada por la existencia de tres fases diferenciadas en el proceso de degradación del material, en las que intervienen diversas poblaciones microbianas. La composición química y la naturaleza del material condiciona la composición bacteriana de

cada una de las etapas, de tal forma que existe un equilibrio fácilmente alterable cuando existe alguna variación en el sustrato.

Dependiendo de la fluidez del residuo a tratar se utilizan diversos sistemas. Para residuos sólidos, como serían los estiércoles, se utilizan sistemas discontinuos o semi-discontinuos. Para residuos semilíquidos y líquidos se usan reactores continuos.

Gracias a estos tratamientos anaerobios de los residuos y, por lo tanto, a la producción de biogás se puede emplear la cogeneración en áreas con grandes concentraciones de ganado, cuyo objetivo fundamental es el de generar energía eléctrica a partir de biogás y la aplicación térmica para diferentes usos.

En la figura 7 se pueden observar las diferentes alternativas de tratamiento que pueden seguir los residuos ganaderos:

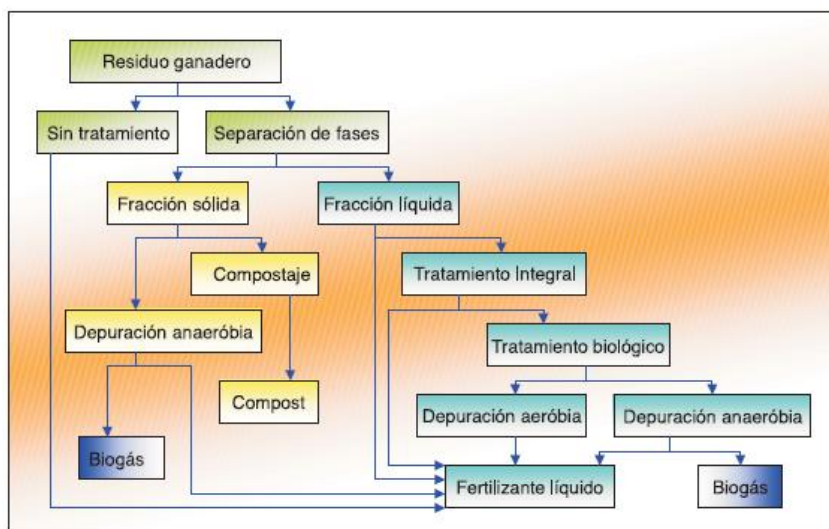


Figura 7: Alternativas en el tratamiento de residuos ganaderos (estiércoles y purines). (Fuente: de la Torre, A. Martínez-Almela, J, Muñoz, M.J. PORCI septiembre 2001, nº 65).

## 2.2 IMPACTOS DE LOS RESIDUOS GANADEROS

El interés agronómico de las deyecciones de los animales se conoce desde hace mucho tiempo. Como ventaja de los residuos ganaderos se puede citar que contienen todos los minerales necesarios para la vida de las plantas, especialmente en estiércoles sólidos y en los licuados. Estos residuos contienen, aparte de nitrógeno, fósforo y potasio, cantidades variables de cobre, calcio y magnesio además de algunos oligoelementos. Como desventajas, existen una serie de características que dificultan la utilización de los residuos ganaderos, purines, como abono. Las desventajas se pueden distinguir en agronómicas y medioambientales:

### *Agronómicos*

En cuanto a composición química, los residuos ganaderos son muy heterogéneos.

Aparte, el purín sufre un proceso de estratificación durante su almacenamiento, con diferente composición química dependiendo de cada estrato. Esto implica la necesidad de un sistema de homogeneización en las fosas antes de proceder a su extracción, que no siempre se aplica.

El sistema mayoritariamente usado para el reparto de purines (cisterna de una sola boca difusora) ocasiona un mal reparto en la parcela que puede originar problemas al cultivo.

Y además, hay una escasez de referencias por zonas y de divulgación técnica, ya que comparativamente a los ensayos con abonos minerales, las referencias de ensayos con purines en parcelas en las diferentes zonas agroclimáticas es muy escasa. La información a los agricultores y la formación al respecto tanto de ganaderos como de técnicos son generalmente bajas.

### *Medioambientales*

Debido a su presentación (líquida) y su composición (nitrógeno amoniacal, metales pesados, etc.) el manejo del purín presenta algunos riesgos medioambientales que obligan a un manejo adecuado.

Los riesgos de contaminación más importantes están en: las aguas superficiales y subterráneas y el aire. Todo ello da origen a que se considere el purín más como un residuo o desecho que como un subproducto de las granjas que puede valorizarse como fertilizante. De esta forma, se está despreciando un recurso, a la vez que aumenta el impacto medioambiental.

Para poder valorizar este residuo y utilizarlo de forma racional, es necesario disponer de las bases que permitan adoptar sus aportes a las necesidades de los cultivos a fin de evitar aportes insuficientes o llegar a una posible contaminación debido a aportaciones excesivas.

En cuanto a los efectos positivos que tiene la utilización de los residuos ganaderos como abono se pueden citar que debido a su contenido en materia orgánica mejora la estructura del suelo, ya que:

- Aligera los suelos arcillosos y limosos y da consistencia a los arenosos.
- Mejora la porosidad y la aireación.
- En suelos arcillosos aumenta la retención de agua, retiene y regula los nutrientes.
- Reduce el costo de las labores, menor consumo de gasoil y mejores rendimientos.
- Es el sustento de la actividad biológica del suelo ya que alimenta a los seres vivos del suelo que dan origen a los procesos de nutrición de la planta.
- Se añaden además efectos secundarios como mejor color y activación de la vida microbiana proporciona a los residuos ganaderos un carácter de “activador del crecimiento” que refuerza su uso favorable en la agricultura.

Todo esto conduce a que sea posible obtener con el empleo de las deyecciones animales los mismos niveles de producción que con los abonos minerales, pero para ello, es necesario un buen ajuste de las dosis aportadas para que sean satisfechas las necesidades de nutrientes en los cultivos mediante una planificación previa.

Esta planificación puede realizarse para un área geográfica extensa y para un plazo de tiempo de varios años o para un área geográfica localizada y un corto plazo de tiempo. En los dos casos es necesario conocer la cantidad de nutrientes que se generan y qué cantidad, de esa generada, es capaz de absorber el medio natural correspondiente.

Es importante conocer información sobre las posibles restricciones al uso de los residuos ganaderos como abonos (limitaciones legales en cuanto a cantidad, recomendaciones en cuanto a épocas desfavorables de abonado, etc.) y sobre el propio suelo (pendientes, capacidad de retención de agua, etc.). En este último caso es de gran importancia determinar, o estimar, el valor fertilizante del suelo.

### ***Tipos de contaminantes***

Desde el punto de vista de su origen, la contaminación producida por el purín y estiércol se puede agrupar en:

- Contaminación física, producida por la acumulación de compuestos que han sido acumulados en el residuo de forma accidental. Tales como: plásticos, clavos, piedras, etc.
- Contaminación química producida por compuestos nitrogenados, de fósforo, potasio, metano, algunos metales pesados, etc.
- Contaminación orgánica.
- Contaminación microbiana producida por virus, bacterias, parásitos, protozoos, etc.

Con respecto a los compuestos nitrogenados, el más abundante es el amonio, que procede fundamentalmente de la descomposición de la urea y que por un lado produce contaminación del aire y malos olores y por otro lado, su transformación en nitratos da lugar a posibles problemas de contaminación de aguas. También, dado el ambiente reductor que generalmente existe en los suelos donde se aportan purines puede haber una transformación en nitrosaminas potencialmente cancerígenas.

El fósforo, aunque es el nutriente menos abundante en los purines, conjuntamente con el nitrógeno, puede dar origen a los conocidos problemas de eutrofización.

El potasio puede favorecer que en los suelos pobres o deficientes en magnesio su asimilación por la planta se vea comprometida y en algunos casos puede producir tetanias por hipomagnesemia en el ganado que toma ese alimento.

Pueden encontrarse algunos metales pesados en cantidades significativas en determinados purines, aunque este es un problema que se puede notar a largo plazo en el suelo en el cual son vertidos dichos purines.

La elevada carga orgánica de los purines, con elevadas DBO y de DQO, puede dar lugar a episodios anóxicos en las aguas. Asimismo, la presencia de determinados contaminantes orgánicos en los purines puede dar lugar a toxicidad para los animales.

También es de señalar la difusión de patógenos a partir del purín, por ejemplo, los del género *Salmonella*, las *Brucellas* y el *Mycobacterium tuberculosis*, etc., aunque debido a las campañas de saneamiento, los problemas de brucelosis y tuberculosis prácticamente son inexistentes en la actualidad.

Se estima que la contaminación procedente de los residuos ganaderos puede ser del orden de unas seis veces mayor que la procedente de los residuos urbanos. Los datos mostrados en la tabla 15 indican que la contaminación orgánica es muy elevada:

		Cantid. Kg/día	M.Seca %	M.Mineral %	N tot. Kg/t	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kg/t	K <sub>2</sub> O Kg/t	pH
Bovino	Orina	15	7	3'0	7	0'05	15	
	Sólido	30	17	3'5	4	2'3	2	
	Purín fresco	45	14	3'3	4'5	2'0	6	6'7
	Purín Líquido	55	10	2'8	3'5	1'6	5	6'9
	Estiercol		22	5'0	4'6	3'0	6'0	7'9
Bovino Menor	Purín	5'8	8'8	2'8	1'8	0'55	0'68	7'6
Porcino 100 kg	Orina	6'7	4'0		4	0'05	5	
	Heces	3'3	23'0		5	3'0	3	
	Purines		5'0	1'6	4'5	2'3	3	7
Ovino	Orina		13		12	0'05	13'0	
	Heces		30		8	4'5	4'8	
	Purines	2'5	25	6'9	8	8'0	9'5	
Aves	Purín	0'2	15		13	11	6	
Conejos	Purín	0'17	4'0		12	10	7	7'2

Tabla 15: Volumen y carga contaminante de residuos ganaderos. (Fuente: Blázquez, María de los Ángeles. Los residuos Urbanos y Asimilables. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Capítulo XV. )

### 2.2.1 Impactos sobre el medio ambiente

Las emisiones al medio ambiente generadas en las granjas se pueden originar en la propia granja, o bien durante el almacenamiento, tratamiento o aplicación del purín y/o estiércol. Pueden ser:

- Emisiones directas al suelo, aguas subterráneas y superficiales, básicamente en forma de purín y/o estiércol.
- Emisiones al aire, en forma de gases, olores, polvo o ruido.

Los compuestos emitidos pueden potencialmente contribuir a distintos fenómenos perjudiciales para el medio ambiente como pueden ser:

- Eutrofización.
- Acidificación.
- Aumento del efecto invernadero.
- Reducción de la capa de ozono.
- Desecación por uso de aguas subterráneas.
- Difusión de materiales pesados y plaguicidas.
- Molestias locales por olor o ruido.

Además del efecto directo sobre el medioambiente, la contaminación ambiental por ciertos compuestos perjudica la salud de las personas y de los animales tal como se detalla en los siguientes apartados

#### Agua

Posiblemente es el medio más afectado. La contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por purines provienen del almacenamiento en depósitos inadecuados, del abonado de campos en épocas inadecuadas para el cultivo, principalmente en invierno (siendo más grave en épocas de lluvias o heladas), de transportes deficientes por medio de la lixiviación de estas aguas residuales o directamente debido a vertidos incontrolados.

Los elementos con mayor potencial contaminante son el nitrógeno y el fósforo, ya que son los que favorecen a corto plazo, la eutrofización de las aguas, aunque también la carga orgánica puede contribuir a la misma.

#### *Efectos asociados a la contaminación producida por los nitratos*

En el agua la cantidad de oxígeno es muy baja, 5 mg/l, si alguno de los residuos con una DBO alta alcanza un curso de agua se consumirá el oxígeno del cauce. Inicialmente se oxidarán los compuestos carbonados, dando lugar a anhídrido carbónico, hidrógeno y amoníaco; posteriormente se descompondrán los compuestos nitrogenados mediante nitrificación, donde el amoníaco da lugar a nitritos y finalmente a nitratos.

Esta disminución de la concentración de oxígeno da lugar a la muerte de las especies acuáticas. Si la falta de oxígeno se mantiene durante un periodo largo, se produce la



descomposición anaeróbica de los compuestos orgánicos, siendo alguno de los productos producidos en esta descomposición tóxicos, como el  $\text{SH}_2$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_2$ .

La falta de oxígeno puede paralizar el la etapa de nitratación (fase de la nitrificación) y así, aumentar la concentración de nitritos, siendo estos muy tóxicos para los peces.

Si se completa el proceso de nitrificación, la concentración de nitratos en el agua aumenta, los nitratos presentan una toxicidad baja para los peces, sin embargo pueden provocar la pérdida de potabilidad del agua del consumo humano. La ingestión de nitratos en cantidades excesivas y su posible transformación en nitritos puede causar la enfermedad denominada metahemoglobinemia.

El exceso de nitratos contribuye al proceso de eutrofización, con este término se quiere indicar el desarrollo excesivo de las algas o de las plantas acuáticas como consecuencia del aumento de nutrientes en las aguas, especialmente nitrógeno y fósforo. Estas algas y plantas acuáticas consumen una gran cantidad de oxígeno, disminuyendo las posibilidades de otras formas de vida acuática.

Además la materia orgánica contiene una gran cantidad de sólidos en suspensión que incrementan la turbidez. A causa de la turbidez se reduce la capacidad de fotosíntesis de las algas, con lo cual se producirían condiciones de fermentación anaerobia.

En los medios acuáticos continentales suele ser el fósforo el nutriente que limita este proceso, por lo que habitualmente serán los procesos que aporten este nutriente los desencadenantes de la eutrofización.

En medios marinos suele ser el nitrógeno el elemento limitante, causando las mareas verdes o pardas, donde la proliferación de macroalgas da origen a graves problemas que afectan tanto a la calidad de las playas como a los cultivos de moluscos.

En el fenómeno de lixiviación de nutrientes, la cantidad de agua de lluvia excede la capacidad de infiltración del suelo y por lo tanto, existe el peligro de lixiviación de ese exceso de agua hacia áreas adyacentes o a las aguas superficiales. Esta agua que se desplaza puede arrastrar con ella cantidades significativas de nutrientes (nitrógeno, fósforo y compuestos orgánicos), sobre todo cuando los residuos no se han incorporado al suelo tras la aplicación. En los comienzos de primavera, la capacidad de infiltración del suelo puede ser muy baja debido al hielo del suelo. El potencial para la lixiviación es por tanto más alto en esta época, incrementándose si el terreno tiene pendientes.

Otro efecto asociado a la contaminación del medio acuático es que está relacionado con el fenómeno de degradación de riveras de los ríos, debido al pisoteo de los animales criados en condiciones extensivas. En estos sistemas, se produce una compactación del terreno que provoca una disminución del filtrado del agua superficial. Así, se llega a producir una disminución de la capa freática, las orillas de los ríos quedan desprotegidas favoreciendo los fenómenos de erosión. Los sedimentos se van depositando en el fondo y el canal del río se va llenando de sedimentos.

**Suelo**

Los residuos ganaderos pueden afectar a los suelos tanto positivamente como negativamente.

Pero si se enriquece el suelo en exceso, estos elementos pueden llegar a producir fototoxicidad e infertilidad de los suelos.

Las deposiciones de amonio son transformadas muy rápidamente en nitratos por nitrificación, con la consiguiente acidificación del suelo. Como consecuencia, muchas especies vegetales características de ecosistemas frágiles desaparecen. Por otro lado, se desarrollan y entran en competencia las especies tolerantes a suelos ácidos.

Otro daño que puede derivarse de la aplicación del purín es debido a que los equipos de distribución del mismo son muy pesados, y utilizados sobre suelos demasiado húmedos pueden comprimir el suelo y cavar unos rodales de carácter permanente si no hay una labor posterior. Desde un punto de vista agronómico, no es aconsejable aplicar un purín a un suelo muy húmedo, ya que se acentúa la compactación y la asfixia del suelo.

El estiércol intensifica la actividad biológica en el suelo transformándose parcialmente en humus con lo que se mejora su estructura y capacidad de intercambio catiónico, por lo que aumenta la fertilidad del suelo y se reduce la posibilidad de erosión. Sin embargo, la materia orgánica aportada en forma de purín, puede taponar los poros del suelo y aumenta la escorrentía, formando complejos con la materia inorgánica del suelo. Cuando el abonado orgánico sobrepasa determinados límites puede dar origen a la formación de costras en su superficie, que limitan la infiltración de líquidos y favorecen la génesis de las escorrentías superficiales, con el aumento de riesgo de arrastres contaminantes hacia las aguas. El exceso de purín puede dar origen a episodio pasajeros de anaerobiosis en el suelo, con el consiguiente desequilibrio que esto supone en sus procesos bioquímicos, originándose también una reducción en el poder autodepurante de los suelos.

Además de nitrógeno y fósforo, los residuos ganaderos contienen un amplio rango de compuestos orgánicos. Una vez aplicados al suelo, estos compuestos se convierten en alimento para la población microbiana. Con el tiempo, la actividad del suelo degrada y libera estos nutrientes orgánicos como formas inorgánicas disponibles para las plantas. Si la cantidad de nitrógeno y fósforo que está contenido en los suelos no es suficientemente alta, la población microbiana del suelo puede eliminar temporalmente estos compuestos de manera que no estarán disponibles para las plantas. Este proceso se conoce como inmovilización. Es importante recalcar que no es una pérdida sino una eliminación temporal o almacenamiento de nutrientes, aunque puede interferir con el aporte de nutrientes a los cultivos si ocurre en una época no adecuada.

La inmovilización de nutrientes después de la aplicación de residuos ganaderos a los campos sólo ocurre cuando el contenido en carbono de los materiales orgánicos es mucho más alto que su contenido de nutrientes.

Es necesario por tanto, tener presente que el suelo necesita tiempo y unas condiciones específicas para poder reciclar estos productos orgánicos y transformarlos en nutrientes para los

cultivos. Cuando se rompe el equilibrio y la dinámica de aportación-transformación-absorción de nutrientes por las plantas, se generan problemas de contaminación.

La desnitrificación es un proceso microbiano que puede ocurrir en el suelo como resultado de la conversión de nitrato en la forma gaseosa, no disponible para las plantas.

En suelos húmedos, la actividad biológica consume oxígeno con una velocidad muy elevada. Cuando el oxígeno se agota, las bacterias usan nitratos en lugar de oxígeno y para ello se requiere (materia orgánica), la presencia de nitrato y suficiente agua para que la aportación de oxígeno al suelo esté restringida. La aplicación de residuos ganaderos al suelo crea las condiciones ideales para la desnitrificación y puede producir una pérdida significativa de nutrientes disponibles para las plantas. Además, el óxido nitroso es uno de los gases más peligrosos para el efecto invernadero.

Es posible también, que el destino de nitrógeno del suelo sea la infiltración. Cuando se acumula nitrato en el suelo puede ser llevado con el agua que se infiltra más lejos de la zona en la que se encuentran las raíces de las plantas hasta las aguas profundas, afectando así a estas últimas de manera perjudicial. Suelos con un alto potencial de nitratos incluyen aquellos que conducen el agua rápidamente hasta en los que se han aplicado grandes cantidades de residuos ganaderos como fertilizantes. Estos residuos contienen en principio muy poco nitrógeno nítrico pero tienen grandes cantidades de amoníaco que en el suelo se convierten nitratos por acción de los microorganismos. El potencial para que se produzcan pérdidas de nitratos por infiltración debidas a la aplicación de residuos ganaderos no es mayor, y posiblemente es menor, que el que conlleva la aplicación de fertilizantes nitrogenados inorgánicos como la urea. Cuando se aplica en exceso de los requerimientos de las plantas, se produce un aumento en la infiltración.

### **Atmósfera**

Hasta hace poco tiempo los estudios sobre la contaminación de la actividad ganadera habían estado ligados al impacto sobre el agua y el suelo. Sin embargo, en los últimos años se ha prestado una mayor atención a los daños que las emisiones de compuestos volátiles originados en el desarrollo de la actividad ganadera pueden ocasionar sobre el medio ambiente.

Los tipos fundamentales de contaminación del aire son: contaminantes químicos, olores y patógenos. Los dos primeros afectan a las naves donde está el ganado y a las instalaciones de almacenamiento del purín, aunque la actividad que genera mayores olores es la distribución del purín en el campo. En cuanto a los patógenos, la distribución sobre el terreno del purín en cubas a presión es la actividad que genera un mayor impacto.

Las sustancias gaseosas originadas por las actividades ganaderas que pueden originar problemas al medio ambiente son: el amoníaco, el metano, el dióxido de carbono y determinados compuestos, como por ejemplo los ácidos acético, propiónico, butírico, fenol, etc.

Los mecanismos de emisión están asociados a la volatilización de los compuestos que fermentan procedentes de los alojamientos y de los lugares de almacenamiento. Otro mecanismo que contribuye a la volatilización de compuestos son los aerosoles empleados en los sistemas de distribución y reparto de estiércol en campo.

Los gases que contribuyen al efecto invernadero son el metano, el dióxido de carbono, el óxido nitroso y clorofluorocarbonos (C.F.C.).

A continuación se citan las principales emisiones gaseosas procedentes de la actividad ganadera que interactúan a favorecer el efecto invernadero:

- Origen del dióxido de carbono:
  - a) Respiración.
  - b) Fermentaciones.
  - c) Transformaciones del metano.
- Origen del metano:
  - a) Fermentaciones entéricas/ruminales.
  - b) Fermentaciones de purines y estiércol.
- Origen de óxido nitroso:
  - a) Desnitrificación (1-3% de nitrógeno emitido).

En definitiva, hay que tener un enfoque global para maximizar los nutrientes teniendo en consideración los ciclos cerrados de los nutrientes para que la pérdida de nutrientes sea mínima. Por todo ello es necesario conocer cuántos nutrientes entran en la cadena y cuántos salen.

### ***Emisiones de compuestos carbonados***

El metano se produce fundamentalmente de dos modos distintos: como consecuencia de la degradación anaerobia de la materia orgánica del purín dentro de la fosa, así como por el animal. La fisiología de los rumiantes conlleva una fermentación digestiva en condiciones anaerobias de los hidratos de carbono y se produce metano que es expulsado por medio de la respiración y el eructo.

El metano es un gas que absorbe las radiaciones infrarrojas que proceden de la superficie de la tierra dando lugar al conocido efecto invernadero. Por otro lado, el metano interviene en diversos aspectos y reacciones de gran importancia para la atmósfera: en la troposfera participa en el calentamiento de la tierra y puede aumentar la concentración de ozono, por el contrario, en la estratosfera contribuye a la destrucción de la capa de ozono.

El metano se oxida en la atmósfera dando lugar a monóxido de carbono, el cual mediante una nueva oxidación pasa a dióxido de carbono. Por lo tanto, la contribución del metano al efecto invernadero es doble: directamente por absorber las radiaciones e indirectamente, al transformarse en dióxido de carbono.

### ***Emisiones de compuesto nitrogenados***

El amoníaco originado a partir de la mezcla de heces y orina que se produce en los alojamientos ganaderos desencadena procesos de degradación de los componentes nitrogenados por las enzimas microbianas fecales con producción de amoníaco como principal producto de degradación. Se ha demostrado que el amoníaco es uno de los principales responsables de la acidificación de la atmósfera y en consecuencia, de los suelos y de las aguas mediante la lluvia.

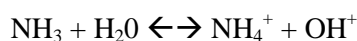
El amoníaco puede ser transportado a largas distancias y construir así un elemento contaminante a escala internacional.

Las actividades agrícolas son las fuentes predominantes del amoníaco, y estas emisiones en Europa se han acrecentado con la ganadería intensiva y el uso de fertilizantes.

El destino de las emisiones de amoníaco en la atmósfera es un proceso complicado. Desprendiendo a nivel del suelo, parte del mismo puede ser precipitado antes de que pueda difundirse hacia arriba. Depende de factores tales como la vegetación existente, los suelos, el rocío y la humedad, así como las concentraciones en el aire.

El amoníaco es un gas con gran capacidad de reacción que se mezcla y combina con compuestos ácidos como el HCl, HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, formando aerosoles amónicos.

La volatilización de amoníaco es la pérdida de amoníaco gaseoso desde el suelo. En presencia de agua, el gas amoníaco entra en equilibrio con el ión amonio.



En el suelo cuando el pH es alto o se acumulan grandes concentraciones de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> puede haber pérdidas de grandes cantidades de amoníaco. La volatilización del amoníaco de los residuos puede ocurrir cuando se aplican cantidades excesivas o cuando se aplican residuos con una alta concentración de amoníaco.

A título de ejemplo se muestran en la tabla 16 los valores de la posible emisión de NH<sub>3</sub> por volatilización:

<b>ESPECIE</b>	<b>Kg NH<sub>3</sub>/año</b>
<b>Bovino</b>	18,00
<b>Porcino</b>	2,80
<b>Aves</b>	0,26
<b>Equino</b>	9,40
<b>Ovino y caprino</b>	3,10

Tabla 16: Emisión anual de amoníaco por volatilización según especies. (Fuente: E. Buijsman 1987 citado por M. Batlló en Residuos Ganaderos, Fundación la Caixa).

**Emisión de olores**

La contaminación del aire se percibe, generalmente por los malos olores siendo éstos la principal fuente de queja.

Los compuestos responsables de olores ofensivos son:

- Lisis de compuestos con azufre: mercaptano, sulfuros orgánicos, sulfuro de hidrógeno, etc.
- Lisis de compuestos con nitrógeno: amonio, indoles, aminas, etc.
- Ácidos grasos volátiles, alcoholes, fenoles, etc.

No hay parámetros concretos para medir las molestias que producen los malos olores, sino que nos encontramos con una cuestión muy subjetiva. Mediante la olfimetría la cual está basada en un panel sensorial se pretende cuantificar los olores. Para ello hay que considerar:

- El umbral de detección.
- La intensidad del olor.
- La calidad.
- El tono hedónico de cada catador, ya que los olores pueden resultar intolerables dependiendo de la sensibilidad de cada catador.

Los malos olores pueden proceder de:

- Distribución de los estiércoles sobre los terrenos.
- Alojamientos ganaderos por la degradación anaerobia de los compuestos proteicos de las heces, restos de piel, pelo, alimentos y material de cama.
- Las zonas de almacenamiento de los residuos: fosas, estercoleros...

El mal olor procedente de los purines depende de la existencia en ellos de determinados compuestos que aun en muy pequeñas cantidades le transmiten esa característica, por ejemplo el amoníaco, los ácidos acéticos, propiónico butírico, fenol, amidas, etc. La actividad que genera una mayor repercusión es la distribución de purín.

También los organismos patógenos que determinadas actividades, como el abonado de purín, pueden llevar a la atmósfera y la producción de metano, que incide en el efecto invernadero, son otros de los principales contaminantes del aire originados en las explotaciones ganaderas.

#### *Factores que afectan la generación de olores*

Los principales factores que intervienen en la generación de olores dependen de:

- La degradación de los residuos que a su vez son dependientes de la temperatura, la humedad del residuo y del pH.
- La volatilización de los compuestos que en función de la ventilación, el clima, la temperatura y el pH del residuo van a favorecer en la transmisión de los olores.

#### **Paisaje y vegetación**

El paisaje considerado como un recurso natural, puede verse afectado por construcciones de alojamiento ganaderos donde se pretende buscar el máximo volumen al mínimo coste, así como la instalación de elementos brillantes y/o pinturas llamativas y discordantes con el paisaje que pueden degradar la calidad ambiental de una explotación ganadera.

En cuanto a la vegetación, además de los efectos ya mencionados sobre los cultivos, pueden darse otros efectos, como la aparición de malas hierbas, cuya proliferación se puede estimular con las semillas que no se degradan con su paso por el tracto intestinal de los

rumiantes. En las zonas donde se acumulan cantidades importantes de purín en verano pueden dar origen, por formación de sales amónicas, a pH muy elevado, que pueden provocar daños locales en los tejidos vegetales.

### 2.2.2 Impactos sobre la salud de los seres vivos

Aunque todavía quedan muchos aspectos por comprender referentes a los riesgos de salud pública con los residuos ganaderos, las infecciones de microorganismos patógenos a través de residuos animales es un problema reconocido.

Las rutas por las que se pueden llevar a cabo esas infecciones son varias, aunque casi todas ellas requieren algún tipo de contacto del residuo infectado con la entidad en cuestión.

El aspecto principal de las rutas por las que los patógenos pueden llegar a las personas es que cada una de ellas tiene un punto estratégico (Punto Crítico de Control) en el que los patógenos son susceptibles de eliminar o inactivar y por lo tanto hay una oportunidad de reducir el riesgo de la transmisión.

Existe la posibilidad de que determinados patógenos se transmitan por el agua, pasen a cauce, difundiendo enfermedades. En la transmisión de patógenos de residuos ganaderos a las personas deben ocurrir cuatro pasos fundamentales:

- El patógeno se excreta por el ganado.
- El patógeno debe alcanzar el agua (el animal defeca en ella, por escorrentía tras la aplicación del residuos ganadero, por infiltración).
- El patógeno debe sobrevivir y mantener su capacidad infectiva.
- La concentración de patógenos infectivos debe ser lo suficientemente alta para iniciar una infección.

La eliminación de alguno de estos pasos conducirá a que la transmisión de patógenos específicos de los cerdos a los humanos se reduzca o incluso se elimine completamente.

También se puede transmitir por el aire, la actividad respiratoria, la distribución de alimento, la descamación del ganado, distribución del estiércol, etc. Produce una dispersión en el aire de partículas sólidas o líquidas, llamadas aerosoles, que pueden contener microorganismos patógenos.

En cuanto a los patógenos asociados con los residuos de ganado, se pueden distinguir:

- Protozoos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia duodenalis*. Los estados infectivos (cistos) no se reproducen fuera del huésped, la dosis infectiva es baja y los cistos y oocistos son relativamente resistentes a desinfectantes químicos.
- Bacterias: hay diferentes especies bacterianas que pueden excretarse en las heces y orina de los cerdos que son infectivas para los humanos. La más notable es *Salmonella choleraesuis*, *Yersinia enterocolítica*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Campilobacter jejuni*, *Streptococcus suis*, *Brucella suis* y *Leptospira*. Los cerdos

actúan como reservorio para muchas de estas bacterias sin que ellos acusen ningún signo de infección.

- Virus: las evidencias sobre la transmisión desde deyecciones de ganado son conflictivas y aunque alguno virólogos piensan que si existen, muchos veterinarios creen que faltan datos para afirmarlo.
- Gusanos (hemintos): *Trichinella spiralis*, *Taenia solium*. Los alojamientos actuales de los cerdos evitan que haya un contacto directo con los excrementos de los mismos, evitando así la transmisión.

Esto puede conducir a la selección de patógenos resistentes a los antibióticos que se excretan en las deyecciones animales y pueden transferir esa resistencia a otros microorganismos.

### **Sanidad animal**

Los purines pueden llegar a aportar cantidades importantes de potasio que podrían interferir con la absorción de magnesio por las plantas, lo que puede originar problemas de Catania en el ganado vacuno. Aunque los informes sobre la incidencia de este desequilibrio son contradictorios, si es un hecho que el contenido en potasio de los suelos está incrementando a medida que el abonado con purín se hace más intenso y continuado. Otros problemas sanitarios del ganado podrían venir derivados de la metahemoglobinemia, inducida por el exceso de nitratos en el agua y sobre todo, las enfermedades contagiosas del ganado que pueden utilizar el purín y su transmisión al agua y la vegetación, como vehículo de transmisión.

En la siguiente tabla 17 podemos ver los efectos provocados por los diferentes gases generados por los residuos ganaderos según las diferentes especies y dosis.



GAS	ESPECIE	DOSIS	EFFECTOS
Anhídrido sulfuroso	Todas	Menos de 7 ppm	Sin problemas
		20 a 50 ppm (1 h.)	Irritación (ojos, aparato respiratorio), asfixia.
		500 ppm (35 min.)	Acción sobre el sistema nervioso
		800 a 1000 ppm	Coma y muerte
	Porcinos	20 ppm	Fotofobia, anorexia, nerviosismo
		50 a 200 ppm	Vómitos, náuseas, diarreas
Amoníaco	Aves	20 ppm	Irritaciones de las vías respiratorias
		60 a 70 ppm	Lesiones oculares
		Más de 70 ppm	Reducción de la ganancia en peso y de la producción de huevos. Retardo en la maduración sexual
	Porcinos	Más de 35 ppm	Efecto sobre la ganancia en peso y el consumo de alimentos. Secreciones nasales. Trastornos oculares
	Bovinos		Alteración general de la salud. Disminución de la producción lechera
Ácidos grasos volátiles	Todas	0,1 al 0,2 %	Nivel límite

Tabla 17: Efectos de algunos gases sobre la salud de los animales. (Fuente: Seminario sobre recuperación de recursos de residuos. (INIA) 1.980).

**Sanidad humana**

Los ya mencionados como la metahemoglobinemia causada por excesivo uso de nitratos. Parece que el riesgo deriva sobre todo de la ganadería sin tierra, porcino fundamentalmente, y que las zonas de ganado vacuno, aun con densidades importantes (+2,5 U.G.M./Ha) dan escasa contaminación por nitratos, como ocurre en la mayor parte de la zona húmeda española. Otro de los riesgos de la contaminación de las aguas por compuestos nitrogenados son los diferentes tipos de cánceres del tracto digestivo.

**Sanidad vegetal**

La fitotoxicidad del cobre puede dar origen a problemas de clorosis y malformaciones en las plantas cuando estos valores sobrepasan determinados umbrales (más de 100 mg Cu/Kg suelo). La presencia de cobre en cantidades significativas en el purín de porcino, como consecuencia de que se incorpora a los piensos, puede dar origen a un enriquecimiento del suelo en este metal (aunque sus niveles todavía están alejados de la fototoxicidad).

## Capítulo 3: FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA Y EL BIOGÁS

### 3.1 BENEFICIOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

El empleo energético de los residuos orgánicos a través de digestión anaerobia presenta numerosas ventajas:

#### *Beneficios energéticos*

Se trata de una fuente de energía renovable, de uso eficiente y de generación distribuida que fomenta el desarrollo rural y la valorización de los residuos.

#### *Beneficios medioambientales*

A nivel mundial, la disponibilidad de energía se ha convertido en uno de los principales problemas. Los países tanto en vías de desarrollo como desarrollados se enfrentan a una demanda creciente de energía para satisfacer sus expectativas económicas y sociales.

Frente a esta situación y en un futuro no muy lejano, parece clara la necesidad de una transición en las fuentes de energía desde su actual dependencia de los hidrocarburos a nuevas energías renovables y cada vez más ecológicas.

#### *Beneficios económicos resultantes de la aplicación de la tecnología*

Por un lado están los beneficios micro-económicos a través de la sustitución de energía y fertilizantes, del aumento de ingresos y del aumento de la producción agrícola-ganadera cuando se emplea a nivel agropecuario.

Ofrece también beneficios macro-económicos a través de la generación descentralizada de energía, reduciendo costes de importación y de protección ambiental y aparte, hay una mayor eficiencia en materia de costes que otras opciones de tratamientos desde la perspectiva del ciclo de vida y del rendimiento de utilidades.

Por último, el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos contribuye a la diversificación energética, uno de los objetivos marcados por los planes energéticos, tanto a escala nacional como mundial, desplazando la energía eléctrica fósil por energías renovables.

#### *Beneficios socioeconómicos*

Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles. Favorece el desarrollo del mundo rural y supone una oportunidad para el sector agrícola, ya que permite sembrar cultivos energéticos en sustitución de otros excedentarios. Abre oportunidades de negocio a la agroindustria, favorece la investigación y el desarrollo tecnológicos, e incrementa la competitividad comercial de los productos.

## 3.2 SITUACIÓN DEL SECTOR BIOGÁS

### 3.2.1 Situación del biogás en la Unión Europea

En el informe elaborado por *L'Observatoire des Energies Renouvelables (EurObserv'ER, 2.011)* se estimó que en el año 2.010 se produjeron en Europa 10,9 millones de tep (toneladas equivalentes de petróleo) procedentes de biogás. En las tablas 18 y 19 se indica la producción de biogás y su equivalente en electricidad en cada país durante el año 2009 y el estimado durante 2.010, puede observarse que durante este período la producción total se incrementó un 31,3%, siendo la energía producida en plantas descentralizadas de tratamiento de residuos agropecuarios, de residuos municipales y centralizadas de codigestión la que presentó un aumento más significativo en el periodo 2.009-2.010 (*Barometer on the estate of renewable energies in Europe, 2011*).

A partir del año 2.006, Alemania se ha puesto a la cabeza de Europa en la producción de energía vía biogás, básicamente por la gran actividad en la implantación de pequeñas plantas descentralizadas de tratamiento de residuos agropecuarios con producción de energía eléctrica y aprovechamiento de energía térmica mediante cogeneración. No obstante, durante el periodo 2.007-2.008 se produjo un estancamiento en el crecimiento del biogás agroindustrial en este país, debido a que durante 2.008 se preveía una revisión de los incentivos económicos aplicables a la producción de energía a partir de fuentes renovables. La nueva normativa (E.E.G., 2.009) ha permitido superar este estancamiento y en 2.011, Alemania contaba ya con unas 7.470 plantas y una potencia instalada de 2.900 MW eléctricos.

Hasta el año 2.005, el país que se encontraba a la cabeza de la producción en Europa era Gran Bretaña, básicamente por la recuperación de biogás de vertederos, siendo el país más activo en este campo, debido al sistema de certificación de energía renovable: Renewable Obligation Certificate (ROC). Actualmente ocupa la primera posición respecto a la producción de energía primaria de biogás de vertedero pero ha sido superado por Alemania tanto en términos totales de energía primaria de biogás como en producción bruta de electricidad procedente de biogás. De acuerdo con DECC (Department of Energy and Climate Change), el país produjo 1.772,2 ktep de biogás en 2.010, de los cuales 1.499,4 ktep fueron de biogás de granjas (84,6%).

En tercera posición en la producción de energía eléctrica se encuentra Italia, la cual ha aumentado en un 23,4% de 2008 a 2.009, contando ese año con 444,3 ktep y en el año 2.010 un valor estimado de 478,5 ktep. En el sistema italiano, los productores e importadores de energía tienen la obligación de suministrar un mínimo de energía con certificado verde, siendo aceptada como tal la energía procedente de biogás de residuos vegetales y orgánicos.

Respecto a la situación de España, nuestro país ocupaba en 2.007 el sexto lugar en la producción de energía primaria de biogás en Europa, siendo desplazada por los Países Bajos en 2008. Pero actualmente ha vuelto a adelantarse al sexto lugar en 2.009 (183,7 ktep).

Tanto Austria como los Países Bajos, han experimentado un notable crecimiento durante los años 2.006 y 2.008, siendo el biogás procedente de unidades descentralizadas el que más ha contribuido en dicho crecimiento.

	2009				2010*			
	Décharges Landfill gas	Stations d'épuration <sup>2</sup> Sewage sludge gas <sup>2</sup>	Autres biogaz <sup>2</sup> Other biogas <sup>2</sup>	Total Total	Décharges Landfill gas	Stations d'épuration <sup>2</sup> Sewage sludge gas <sup>2</sup>	Autres biogaz <sup>2</sup> Other biogas <sup>2</sup>	Total Total
Germany	265,5	386,7	3 561,2	4 213,4	232,5	402,6	6 034,5	6 669,6
UK	1 474,4	222,6	0,0	1 697,0	1 499,4	272,8	0,0	1 772,2
Italy	361,8	5,0	77,5	444,3	383,8	7,0	87,7	478,5
France**	442,3	45,2	38,7	526,2	323,7	41,6	48,0	413,3
Netherlands	39,2	48,9	179,8	267,9	36,7	50,2	206,5	293,4
Spain	140,9	10,0	32,9	183,7	119,6	12,4	66,7	198,7
Czech Rep.	29,2	33,7	67,0	129,9	29,5	35,9	111,3	176,7
Austria	4,9	19,0	135,9	159,8	5,1	22,5	143,9	171,5
Belgium	42,7	2,1	80,5	125,3	41,9	14,6	70,9	127,4
Poland	35,7	58,0	4,5	98,0	43,3	63,3	8,0	114,6
Sweden	34,5	60,0	14,7	109,2	35,7	60,7	14,8	111,2
Denmark	6,2	20,0	73,4	99,6	8,1	20,1	74,0	102,2
Greece	46,3	9,5	0,2	56,0	51,7	15,0	1,0	67,7
Ireland	42,2	8,1	4,1	54,4	44,2	8,6	4,5	57,3
Finland	26,0	12,6	2,8	41,4	22,7	13,2	4,5	40,4
Hungary	2,8	10,5	17,5	30,9	2,6	12,3	19,3	34,2
Portugal	21,3	1,5	1,0	23,8	28,2	1,7	0,8	30,7
Slovenia	8,3	7,7	11,0	27,1	7,7	2,8	19,9	30,4
Latvia	6,8	2,7	0,2	9,7	7,9	3,3	2,2	13,3
Luxembourg	0,0	1,4	11,0	12,4	0,1	1,2	11,7	13,0
Slovakia	0,8	14,8	0,7	16,3	0,8	9,5	1,8	12,2
Lithuania	1,3	2,1	1,2	4,7	2,0	3,0	5,0	10,0
Estonia	1,6	1,0	0,0	2,5	2,7	1,1	0,0	3,7
Romania	0,0	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0	1,1	1,1
Cyprus	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2
<b>Total EU</b>	<b>3 034,6</b>	<b>982,9</b>	<b>4 317,1</b>	<b>8 334,7</b>	<b>2 929,8</b>	<b>1 075,2</b>	<b>6 938,3</b>	<b>10 943,3</b>

\* Estimation. Estimate. \*\* DOM non inclus. Overseas departments not included. 1- Urbaines et Industrielles. Urban and Industrial. 2- Unités décentralisées de biogaz agricole, unités de méthanisation des déchets municipaux solides, unités centralisées de codigestion et multi-produit. Decentralised agricultural plants, municipal solid waste, methanation plants, centralised codigestion and multi-product plants. - Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma. Source: EuroObserv'ER 2011

Tabla 18: Producción de biogás, en unidades de energía primaria (ktep), en la Unión Europea en 2.009 y 2.010\*(estimado). (Fuente: Barometer on the estate of renewable energies in Europe, 2.011).

	2009			2010*		
	Centrales eléctricas únicas Electricity-only plants	Centrales funcionando en cogeneración CHP plants	Electricité totale Total electricity	Centrales eléctricas únicas Electricity-only plants	Centrales funcionando en cogeneración CHP plants	Electricité totale Total electricity
Germany	11 325,0	1 237,0	12 562,0	14 847,0	1 358,0	16 205,0
UK	5 030,0	521,0	5 551,0	5 118,0	622,0	5 740,0
Italy	1 299,6	365,4	1 665,0	1 451,2	602,9	2 054,1
France**	671,4	175,0	846,4	774,2	304,2	1 078,4
Netherlands	82,0	833,0	915,0	82,0	946,0	1 028,0
Spain	479,0	51,0	530,0	565,0	88,0	653,0
Austria	571,0	39,0	610,0	603,0	45,0	648,0
Czech Rep.	241,6	199,6	441,3	361,0	275,0	636,0
Belgium	161,9	313,7	475,6	149,3	418,0	567,3
Poland	0,0	319,2	319,2	0,0	398,4	398,4
Denmark	1,3	318,3	319,6	1,5	330,7	332,2
Greece	189,9	33,9	223,8	190,7	31,4	222,1
Ireland	169,0	17,0	186,0	176,0	22,0	198,0
Portugal	72,6	10,4	83,0	89,8	9,8	99,6
Slovenia	9,7	59,2	68,8	7,2	90,2	97,4
Finland	0,2	31,4	31,6	51,5	37,8	89,2
Hungary	0,0	96,0	96,0	0,0	83,0	83,0
Luxembourg	0,0	53,3	53,3	0,0	55,9	55,9
Latvia	2,6	42,4	45,0	2,5	50,8	53,3
Sweden	0,0	34,0	34,0	0,0	36,4	36,4
Lithuania	0,0	14,8	14,8	0,0	31,0	31,0
Slovakia	1,0	21,0	22,0	1,0	21,0	22,0
Estonia	0,0	6,7	6,7	0,0	10,2	10,2
Romania	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0
Cyprus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total EU</b>	<b>20 307,9</b>	<b>4 793,3</b>	<b>25 101,1</b>	<b>24 470,9</b>	<b>5 868,6</b>	<b>30 339,6</b>

\* Estimation. Estimate \*\* DOM non inclus. Overseas departments not included. - Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma. Source: Eurobserv'ER 2011

Tabla 19: Producción de electricidad (GWh) procedente de biogás en la Unión Europea en 2.009 y 2.010\*(estimado). (Fuente: Barometer on the estate of renewable energies in Europe, 2.011).

La actividad de las empresas y los marcos de actuación creados en países como Alemania, Dinamarca, Suecia o Austria ilustran el camino a seguir por el resto de países de la Unión Europea.

Un estudio realizado por la *European Biomass Association* (AEBIOM) proporciona, para el horizonte 2.020, unos resultados de 39,5 Mtep en relación con el potencial de biogás de la Unión Europea (UE-27). En particular, los subproductos/ residuos orgánicos de origen industrial suponen en torno al 20% del potencial total en 2.020, mientras que los subproductos/residuos de origen agrícola, cultivos agrícolas y subproductos agrícolas, se sitúan en torno al 80% (véanse tabla 20 y figura 8).

Origen	Potencial total (10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> biometano)	Porcentaje uso hasta 2020	Energía primaria (10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> biometano)	Energía primaria (Mtep)
Cultivos agrícolas para uso energético <sup>1</sup>	27,2	100	27,2	23,4
Subproductos agrícolas <sup>2</sup>	31,7	28	9,2	7,9
Residuos municipales <sup>3</sup> (incl. biorresiduos) y biogás de vertedero	10,0	40	4,0	3,4
Fracción biodegradable de residuos industriales <sup>4</sup>	3,0	50	1,5	1,3
Lodos	6,0	66	4,0	3,4
<b>Total</b>	<b>77,9</b>	<b>59</b>	<b>45,9</b>	<b>39,5</b>

Tabla 20: Esquema de la realización del potencial de biogás a nivel europeo. (Fuente: AEBIOM, 2.009).

(1 Cultivos destinados a la generación de energía, 2 Paja, estiércoles, residuos mantenimiento del paisaje, 3 Residuos de jardines, residuos de cocina de hogares, restaurantes, cantinas y venta al por menor, y residuos similares de la industria alimentaria, 4 Fracción biodegradable de los residuos industriales: incluye papel, cartón, pallets).

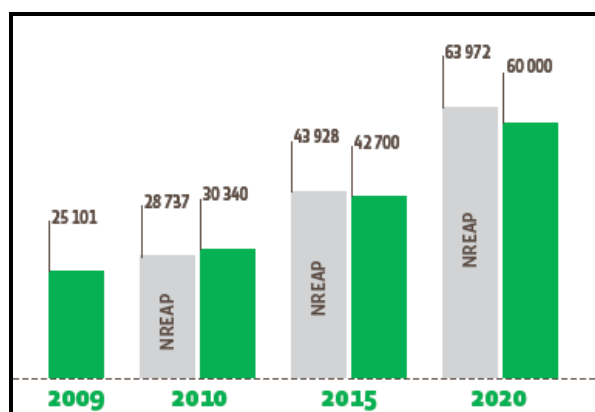


Figura 8: Comparación de la tendencia actual de producción de electricidad proveniente del biogás con la estimada por el NREAP (National Renewable Energy Action). Fuente: Barometer on the estate of renewable energies in Europe, 2.011.

La asociación Europea AEBIOM ha estimado que el biogás de digestor puede llegar a producir entre el 2 y el 4 % de la energía primaria consumida en Europa.

### 3.2.2 Situación del biogás en España

Según el informe elaborado por EurObserv'ER en 2.011 (*Barometer on the estate of renewable energies in Europe, 2.007-2.008*), España ocupaba en 2.008 el decimoquinto lugar en la producción *per cápita* de energía primaria de biogás en Europa, siendo el origen más importante la recuperación de biogás de vertederos. A continuación se realiza un somero repaso de la evolución del biogás en España y se resume la situación actual.

**Inicio años 80 y situación actual**

A principios de la década de los 80, se favoreció la instalación de plantas de biogás en el sector ganadero, mediante una línea de subvenciones inicializada por el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) durante 1.981 y 1.982. Unos años más tarde, se llevó a cabo un seguimiento de instalaciones y se pusieron de manifiesto deficiencias en algunas de estas plantas. Entre las principales causas de estas deficiencias, se encontraban diseños no adecuados a las condiciones de campo españolas así como un mantenimiento y operación no realizados de forma óptima.

Esta situación, así como una baja retribución por la venta de energía eléctrica a partir de biogás, ocasionaron el estancamiento del biogás agroindustrial en España. La mayoría de plantas quedaron progresivamente fuera de servicio, y la producción de biogás agroindustrial ha sido prácticamente testimonial desde entonces.

En el caso de otros tipos de biogás, esta situación no se ha producido, debido a que la retribución del biogás de depuradoras o vertederos cuenta con un sistema propio de financiación a través de tarifas específicas de tratamiento de aguas o de residuos municipales.

En términos de energía primaria de biogás, nuestro país ocupaba en 2.010 el sexto lugar en la producción en Europa con 653 GWh. El 60,2% del biogás procede de vertedero mientras que sólo un 33,5% procede de unidades descentralizadas de digestor agrícola, unidades de metanización de desechos municipales sólidos o unidades centralizadas de codigestión.

**Planes de fomento del biogás**

El principal aprovechamiento del biogás en España es la producción de energía eléctrica. En términos de energía eléctrica vertida a la red proviene principalmente de la procedente de biogás de vertedero y depuradoras, y en menor medida la del biogás agroindustrial. Por ello, puede afirmarse que actualmente el biogás agroindustrial supone un porcentaje bajo, respecto al biogás recuperado en vertederos como se ve en la tabla 21.

Categoría	Combustible	Energía (GWh)		Δ (2008 /2007)	Energía (ktep)		Porcentaje relativo
		2007	2008	%	2007	2008	%
Renovables en régimen especial (Peninsular)	Biogás de vertedero	510,1	491,4	-3,7	44,0	42,4	83,99
	Biogás de residuos agrícolas o de jardinería: herbáceos	54,8	54,9	0,2	4,7	4,7	9,38
	Biogás de depuradoras	38,3	35,7	-6,8	3,3	3,1	6,10
	Biogás de RSU (unidades de metanización de residuos sólidos urbanos)	0,1	0,1	45,1	0,0	0,0	0,02
Renovables en régimen especial (Canarias)	Biogás de vertedero		3		0,0	0,3	0,51
Total		603,3	585,1		52,0	50,4	100

Tabla 21: Energía vertida a la red, datos hasta 31 mayo 2.009. (Fuente: CNE, 2.009)

El objetivo fijado por el PER 2.005-2.010 establecía para el área del biogás un incremento de la potencia instalada durante 2.005-2.010 de 94 MW, con una producción de

electricidad asociada a ese incremento que asciende en 2.010 a 592 GWh. Como se puede ver este objetivo ha sido alcanzado con creces alcanzando en 2.010 los 653 GWh.

En el último Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (2.011-2.020), ya publicado y que se remitió en junio de 2.010 a la Comisión Europea, se recoge la estimación de la contribución total (capacidad instalada, generación bruta de electricidad) previsible de cada tecnología de energía renovable en España para el cumplimiento de los objetivos vinculantes para 2.020.

La evolución prevista para el biogás agroindustrial está citada de forma explícita por el PANER 2.011- 2.020, y se estima que podrá suponer más del 50% del total del biogás en el año 2.020.

Por otra parte, entre los planes desarrollados durante los últimos años en materia de biogás, destaca el Plan de biodigestión de purines (2.009-2.012).

Este plan estatal persigue fomentar los procesos técnicos de metanización de purines para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Dichas ayudas se suman además, a la tarifa eléctrica del RD 661/2.007. Por ello, este plan puede jugar un papel muy importante en el desarrollo del sector del biogás agroindustrial en España.

A día de hoy hay que decir que debido a la crisis a la que estamos inmersos, a 27 de enero de 2.012, el Consejo de Ministros decidió eliminar las primas a las energías renovables, mediante el Real Decreto-Ley 1/2.012 por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos, creando un serio problema en el futuro y evolución de dichas energías, ya que ni siquiera se sabe si volverán a ser instauradas o no.

### **Sistema de primas en la producción eléctrica**

Hasta la aparición del Real Decreto-Ley 1/ 2.012, la generación eléctrica se estructuraba en dos grandes grupos, el régimen ordinario y el régimen especial. Las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial deben tener potencia instalada igual o inferior a 50 MW y estar en alguno de los siguientes grupos:

- Instalaciones que utilicen cogeneración y otras formas de producción de energía eléctrica asociadas a la electricidad, con un rendimiento energético elevado.
- Instalaciones que utilicen energías renovables no consumibles, biomasa, biocombustibles, etc.
- Instalaciones que utilicen residuos urbanos u otros residuos.
- Instalaciones de tratamiento y reducción de residuos agrícolas, ganaderos y servicios.

En el caso del biogás, se prevé pasar en 2.005 de 152 MW a 400 MW en 2.020. La estimación que hace el PANER de energía eléctrica bruta para 2.010 supera a la planteada en el PER 2.005-2.010 (véase tabla 22).



	2005		2015		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Biogás	152	623	220	1.302	400	2.617

Tabla 22: Estimación de la contribución total (capacidad instalada, generación bruta de electricidad) previsible para el biogás en España. (Fuente: PANER 2.011-2.020)

### Evolución de la retribución

El régimen especial viene siendo regulado en España desde 1.980, año en el que se elaboró la Ley 82/1.980 de Conservación de la Energía, donde se establecían los objetivos de mejora de la eficiencia energética de la industria y de reducción de la dependencia de las importaciones. En este contexto, la Ley 40/94 dejó consolidado el concepto de régimen especial como tal, y basándose en los principios de esta ley, se publicó el Real Decreto 2366/1.994.

En la tabla 23 se resume la evolución de la tarifa desde 1.994 hasta el 2.010. A partir de 2.007, existe una retribución diferente según se trate de plantas con una potencia superior a 500 kW o inferior; en la tabla se ha reflejado únicamente la tarifa durante los primeros 15 años de las plantas con potencia inferior o igual a 500 kW, del grupo b.7.2.

Año	Normativa	Tarifa (pts/kWh)	Tarifa (c€/kWh)	Incremento relativo (%)	Incremento absoluto a partir de 1995 (%)	Incremento absoluto a partir de 2007 (%)
1995	RD 2366/1994	10,11	6,0700	-	-	-
1999	RD 2818/1998	10,46	6,2800	3,3	3,3	-
2005	RD 436/2004	10,96	6,5900	4,7	7,9	-
Jun-sep 2007	RD 661/2007	-	13,0690	49,6	53,6	0,0
Oct-dic 2007	RD 222/2008	-	-	-	-	-
2008	Orden ITC/3680/2007	-	13,5068	3,2	55,1	3,2
2009	Orden ITC/3801/2008	-	13,9533	3,2	56,5	6,3
2010	Orden ITC/3519/2009	-	13,8262	-0,9	56,1	5,5

Tabla 23: Evolución de la retribución económica. (Fuente: PANER 2.011-2.020).

Entre las iniciativas legales, destaca el Real Decreto 661/2.007, el cual buscó dinamizar el mercado del biogás agroindustrial y mejoró notablemente la retribución económica del aprovechamiento del biogás para la producción eléctrica. El incremento relativo de la tarifa regulada del 2.007 respecto al 2.004 fue de casi el 50% en términos relativos y del 54% en términos absolutos. Este incremento fue muy superior al que se produjo en otros periodos anteriores o posteriores a 2.007. Así pues, entre los años 1.995 y 1.999, 1.999 y 2.005 o 2.007 y 2.009, el incremento no ha superado en ningún caso el 5% en términos relativos o el 8% en términos absolutos.

No obstante, la retribución de la energía eléctrica producida mediante el aprovechamiento del biogás agroindustrial en España ha seguido una evolución creciente desde

2.007 hasta 2.009, reduciéndose ligeramente durante 2.010 respecto 2.009. En la siguiente figura se presenta la evolución para las plantas con una potencia inferior a 500 kW, durante los primeros 15 años de explotación. En la segunda gráfica se comparan los dos grupos incluidos a partir del RD 661/2.007: a.1.3) *Cogeneración con biogás y/o biomasa (mínimo 90% de la energía primaria utilizada)* y b.7) *Instalaciones que utilicen como combustible principal biogás, estiércol y biocombustibles líquidos*.

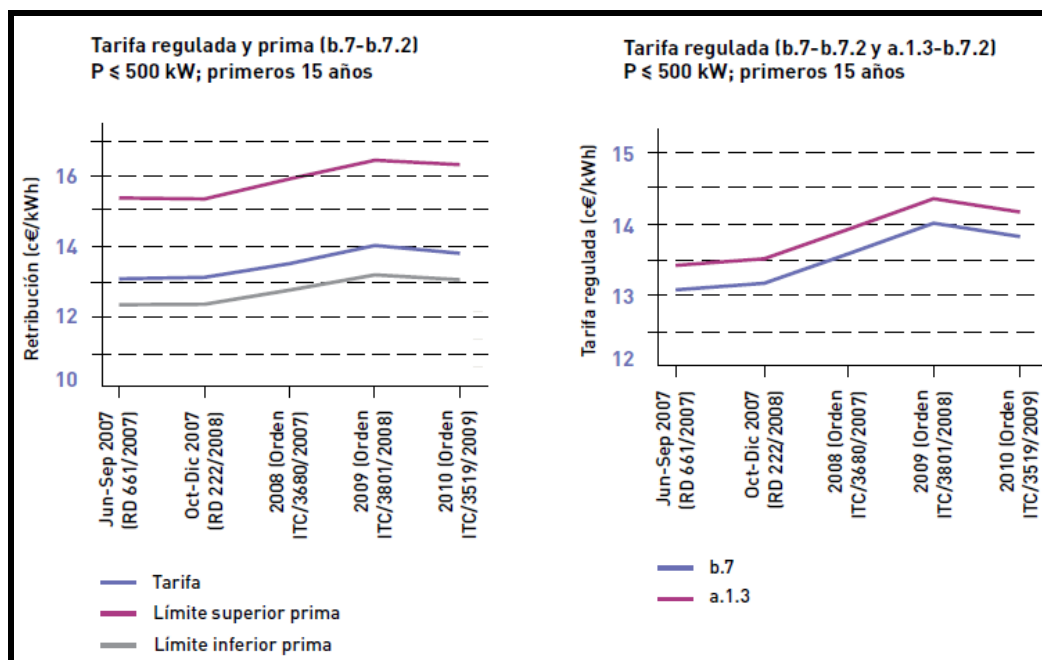


Figura 9: Evolución de las tarifas y primas en plantas de biogás en España. (Fuente: PANER 2.011-2.020).

El incremento desde 2.007 hasta 2.010, tanto para las tarifas reguladas como para los límites inferior y superior de la prima (venta en el mercado organizado de la electricidad), ha sido del 6%. Para cada año en concreto, la diferencia entre tarifa regulada y límite superior es del orden del 17%, mientras que la diferencia entre la tarifa regulada y el límite inferior es del orden del 6%.

### Futuro del biogás en España

Debemos preguntarnos por qué el biogás de digestor, a sensu contrario de lo que ocurre en los países de nuestro entorno, es una energía renovable por desarrollar en España. Y esto no podemos sino achacarlo al desconocimiento del potencial que del mismo se tenía en el momento en que se redactó el PER anterior, desconocimiento que hoy, afortunadamente, se ha superado.

En efecto, en el PER 2.005-2.010 se consideraba al biogás como una solución medioambiental y un subproducto, y no una fuente generadora de energía renovable, transmitiendo esta opinión a gran parte de lo legislado, desde aquel momento, en relación con el biogás de digestor.

Buen ejemplo de ello se contempla en el resumen del PER, donde de modo palmario, se constata que el biogás es la energía renovable, aunque en él no se contempla así como ya se ha dicho, que sufre el mayor agravio comparativo entre todas las descritas. Observamos en el

mismo que la Ayuda Pública es de 0 Euros; la prima es la menor de todas las renovables y a la que no se le otorga ningún incentivo fiscal.

Asimismo, en el mencionado RESUMEN DEL PER, apartado “6.3 Ayudas Públicas requeridas por el Plan”, no se contempla en lugar alguno al biogás, al que ni siquiera se menciona.

Hoy se sabe que el potencial de generación de energía eléctrica del biogás de digestor en España, se eleva a la nada despreciable cantidad de 5,2 Millones de MW/h, si se empleasen los residuos agrícolas y ganaderos accesibles y disponibles en el país (“PSE Probiogás”, AINIA 2.009). Ello sin contar las posibilidades de generación de energía térmica, equivalente a la ya reflejada para la energía eléctrica.

Tal como se reconoce en la Resolución del Parlamento Europeo de 12 de Marzo de 2.008, sobre la agricultura sostenible y el biogás, de que es un recurso energético vital que contribuye al desarrollo económico, agrícola y rural sostenible (ofreciendo a la agricultura nuevas perspectivas de ingresos) así como a la protección del medio ambiente, destacando la contribución que puede aportar a la reducción de la dependencia energética del exterior de la Unión Europea. La producción de electricidad y calor a partir del biogás, podrá contribuir significativamente al objetivo de que a partir del año 2.020, el 20 % de la energía consumida en la UE proceda de fuentes renovables.

El concepto de que se trata de una solución medioambiental y un subproducto debe pues cambiar en el PER 2.011-2.020, y tratar al biogás de digestor como una verdadera fuente de energía renovable, como ya hace el MARM en su documento “La digestión anaerobia en la directiva marco de residuos”. Sin olvidar lo que ya se contempla en estos momentos como solución medioambiental, mayor aún que la que se desprendía del antiguo PER, por su contribución a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, metano, CO<sub>2</sub>, partículas y monóxidos de nitrógeno, menos olores, higienización de purines, etc.

Es imprescindible una apuesta pública de la Administración para que este nuevo enfoque del biogás de digestor sea suficientemente conocido, y como consecuencia de ello, suficientemente apoyado por todos los estamentos de la propia Administración.

Y ante esta situación, la Asociación Española de biogás (AEBIG), ha identificado las barreras que, como decíamos antes, han imposibilitado el desarrollo del biogás de digestor en España, que son sustancialmente diferentes de las que se contemplaban en el anterior PER y propone soluciones para que el desarrollo del mismo sea una realidad.

Pero a pesar de lo dicho en este apartado, los objetivos marcados por el PER 2.011-2.011 van a ser prácticamente imposible alcanzarlos debido al Real Decreto-Ley 1/ 2.012.

### 3.3 PRINCIPIOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

#### 3.3.1 Proceso microbiológico y bioquímico de la digestión anaerobia

Los modelos tradicionales de digestión anaerobia dividen las reacciones que ocurren durante el proceso de mineralización de la materia orgánica en varias fases, llevadas a cabo por diferentes grupos de bacterias, relacionados entre ellos. De hecho muchas de estas reacciones ocurren simultáneamente sin una separación clara de fases. En la figura 10 se muestra el esquema de las diferentes fases de la digestión anaerobia, con los principales microorganismos de los diferentes procesos y los compuestos intermediarios.

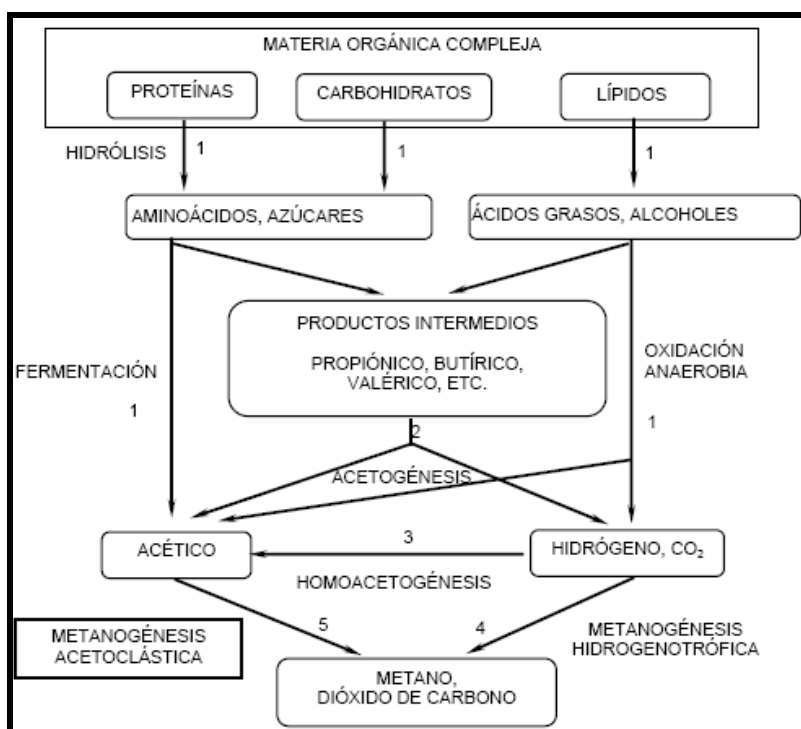


Figura 10: Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones bacterianas; 1) bacterias hidrolíticas-acidogénicas; 2) bacterias acetogénicas; 3) bacterias homoacetogénicas; 4) bacterias metonogénicas hidrogenófilas; 5) bacterias metonogénicas acetoclásticas (Fuente: Pavlosthatis, Giraldo-Gómez, 1991).

En esta digestión anaerobia, además de gases como el metano, dióxido de carbono y vapor de agua principalmente, se produce una suspensión acuosa de materiales sólidos o lodos (efluentes) en los que se encuentran componentes orgánicos difíciles de degradar y los componentes minerales (K, Ca, Mg, etc.). Es decir, de una manera espontánea quedaría una fracción con los componentes energéticos (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, etc.), y otra con los fertilizantes (N, P, K), lo que le confiere ventajas frente a otras técnicas de tratamiento y separación que requieren altos costes energéticos. La digestión anaerobia no elimina o destruye ninguno de los nutrientes, sino que los transforma en formas mejor asimilables por los cultivos.

Este proceso tiene como consecuencia una reducción significativa de la carga contaminante del efluente a la vez que retiene el calor fertilizante de los minerales. El metano producido, puede aprovecharse como fuente de energía y los productos procedentes del digestor

se pueden usar como alimento para los animales, en forma de proteína microbiana y también como fertilizantes orgánicos para el uso en agricultura.

En un proceso aerobio cuando se oxida la materia orgánica se desprende una gran cantidad de calor. En este sentido un 42% se desprenderá en CO<sub>2</sub> que no se puede recoger y un 58% del carbón inicial de la materia orgánica es transformado en composta. La digestión anaerobia transcurre con un menor desprendimiento calorífico, lo que determina un contenido energético más elevado de los productos resultantes y consecuentemente un mayor rendimiento energético. Concretamente, en la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa de los azúcares se transfiere al metano, por lo que solo el 10% de la energía inicial puede ser utilizada por las bacterias para su crecimiento, lo que contrasta con el 50% de que disponen en un proceso aerobio.

Esto confiere una ventaja a los procesos anaerobios frente a los aerobios. Además, se consigue un mayor grado de estabilización de los residuos digeridos, una menor producción de lodos biológicos, hay menor requerimiento de nutrientes bacterianos y no hace falta oxígeno, con lo que se reducen los costes y se consigue una mayor eficiencia en los costes del tratamiento, a la vez que como subproducto se obtienen elementos que pueden ser útiles.

Para valorar la viabilidad de la digestión anaeróbica para aplicaciones específicas se debe reunir información sobre el origen de los residuos, es decir, hay que recoger muestras de forma representativa y realizar los análisis adecuados tanto cualitativamente como cuantitativamente. Entonces, se puede hacer el cálculo para el diseño del digestor, teniendo en cuenta la aplicación que se le va a dar.

La microbiología y bioquímica del proceso no es exactamente conocida por la gran complejidad que se presenta en el desarrollo del mismo. Esto lleva en muchas ocasiones a considerar el digestor como una caja negra en donde se van a realizar una serie de transformaciones sobre la materia orgánica teniendo como resultado la obtención de biogás y un efluente modificado en sus características, en donde se da por hecho el proceso de transformación debido a una población microbiana de la que sólo importa conocer sus parámetros fundamentales de operación, buscándose el óptimo, bien sea de producción de biogás, bien de poder durativo o bien del conjunto de ambos.

Por el contrario, en biotecnología es imprescindible el conocimiento de microorganismos que reina en el digestor con el objeto de llegar a una selección óptima tanto de éstos como de las características que deben rodear su medio de desarrollo (véase tabla 24).

FASE ACIDOGENICA	FASE METANOGENICA
* Bacterias facultativas (pueden vivir en presencia de bajos contenidos de oxígeno).	* Bacterias anaeróbicas estrictas (No pueden vivir en presencia de oxígeno).
* Reproducción muy rápida (alta tasa reproductiva).	* Reproducción lenta (baja tasa reproductiva).
* Poco sensibles a los cambios de acidez y temperatura.	* Muy sensibles a los cambios de acidez y temperatura.
* Principales metabolitos, ácidos orgánicos.	* Principales productos finales, metano y dióxido de carbono

Tabla 24: Características de las bacterias de la fase acidogénica y metanogénicas. (Fuente: Pavlosthatis, Giraldo-Gómez, 1.991).

A pesar de lo mencionado antes, se pueden distinguir una serie de etapas sucesivas en las que se lleva a cabo la degradación de los sustratos hasta metano, que es un proceso complejo en que intervienen un elevado número de especies bacterianas. Se pueden distinguir cuatro etapas:

### **Hidrólisis**

La materia orgánica polimérica no puede ser utilizada directamente por los microorganismos a menos que se hidrolicen en compuestos solubles, que puedan atravesar la membrana celular. La hidrólisis es, por tanto, el primer paso necesario para la degradación anaerobia de sustratos orgánicos complejos. La hidrólisis de estas partículas orgánicas es llevada a cabo por enzimas extracelulares excretadas por las bacterias fermentativas. La etapa hidrolítica puede ser la etapa limitante de la velocidad del proceso global, sobre todo tratando residuos con alto contenido en sólidos. Incluso en casos donde las fases acidogénicas o metanogénicas son consideradas como pasos limitantes, la hidrólisis puede afectar el conjunto del proceso (*Pavlostathis y Giraldo-Gómez, 1.991*).

El grado de hidrólisis y la velocidad del proceso depende de muchos factores, entre otros del pH, de la temperatura, de la concentración de biomasa hidrolítica, del tipo de materia orgánica particulada, y del tamaño de partícula.

La tasa de hidrólisis, en general, aumenta con la temperatura, independientemente del compuesto de que se trate. Hills y Nakano (1.984) demostraron que la tasa de hidrólisis depende, también, del tamaño de las partículas, debido fundamentalmente a la disponibilidad de superficie para la adsorción de las enzimas hidrolíticas.

### **Etapas fermentativa o acidogénica**

Las moléculas orgánicas solubles son fermentadas por varios organismos fermentativos formando compuestos que pueden ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (acético, fórmico, H<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos más reducidos (láctico, etanol, propiónico, butírico, principalmente) que tienen que ser oxidados por bacterias acetogénicas a sustratos que puedan utilizar las metanogénicas (*Stams, 1.994*).

Las proporciones entre los productos de la fermentación varían en función del consumo de H<sub>2</sub> por parte de las bacterias que utilizan hidrógeno. Cuando el H<sub>2</sub> es eliminado de forma eficiente las bacterias fermentativas no producen compuestos reducidos como el etanol, favoreciendo la producción de H<sub>2</sub> y la liberación de energía en forma de ATP (*Pavlostathis y Giraldo-Gómez, 1.991*). La actividad de algunas bacterias fermentativas y acetogénicas depende de la concentración de H<sub>2</sub>, siendo posible sólo a valores muy bajos de presión parcial de H<sub>2</sub>. La eliminación continua de H<sub>2</sub> mediante oxidación por CO<sub>2</sub> (bacterias metanogénicas hidrogenotróficas) estimula la acción de las bacterias fermentativas, al eliminar un producto de la reacción (*Boone y Xun, 1.987*).

### **Fase acetogénica**

Mientras que algunos productos de la fermentación pueden ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (H<sub>2</sub> y acetato), otros (valerato, butirato,

propionato, algunos aminoácidos, etc.) necesitan ser transformados en productos más sencillos, acetato e hidrógeno, a través de las bacterias acetogénicas.

Representantes de los microorganismos acetogénicos son *Syntrophomonas wolfei* y *Syntrophobacter wolini* (Boone y Bryant, 1.980). Los procesos acetogénicos son energéticamente difíciles, por lo que necesitan ser "ayudados" por los organismos metanogénicos u otros organismos consumidores de hidrógeno (Stams, 1.994) y la energía libre de la reacción depende de la presión parcial de hidrógeno del medio.

Un tipo especial de microorganismos acetogénicos, son los llamados *homoacetogénicos*, que consumen  $H_2$  y  $CO_2$ , y producen acetato. Los principales exponentes son *Acetobacterium woodii* o *Clostridium aceticum*. Este tipo de bacterias son capaces de crecer heterotróficamente en azúcares, al contrario que los metanogénicos, siendo más parecidos a los fermentativos que a los metanogénicos, a pesar de utilizar los mismos sustratos (Madigan et al., 1998).

### Fase metanogénica

Los microorganismos metanogénicos pueden ser considerados como los más importantes dentro del consorcio de microorganismos anaerobios, ya que son los responsables de la formación de metano y de la eliminación del medio de los productos de los grupos anteriores, siendo, además, los que dan nombre al proceso general de *biometanización*.

Las bacterias metanogénicas son las responsables de la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato,  $H_2$ ,  $CO_2$ , formato, metanol y algunas metilaminas. Los organismos metanogénicos se clasifican dentro del dominio *Archaea*, y, morfológicamente, pueden ser bacilos cortos y largos, cocos de varas ordenaciones celulares, células en forma de placas y metanógenos filamentosos, existiendo tanto Gram positivos como Gram negativos. Todas las bacterias metanogénicas que se han estudiado poseen varias coenzimas especiales, siendo la coenzima M, la que participa en el paso final de la formación de metano (Madigan et al., 1.998).

Se pueden establecer dos grandes grupos de microorganismos, en función del sustrato principal, dividiéndose en los *hidrogenotróficos*, que consumen hidrógeno y fórmico, y los metilotróficos o *acetoclásticos*, que consumen grupos metilos del acetato, metanol y algunas aminas (Cairó y París, 1.988).

Las tasas de crecimiento de las bacterias metanogénicas son cinco veces menores que las de la fase anterior por ello serán las que limitarán el proceso de degradación anaerobia. Serán también las que condicionarán el tiempo de retención del reactor durante la fase de diseño, así como la temperatura de trabajo.

El grupo de bacterias se encuentran de forma simbiótica. Las productoras de ácido o acidogénicas crean la atmósfera ideal para el desarrollo de las bacterias metanogénicas (condiciones anaerobias y cadenas orgánicas cortas). Las metanogénicas a su vez usan los productos intermedios de las acidogénicas, que si no fueran consumidos crearían condiciones tóxicas para las acidogénicas. A la práctica son el grupo de bacterias que producen a la vez la fermentación anaerobia, sin ser posible que ninguna de ellas independientemente lleve a cabo todo el proceso.

La naturaleza y composición química del sustrato, así como los factores ambientales, condicionan la composición cualitativa de la población bacteriana existente en cada etapa. Se altera asimismo la velocidad de reacción y la calidad del efluente.

Cuando el proceso no se lleva a cabo adecuadamente, la aparición de concentraciones altas de productos intermedios con la acumulación de los mismos en el reactor da lugar a una acidificación y desestabilización del mismo.

Cuando las condiciones de digestión son favorables, los microorganismos utilizan la vía metabólica del acético e hidrógeno para la formación del metano. Pero cuando el hidrógeno tiende a acumularse por algún factor operativo desfavorable, los microorganismos utilizan la vía de los ácidos grasos volátiles superiores homólogos al acético, acumulándose estos en el sustrato e inhibiendo la metanogénesis y llegando a anularse la producción del metano.

Asimismo, cuando por una razón u otra el pH del medio desciende excesivamente, las bacterias homoacetogénicas tienden a suplantar a las metanogénicas, llegándose a una acumulación de acético en el digestor.

Alrededor de un 70% del metano producido procede de la descarboxilación del ácido acético mientras el resto procede de los sustratos ácidos, fundamentalmente ácido carbónico. El contenido de dióxido de carbono gaseoso del biogás depende en definitiva de la materia prima, de las vías metabólicas de su catabolización por las bacterias y del pH del medio.

Tras las transformaciones microbianas:

- El nitrógeno orgánico se transforma en amoniacal que va a tener un valor agronómico.
- Los compuestos carbonados se transforman de dióxido de carbono y metano en una reacción de balance energético positivo: se puede valorizar energéticamente el biogás producido.

### ***3.3.2 Factores que influyen en la digestión anaerobia: parámetros ambientales y de control***

La actividad metabólica involucrada en el proceso de producción del biogás se ve afectada por diversos factores. Debido a que cada grupo de bacterias que intervienen en las distintas etapas del proceso responde en forma diferencial a la influencia de esos factores, no es posible dar valores cualitativos sobre el grado que afecta cada uno de ellos a la producción de biogás.

Una digestión anaerobia se efectúa con éxito cuando se alcanza y mantiene un equilibrio entre la velocidad de los procesos productivos de ácidos (hidrólisis y acidogénesis) y de los procesos generadores de metano (metanogénesis). Los factores más importantes que influyen en la producción de biogás son los siguientes:



### Ausencia de oxígeno

Las bacterias metanogénicas solo pueden existir en ambientes anóxicos, en ausencia de oxígeno. La razón por la cual las bacterias metnogenéticas no se mueren o se inhiben inmediatamente en presencia de oxígeno es porque viven en conjunto con otras bacterias que se formaron en los procesos previos.

Sin embargo, el efecto inhibitor del oxígeno no es permanente, ya que en la flora bacteriana existen también microorganismos facultativos que irán consumiendo el oxígeno que pueda existir en el medio acuoso. Es por esta razón, que para que ocurra un proceso anaeróbico óptimo deben crearse las condiciones para la formación de un medio totalmente libre de oxígeno en el interior del biodigestor. Mientras el contenido de oxígeno en el digestor sea menor del 3-5% puede desarrollarse el proceso anaeróbico sin consecuencias negativas.

### Tipo y calidad del residuo o biomasa

La producción de biogás está influenciada por el tipo de biomasa con la que se alimenta el digestor, ya que unos producen más biogás que otros. La producción de biogás depende de la cantidad de grasas, proteínas, hidratos de carbono y nutrientes que tenga esa biomasa.

El proceso anaeróbico no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto selenio y otros menores).

Generalmente la biomasa con alto contenido en grasa proteínas e hidratos de carbono es la que más biogás produce. Pero hay que tener en cuenta que lo más conveniente es la preparación equilibrada de una mezcla de biomasa para alimentar el digestor. Es decir, hay que buscar siempre un punto de equilibrio entre la selección de biomasa para la producción de una mayor cantidad de biogás y una biomasa de alto contenido de nutrientes esenciales para el crecimiento de las bacterias.

Normalmente las sustancias orgánicas como los estiércoles presentan estos elementos en proporciones adecuadas. Sin embargo en la digestión de ciertos desechos agroindustriales puede presentarse el caso de que sea necesaria la adición de otros nutrientes esenciales. En lo referente a estiércoles de animales, la degradación biológica de cada tipo de biomasa dependerá básicamente del tipo de animal y la alimentación que hayan recibido los mismos.

### *Concentración*

Puede expresarse bien haciendo referencia a la cantidad de sólidos que contiene el residuo o bien haciendo referencia a la carga orgánica del mismo:

- Sólidos totales (ST): peso del material sólido después de secar el producto a 103 °C hasta peso constante.
- Sólidos fijos (SF): peso material sólido después de calcinar el producto a 550 °C durante una hora.

- Sólidos volátiles (SV): diferencia entre sólidos totales y fijos. Se componen de sólidos volátiles biodegradables (SVb) y sólidos volátiles no biodegradables (SVnb).
- Demanda química de oxígeno (DQO): es el índice del nivel de contaminación del sustrato ampliamente utilizado, y que se determina mediante una combustión química húmeda de muestra, normalmente mediante una solución ácida de dicromato potásico a elevada temperatura. Se define como una medida de la capacidad de consumo de oxígeno por parte de la materia orgánica presente en el residuo.
- Demanda biológica de oxígeno (DBO): es la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica en un tiempo determinado, a una temperatura establecida y bajo condiciones establecidas. Normalmente cinco días a 20 °C y manteniendo la solución a oscuras.

### ***Parámetros químicos***

#### *pH*

Los diferentes grupos bacterianos presentan unos niveles de actividad óptimos a pH bastante próximos, aunque ligeramente diferentes. El pH óptimo para los hidrolíticos está entre 7-7,2, los acidogénicos en el entorno de 6, los acetogénicos 7-7,2 y los metanogénicas en el rango de 6-8.

#### *Alcalinidad*

Es un indicador de la capacidad del sustrato para neutralizar ácidos o para resistir cambios en el pH. La alcalinidad resulta de la presencia de bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos, sales, etc.

#### *Nitrógeno total o amoniacal*

La importancia del nitrógeno estriba en la toxicidad que puede presentar en determinadas concentraciones el nitrógeno amoniacal.

#### ***Relación C/N y nutrientes***

Refleja un índice bastante significativo de la digestibilidad e incluso de la potencialidad energética de un determinado material orgánico. Las poblaciones microbianas necesitan para crecer y multiplicarse nutrientes que contenga carbono y nitrógeno. La relación C/N del influente influye sobre la composición final del biogás. Si no hay suficiente nitrógeno las bacterias no pueden sintetizar las enzimas necesarias para asimilar el carbono y si hay un exceso de nitrógeno se producen grandes poblaciones de microorganismos que se descomponen rápidamente, desprendiendo amoníaco e inhibiéndose las fermentaciones acetogénica y metanogénica.

Las necesidades de nutrientes son muy bajas. El valor óptimo de la relación C/N suele oscilar entre 20-30:1, considerándose entonces que esta relación está equilibrada. En el caso de

que relación C/N no sea la adecuada, se pueden mezclar diversos residuos de proporción conveniente para conseguir su valor equilibrado. La naturaleza de los residuos tratados influye también en el pH del medio de digestión, así cuanto mayor es la relación C/N menos es el pH de funcionamiento.

**Agentes tóxicos e inhibidores**

El término tóxico es relativo y depende de las condiciones ambientales y la concentración de la sustancia inhibidora. A bajas concentraciones una sustancia tóxica presenta a menudo un efecto estimulante, como el caso del sodio, potasio, calcio y magnesio, generalmente presentes en digestores al ser añadidos como bases o sales para el ajuste de pH. Cuando existen combinaciones de estos cationes, los efectos son más complejos. Se ha observado que el sodio y el magnesio actúan sinérgicamente incrementándose la toxicidad total (véase tabla 25).

Los metales pesados son inhibidores en su forma iónica, y no los son precipitados como sales de baja solubilidad. Existen varios modos de reducir el contenido de iones de metales pesados en el digestor, siendo uno de los más efectivos su precipitación como sulfuros. Con este método se consigue, a la vez, una reducción del contenido en sulfuros que también presenta efecto inhibidor.

Inhibidores	Concentración Inhibidora (mg/ml)
Sulfuro (como azufre)	200
Cu	10-250
Cr	200- 2.000
Zn	350-1.000
Ni	100-1.000
CN	2
Na	8.000
Ca	8.000
Mg	3.000

Tabla 25: Valores de las concentraciones de inhibidores comunes. (Fuente: GTZ GmbH, 1.999).

La influencia del amoníaco también ha sido extensamente estudiada, encontrándose mayor toxicidad para la especie molecular NH<sub>3</sub>, que para la forma iónica de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Ambas especies forman un equilibrio dinámico en el sistema y sus concentraciones relativas dependen del pH del mismo.

La presencia de sulfuro de hidrógeno a concentraciones superiores a 200 mg/l indica la inhibición de la metanogénesis por competencia con las bacterias sulfato-reductoras por el hidrógeno y otros dadores de electrones. Por otra parte, es conocida la necesidad de azufre reducido por parte de las bacterias metanogénicas en forma de sulfuro o cisteína.

Cuando la materia prima contiene sulfatos, normalmente en el agua, un grupo de bacterias sulfatoreductoras suplanta en parte a las bacterias metanogénicas, llevando a la producción de ácido sulfhídrico e inhibiendo la producción de metano. Ello debe de vigilarse fundamentalmente en la aplicación del biogás obtenido, por efecto corrosivo del SH<sub>2</sub>.

También existen muchos compuestos orgánicos que presentan un marcado efecto inhibitor. Entre estos se encuentra el formaldehído, muchos derivados clorados, a los que las metanobacterias no se adaptan ni siquiera a concentraciones tan bajas como 1 ppm, así como nitrocompuestos aromáticos y detergentes del tipo sulfonatos de alquil-benceno.

Por último, los antibióticos empleados en las explotaciones ganaderas pueden llegar a las heces y afectar negativamente la marcha de la digestión anaerobia. De todos modos, su efecto inhibitor no parece que sea importante dentro de un empleo normal.

En general, puede decirse que si bien el efecto de una entrada puntual de sustancias tóxicas en elevada concentración causa una alteración en la marcha del reactor, las poblaciones bacterianas recuperan su actividad con relativa rapidez. Empleándose periodos de arranque largos, las bacterias pueden acomodarse a la presencia de sustancias tóxicas. En función de este periodo de aclimatación puede conseguirse que el reactor sea activo para concentraciones de tóxicos muy superiores a los normalmente admitidos.

### **Preparación de la biomasa**

Cada tipo de biomasa requiere de tratamiento de diferentes, dependiendo de la consistencia de dicha materia prima. Ejemplos de pretratamiento incluyen:

- Separación de sólidos inertes y materiales extraños.
- Acondicionar los residuos vegetales tales como pasto, paja, hojas, etc. Mediante corte o picado fino, molienda, maceración, etc. Los equipos para esta actividad pueden ser costosos.
- Mezcla y homogenización de residuos y precalentamiento.
- Reducir el tamaño de las partículas para aumentar la superficie para los microorganismos y hacer más eficiente el proceso de digestión.

### **Mezcla y homogenización**

Para homogenizar la biomasa se puede utilizar agua si es necesario, efluente líquido que se sale del digestor o aguas de procesos. El efluente líquido del digestor se puede recircular desde el tanque de descarga al tanque de homogenización. La inoculación de biomasa de esta manera favorece el proceso de la digestión, ya que la biomasa se inocula con bacterias digeridas o fermentadas. Si se utiliza agua de algún proceso para la homogenización hay que tener en cuenta que no contenga trazas de desinfectantes o elementos químicos que inhiban la producción de biogás.

La homogenización se realiza en tanques por medio de mezcladores o agitadores.

### **Alimentación del digestor**

Idealmente se debe alimentar el digestor de forma continua. En la práctica pocas veces es posible por lo que se habla de una alimentación casi continua. Este proceso puede automatizarse y no es recomendable que se mezcle u homogenice la biomasa en los tanques de

alimentación, si esta no se alimenta inmediatamente al digestor. Preferentemente solo se debe homogenizar la biomasa con la que se va a alimentar en ese momento al digestor.

**Agitación, contacto entre fases**

La agitación de los reactores anaerobios tiene diversos objetivos, que se resumen en los siguientes puntos: poner en contacto el sustrato fresco o influente con la población bacteriana, y eliminar los metabolitos producidos por los metanogénicos, al favorecer la salida de los gases; proporcionar una densidad uniforme de población bacteriana; prevenir la formación de capa superficial y de espumas, así como la sedimentación en el reactor; prevenir la formación de espacios muertos que reducirían el volumen efectivo del reactor, y la formación de caminos preferenciales en función de la hidráulica del sistema; eliminar la estratificación térmica, manteniendo una temperatura uniforme en todo el reactor.

**Masa seca**

La masa seca se define como la cantidad de sólidos que contiene la biomasa. Este valor se define también como la materia seca total con la que se alimenta diariamente el digestor. El porcentaje óptimo de sólidos en la mezcla a digerir en el digestor debe ser del 10-15%. Se logra esta dilución mezclando la biomasa con agua o recirculando el efluente obtenido del digestor. En digestores operados con estiércol de ganado los valores óptimos de operación oscilan entre el 10 y 12%. Esta dilución es importante para establecer un mejor contacto de las bacterias con el sustrato (véase tabla 26).

	Contenido de agua de diferentes sustratos (%)
<b>Vinazas</b>	90-94
<b>Cereales</b>	12-15
<b>Estiércol de cerdo</b>	85-95
<b>Gallinaza</b>	65-85
<b>Forraje de maíz</b>	65-80
<b>Estiércol de ganado</b>	85-95
<b>Frutas-verduras</b>	82-95

Tabla 26: Contenido en agua de diferentes sustratos. (Fuente: Dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogás. Gabriel Moncayo Romero, 2.010)

**Masa volátil**

La masa volátil o sólidos volátiles es el volumen de masa orgánica que contiene la biomasa, es decir, es el componente que se volatiliza después de la incineración de la masa seca durante 6 horas a 550 °C. Las cenizas que quedan después del secado corresponden al componente inorgánico de la masa seca.

El conocimiento de la masa volátil es importante ya que solo este porcentaje es el contenido real de masa orgánica en la biomasa. El resto es humedad, trazas inorgánicas y otras materias que no producen biogás. Solo este contenido de masa volátil es el que produce el biogás durante la digestión anaeróbica en el digestor.

### Ácidos grasos volátiles

En algunas ocasiones la etapa limitante de la digestión anaerobia es la transformación de los ácidos grasos volátiles (AGV) hasta acetato e hidrógeno que pueden ser usados por las metanobacterias. La acumulación de ácidos grasos en los fermentadores (acidificación) es la causa más frecuente del fracaso de este tipo de sistemas, ya que actúan como inhibidores del proceso anaerobio.

### Carga orgánica volumétrica (COV)

Se entiende como carga orgánica volumétrica a la cantidad de materia orgánica volátil con la que se alimenta diariamente al biodigestor por  $m^3$  de volumen de digestor ( $kg MV/m^3$ ). El valor de la COV depende mayormente de la temperatura del proceso en el interior del digestor y del tiempo de retención hidráulica (TRH). La COV es considerada como un parámetro para controlar la carga del digestor y es un factor determinante para el dimensionamiento del digestor. Si el sustrato está muy diluido, las bacterias no tienen suficiente alimento para vivir; mientras que un exceso de sólidos disminuye la movilidad de los microorganismos y por consiguiente la efectividad del proceso, ya que les impide acceder al alimento.

A menor temperatura y mayor TRH, mayor puede ser la COV. Por lo tanto más masa orgánica puede ser alimentada al digestor. La COV puede aumentarse hasta un valor máximo determinado, a mayor COV mayor es el riesgo de inhibir el proceso, ya que se carga demasiada biomasa a las bacterias. En este caso, el proceso se torna muy inestable y tiene que ser observado y analizado con más frecuencia.

Como base, se toman indistintamente el volumen de reactor o la cantidad de biomasa, con lo que las unidades resultan:

- $kg DQO/m^3$  por día.
- $kg DQO/kg$  biomasa por día.
- $kg DQO/kg SSV$  por día (SSV= sólidos suspendidos volátiles).

La velocidad de carga orgánica no puede considerarse en valor absoluto, sino en relación con la carga orgánica del influente ( $kg DQO/m^3$ ). Ambas están relacionadas por el tiempo hidráulico de residencia.

### Temperatura del proceso

De forma general, a altas temperaturas las tasas de reacción químicas y biológicas son más rápidas que a bajas temperaturas. La velocidad de reacción de los procesos biológicos dependen de la velocidad de crecimiento de los microorganismos responsables, que a su vez es dependiente de la temperatura (*van Lier, 1.993*).

### *Influencia de la temperatura sobre aspectos físico-químicos*

La solubilidad de los gases  $NH_3$ ,  $H_2S$  y  $H_2$  desciende al aumentar la temperatura, favoreciéndose la transferencia líquido-gas, y por tanto desapareciendo más rápidamente del medio acuoso. Esto supone un efecto positivo, dada la toxicidad sobre el crecimiento de los

microorganismos anaerobios de los citados compuestos. Una posible desventaja de este fenómeno es que el descenso de la solubilidad del CO<sub>2</sub>, que implicará un aumento del pH en los reactores termofílicos, lo que en condiciones de alta concentración de amonio puede ser negativo.

La solubilidad de la mayoría de las sales aumenta con la temperatura. Las sales orgánicas son más solubles a altas temperaturas, por lo que la materia orgánica es más accesible para los microorganismos, y aumenta la velocidad del proceso. Sin embargo, si se trata de compuestos tóxicos, al aumentar su solubilidad con la temperatura serán potencialmente más tóxicos, lo que puede explicar parcialmente la mayor inhibición de determinados compuestos orgánicos en el rango termofílico, como los ácidos grasos de cadena larga (Hwang, K. et al., 1.997).

Además, la temperatura influye directamente en determinados equilibrios químicos, con gran influencia sobre el proceso anaerobio, como los del amonio-amoniaco libre o ácidos grasos volátiles ionizados-no ionizados. En general, con la temperatura se favorecen las formas no ionizadas, que resultan más tóxicas para los microorganismos (NH<sub>3</sub> y AH). La viscosidad de los líquidos y semisólidos disminuye al aumentar la temperatura, lo que implica menores requerimientos energéticos para la mezcla (agitación). A altas temperaturas se produce también una mejor sedimentación de los sólidos.

**Influencia de la temperatura sobre aspectos bioquímicos**

El proceso anaerobio se produce en la naturaleza en un amplio rango de temperaturas, que van desde 0° a 97°C (Muñoz-Valero et al., 1.987). La eficiencia del proceso, no obstante, es muy diferente en función de la temperatura del medio. Se habla de tres rangos principales de temperatura, **psicrofílico** (por debajo de 20°C), **mesofílico** (entre 20 y 40°C) y **termofílico** (entre 40°C y 65°C), siendo la tasa máxima específica de crecimiento (μ<sub>max</sub>) mayor conforme aumenta la temperatura (véase tabla 27).

Bacterias	Rango de temperaturas	Sensibilidad
Psicrofílicas	Menos de 20°C	±2°C/hora
Mesofílicas	Entre 20°C y 40°C	±1°C/hora
Termofílicas	Más de 40°C	±0,5°C/hora

Tabla 27: Intervalos de temperaturas en el que trabajan las bacterias anaeróbicas. (Fuente: GTZ GmbH, 1999).

Dentro de cada rango de temperatura, existe un intervalo en que dicho parámetro se hace máximo. Será interesante, por tanto, trabajar en torno a este punto (véase figura 11). La velocidad del proceso aumenta con la temperatura, aunque también aumentan los requerimientos energéticos, y puede disminuir la estabilidad del proceso (Fannin, 1.987), al menos en presencia de determinados tóxicos. Por otro lado, es preciso desarrollar un completo balance energético para establecer el interés de mantener una determinada temperatura.

El rango psicrofílico se plantea como poco viable debido al gran tamaño de reactor necesario. Sin embargo, simplifica mucho el diseño y hay menos problemas de estabilidad.

Cuanto mayor es la duración del tiempo de retención menor es la diferencia entre las velocidades de degradación a diferentes temperaturas (Fannin, 1.987).

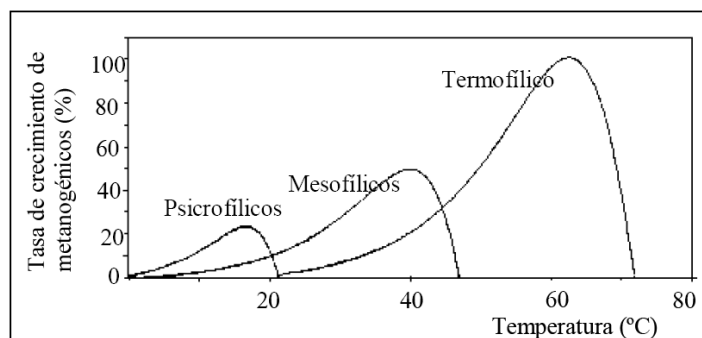


Figura 11: Dependencia de la constante de crecimiento de la temperatura. (Fuente: van Lier et al., 1.993).

La temperatura más utilizada en la digestión anaerobia de residuos es dentro del rango mesofílico, alrededor de 35-37°C, aunque hay cierta tendencia en los últimos años a pasar al rango termofílico tanto para conseguir una mayor velocidad del proceso, como para mejorar la destrucción de organismos patógenos.

La producción de biogás, en ausencia de inhibidores, aumenta con la temperatura, puesto que aumenta la tasa de crecimiento de los microorganismos; temperaturas más bajas implican tiempos de retención más largos, y por tanto mayores volúmenes de reactor. La tasa de hidrólisis también aumenta con la temperatura (Veeken y Hamelers, 1.999), por lo que el régimen termofílico puede tener gran interés al tratar residuos en los que la hidrólisis sea la etapa limitante, como los residuos con alto contenido en componentes lignocelulósicos.

El régimen termofílico se ha relacionado tradicionalmente con mayores problemas de estabilidad (Hobson, 1.990). Sin embargo otros autores consideran que las plantas termofílicas son tan estables y tan operables como las mesofílicas, presentando, además de las ventajas antes mencionadas, una mayor producción de gas por unidad de sólidos volátiles y una mejora en el postratamiento, ya que el efluente de la digestión termofílica es más fácilmente deshidratable, junto con una menor producción de malos olores (Krugel et al., 1.998).

La temperatura óptima para el crecimiento bacteriano depende de cada especie, la mayoría de las bacterias termofílicas presentan tasas específicas de crecimiento máximas mayores que los organismos mesofílicos. La temperatura normal de operación dentro del rango termofílico está sobre los 55°C (52-56°C). Por encima de este nivel los microorganismos acetogénicos disminuyen drásticamente su velocidad de crecimiento. Sin embargo, la tasa específica de crecimiento de los microorganismos metanogénicos continua aumentando hasta los 70°C (Ahring, 1.995).

La sensibilidad a los cambios de temperatura ambiental depende de diversos factores, principalmente del grado de adaptación del cultivo, del modo de operación y del tipo de bioreactor. En el rango termofílico un aumento brusco de la temperatura puede provocar un importante descenso en la producción de gas, mientras que una bajada puede suponer un descenso en la producción de gas, pero completamente reversible, o puede no mostrar diferencias (Ahring et al., 1.995), debido a la disminución del efecto de inhibición por



amoníaco. Para pasar un reactor del rango mesofílico al termofílico sin que se produzca una parada en la producción de gas, se deberá realizar muy lentamente (*van Lier et al., 1.993*).

El efecto inhibitor del amonio es mayor en el rango termofílico que en el mesofílico por el aumento de la concentración de la forma tóxica, NH<sub>3</sub>, al aumentar la temperatura (*Angelidaki y Ahring, 1.993* y *Hansen et al., 1.998*), a pesar de la mayor sensibilidad de los microorganismos mesofílicos al amoníaco libre (*Gallert et al., 1.998*).

**Tiempo de retención**

El tiempo de retención (TR) es el periodo medio de permanencia de un sustrato en el digestor. Puede referirse a biomasa activa (TRB), a biomasa sólida (TRS) o la parte líquida (TRH). El tiempo de retención hidráulica se obtiene dividiendo el volumen útil del digestor entre el volumen alimentado diariamente y se expresa en unidades de tiempo, normalmente horas o días.

El tiempo de retención, en cualquiera de sus acepciones, es un factor muy importante en el proceso de digestión anaerobia. En términos globales puede afirmarse que, a igualdad del resto de condiciones, al aumentar el tiempo de retención se consigue una mejor digestión de la materia orgánica, pero se precisa de un mayor volumen del digestor. El tiempo de retención mínimo al que se puede operar depende, fundamentalmente de la temperatura y del procedimiento de digestión empleado.

Según este parámetro se pueden clasificar los sistemas de digestión anaerobia en dos categorías:

1. Sistemas en los que los tiempos de retención anteriormente definidos son iguales, es decir:

$$TRB = TRS = TRH$$

A esta categoría pertenecen, en sentido estricto, los sistemas de mezcla total y flujo pistón. Pero hay que señalar que el uso ortodoxo de estos procedimientos sólo se puede realizar a nivel de laboratorio. En las instalaciones industriales implantadas según estas técnicas se producen en el interior de los digestores una sedimentación de sólidos y bacteria que se traduce en unos valores de TRB y TRS mayores que el TRH.

2. Sistemas en los que, por diversos procedimientos, se consigue que:

$$TRB, TRS > TRH$$

De esta manera se consigue que los tiempos de retención de sólidos y microorganismos sean muy superiores al hidráulico, consiguiéndose una gran población bacteriana activa en el interior del digestor, por lo que se pueden alcanzar grandes rendimientos a tiempos de retención hidráulicos bastante inferiores a los necesarios en mezcla total o flujo pistón.

### **Porcentaje de degradación**

El grado de degradación indica el porcentaje de la masa orgánica que se degrada durante el tiempo de retención y se transforma en biogás. La degradación total de la biomasa orgánica hasta su mineralización sería solo posible si la biomasa no tuviera lignina. En la práctica se necesitaría tiempos de retención muy grandes para lograr una degradación total de la biomasa.

La degradación de la biomasa en un digestor no es constante, empieza en forma acelerada y después es bastante lenta. Los últimos porcentajes de biogás (si se trata de lograr una total degradación de la biomasa) se podrían lograr teóricamente con grandes volúmenes de digestor y esto ocasiona elevadas inversiones para un proyecto.

El porcentaje de degradación que se alcanza en un biodigestor depende también del tipo de biomasa, del tipo de animal y de su alimentación. Si se codigestionan varios tipos de biomasa, depende de las características físico-químicas de los componentes de la mezcla del digestor.

### **Producción y composición del biogás**

La velocidad de producción de gas, puede utilizarse no sólo como parámetro de control, sino también como variable para establecer la estabilidad del reactor. Variaciones de producción de CO<sub>2</sub> en el gas son síntomas de variaciones de comportamiento del digestor, y la persistencia de la variación es síntoma claro de inestabilidad. Como es un parámetro de respuesta rápida y fácil análisis, el porcentaje de CO<sub>2</sub> puede tomarse como índice de estabilidad.

El biogás presenta el problema de que está saturado de agua. La separación de agua se provoca mediante su condensación en trampas frías. La trampa fría o condensador aprovecha la diferencia de temperaturas entre el biogás en el interior del digestor y la temperatura ambiente exterior para provocar la condensación del agua de una forma natural. Otra forma de eliminar el agua del biogás es mediante absorbedores químicos, pero esto implica un mayor coste económico.

También puede tener proporciones variables de H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub>, formados a partir de nitrógeno y azufre presentes en algunos compuestos orgánicos o presentes en el medio. Ambos compuestos son soluble en agua y se ionizan, reaccionando con el agua y en el caso del sulfhídrico dando ácido sulfúrico, muy corrosivo. Otro inconveniente es que ocupa mucho volumen ya que no es fácilmente licuable.

Cuando es recomendable reducir el contenido de sulfuro de hidrógeno del biogás, con objeto de evitar corrosión en motores de combustión interna, compresores, calderas, etc., la purificación se consigue mediante filtros de óxido de hierro (o esponja de acero).

En definitiva, para poder controlar las posibles inhibiciones del proceso, lo mejor es desarrollar ciertos parámetros de control operacional, que nos permitan en caso de anomalías funcionales, determinar la causa de la alteración. Esto significa controlar algunos de los factores ambientales, los que nos sean más accesibles, y desarrollar una rutina de control de la planta.

### 3.4 MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Como se ha visto, la digestión anaeróbica es un proceso biológico fermentativo, en el cual la materia orgánica es descompuesta por la acción de una serie de microorganismos bacterianos, que la transforman en biogás.

En la digestión anaeróbica se emplean diferentes substratos. Todos estos son residuos de diferente origen, por lo que su utilización para la obtención de biogás representa una ventaja añadida desde el punto de vista medioambiental.

#### **Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU)**

Los RSU están constituidos por distintos componentes entre los que destacan la materia orgánica, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales, material textil y madera.

Cuando la materia orgánica contenida en los RSU se utiliza como sustrato de la fermentación anaeróbica, el proceso se denomina biometanización o biogasificación. En este proceso, la materia orgánica se transforma en biogás y en una fracción sólida más pobre que el compost, que también puede utilizarse como mejorador de suelo. Antes de la digestión anaeróbica en las plantas de biometanización es necesario realizar un pretratamiento, que consiste en la separación de la FORSU y su trituración para reducir la fracción biodegradable a un tamaño adecuado y homogéneo, que facilite la biometanización.

Por otra parte la FORSU también puede ser aprovechada para la producción de biogás en vertederos controlados. En este caso, los residuos se descargan, extienden y compactan para evitar las bolsas de aire en su interior, cubriéndose después con tierra u otros materiales apropiados, formando capas regulares sucesivas de espesores variables.

El periodo degradativo en el vertedero es diferente para cada constituyente. Así, la materia orgánica, como es el caso de los residuos alimenticios, se degrada rápidamente. La degradación es moderada en los residuos de jardín, lenta para el papel, cartón, madera y textiles, y, prácticamente, nula para el plástico, piel y goma.

#### **Lodos o fangos de depuración de aguas residuales urbanas**

Los lodos o fangos de depuración constituyen el residuo semisólido resultante del proceso de depuración de las aguas residuales urbanas, por el cual se eliminan la mayor parte de los contaminantes disueltos y en suspensión contenidos en dichas aguas.

En general, los fangos están formados por los sólidos sedimentados del agua residual, el exceso de microorganismos producidos durante el tratamiento biológico, los productos sedimentados por coagulación natural o provocada de las partículas en suspensión o de carácter coloidal y los precipitados químicos formados por la reacción de los coagulantes con las partículas disueltas. Estos lodos, ricos en nutrientes (N, P y K), están constituidos, en algunos casos, por más del 60% de materia orgánica.

**Aguas residuales industriales**

El origen de las aguas residuales se encuentra en un amplio número de procesos industriales que emplean el agua para fines muy variados, durante los cuales es alterada ya que su calidad es degradada debido al aporte de nutrientes, sólidos en suspensión, bacterias, materia orgánica y en algunos casos elementos tóxicos.

Las aguas residuales industriales con elevada carga orgánica son susceptibles de ser utilizadas como sustrato para la digestión anaeróbica. Sin embargo, la composición de los efluentes industriales es tan variable como su caudal y depende de las particularidades de cada industria. En términos generales, las aguas residuales industriales con mayor contenido en materia orgánica son las provenientes de la industria alimentaria (conserva, láctea, bebidas fermentadas y destiladas, carne y productos de avicultura, remolacha azucarera, levadura, café, pescado, arroz, panadería, caña de azúcar y aceites), farmacéutica, textil, industria de materiales (pulpa y papel, madera y productos petroquímicos) y química (detergentes y pesticidas) (*Nelson y Avijit, 1.998*).

**Residuos agrícolas y ganaderos**

Los residuos agropecuarios son una fuente importante de residuos de elevado potencial contaminante en Europa, y dentro de éstos, los residuos ganaderos constituyen el principal problema ambiental. Quizá esta sea una de las causas que favorece el hecho de que los residuos ganaderos se utilicen significativamente más que el resto de residuos agrícolas para la obtención de biogás.

Los residuos agrícolas pueden ser de diversos tipos: restos de poda y ramas de cultivos leñosos, plantas verdes y tallos de cultivos herbáceos, pajas de cereales de invierno, tallos y cascarillas de cereales de primavera, restos de frutas y hortalizas, residuos plásticos de invernaderos, sustratos, residuos de productos fitosanitarios (pesticidas y fertilizantes), envases de productos fitosanitarios, aceites usados y envases que los han contenido, etc.

Los residuos ganaderos, por su parte, también son muy variados: mezcla de las deyecciones animales (sólidas y líquidas), restos de la cama, alimentos y agua en cantidades variables y con consistencia fluida o pastosa, antibióticos y otros medicamentos de uso veterinario, detergentes y envases de medicamentos de uso veterinario (*Rodríguez et al., 2007*).

**Residuos orgánicos industriales**

Los residuos tratados en el apartado anterior son resultado de la producción agrícola y ganadera, pero es necesario considerar también los residuos orgánicos derivados de la industria alimentaria, pues son variadísimos y pueden llegar a ser muy importantes.

**Importancia de la co-digestión**

Debido a las características físico-químicas de la biomasa, en particular de su contenido en materia seca, volátil, producción de biogás y relación C/N, es importante y necesaria la codigestión de varios tipos de biomasa en un mismo digestor.

Los beneficios de la codigestión son:

- Dilución de los potenciales componentes tóxicos.
- Mejora el balance de nutrientes.
- Puede generar un efecto sinérgico.
- Aumenta la carga de materia orgánica biodegradable.
- Mejora la producción de biogás.
- Aumenta la velocidad de digestión.

Hasta hace muy poco la digestión anaeróbica fue de simple sustrato y proceso de simple propósito. Hoy, los límites y las posibilidades de la digestión anaeróbica son mejor conocidos y la codigestión de dos o más sustratos, viene a ser una tecnología muy estándar. No obstante, son necesarios más estudios para investigar los efectos de diferentes tipos de materia prima, pobre biodegradabilidad y como la composición de residuos influye en el proceso de digestión anaeróbica.

La digestión anaerobia de mezclas de diferentes tipos de residuos ha dado buenos resultados a escala de laboratorio y a escala industrial, particularmente en plantas de biogás construidas en Dinamarca y Alemania. Se han encontrado buenos resultados para mezclas de varios tipos de residuos de industrias cárnicas y mataderos, ricos en grasas, consiguiendo altas producciones de metano. También ha dado buenos resultados la codigestión de lodos de depuradora y la fracción orgánica de residuos municipales y la mezcla de residuos sólidos urbanos, principalmente a base de restos de vegetales, y aguas residuales urbanas, así como de lodos de depuradora y residuos de frutas y vegetales.

Los efectos beneficiosos de la introducción de mezclas de residuos ganaderos con residuos industriales se ha puesto de manifiesto en plantas a escala real en Dinamarca, Austria y Alemania. Diferentes tipos de residuos, principalmente de la industria agroalimentaria, se han testado ya como posibles cosustratos para la digestión de residuos ganaderos.

Se han obtenido también resultados positivos al mezclar estiércol de bovino y residuos lignocelulósicos, hojas machacadas, paja de trigo, restos vegetales, pretratados con hidróxido sódico, así como la mezcla de purín con paja. Con residuos de tomate mejora la digestión del estiércol, así como la mezcla de residuos bovinos y residuos de frutas y verduras. Muchos residuos se exponen en la bibliografía como causantes del aumento de las producciones de biogás, tales como residuos de lechería, residuos de pescados y lodos de la industria cervecera.

Las grasas pueden también aprovecharse como sustrato para la codigestión en biodigestores que son alimentados con cultivos energéticos o con estiércol de animales.

### 3.5 TECNOLOGÍAS DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Dependiendo del tipo de residuo a tratar los sistemas de digestión anaeróbica para la producción de biogás pueden ser diferentes. No obstante, se pueden dividir inicialmente en dos grupos (*De Mes et al., 2.003*):

- Sistemas de tratamiento de residuos (FORSU, fangos de depuradora y residuos ganaderos).
- Sistemas para el tratamiento de aguas residuales.

En este caso nos vamos a centrar tan solo en el grupo de tratamiento de residuos, ya que es en el cual están incluidos los residuos ganaderos.

El tiempo de retención hidráulica en un digestor es uno de los factores más importantes para el control de los sistemas de digestión anaerobia y representa el cociente entre el volumen del digestor y el caudal alimentado al mismo.

El tiempo de retención hidráulico es elevado en los sistemas de digestión anaeróbica de la FORSU, los fangos procedentes de la depuración de las aguas residuales y los residuos ganaderos, ya que la degradación de estos residuos necesita tiempos de digestión largos.

Por esta razón, estos procesos se denominan de baja velocidad. En este caso, el tiempo de retención de los sólidos coincide con el tiempo de retención hidráulico. En los sistemas que se utilizan habitualmente en el tratamiento de las aguas residuales, sin embargo, el tiempo de retención hidráulico es relativamente corto, por lo que se denominan digestores de alta velocidad. La característica común a estos sistemas es la retención de la biomasa dentro del reactor, de manera que el tiempo de retención de los sólidos es mucho mayor que el tiempo de retención hidráulico, por lo que se consigue aumentar la eficacia del proceso.

#### **Sistemas para el tratamiento de FORSU, fangos de depuradora y residuos ganaderos**

Los sistemas para la degradación de residuos sólidos en ausencia de oxígeno pueden clasificarse en función de la configuración del sistema (una o dos etapas), la temperatura de operación (mesofílica o termofílica), el régimen de operación del digestor (continuo o discontinuo), y, por último, según el porcentaje de sólidos totales (ST) en el residuo orgánico (sistemas de fermentación húmeda o seca).

La configuración de los sistemas de digestión anaeróbica de residuos orgánicos puede constar de uno o varios digestores que operan en serie. En el primer digestor se llevan a cabo las etapas de hidrólisis y acidificación, mientras que en el segundo tiene lugar la etapa de metanogénesis. Con esta configuración las condiciones de operación de ambos digestores se optimizan para cada etapa. En este sentido, los sistemas formados por dos etapas presentarían ventajas importantes en el tratamiento de los residuos sólidos, ya que se obtendría una degradación mejor y más rápida de la materia orgánica. Sin embargo, esto no se ha podido confirmar a escala industrial y el 90% de la capacidad mundial de producción de biogás a partir

de FORSU consiste en un único digestor en el que tienen lugar todas las etapas de la degradación anaeróbica (De Baere, 2.000).

Asimismo, la digestión anaeróbica puede llevarse a cabo a temperaturas de operación mesofílicas (35-40°C) o termofílicas (50-55°C). Las plantas que operan a temperaturas mesofílicas han sido siempre las más habituales (Vandevivere et al., 2.002). No obstante, el número de sistemas de temperatura termofílica ha aumentado significativamente en los últimos años.

Los biodigestores continuos operan en régimen estacionario, lo que significa que la corriente de entrada (alimento) entra de forma continua al sistema sin interrupción, a la vez que las corrientes de salida (efluente y biogás) son retirados de igual modo. Los digestores discontinuos, sin embargo, operan en régimen no estacionario. En este caso, se carga inicialmente el residuo sólido e inóculo, se cierra el digestor, se lleva a las condiciones óptimas de trabajo, se espera un cierto tiempo mientras se produce la degradación y se descarga una vez que ha finalizado la generación de gas combustible. A nivel mundial, los digestores continuos son los más comunes (Vandevivere et al., 2.002).

En la digestión húmeda se diluye el residuo hasta una concentración máxima del 15% en ST, aunque lo habitual es que la concentración de ST esté comprendida entre 7 y 12%. En la digestión seca se trabaja con residuos con una concentración de ST superior al 15%, siendo el intervalo frecuente del 20-40%.

**Tipos de digestores**

El sistema más común en la fermentación húmeda es el digestor continuo de mezcla perfecta, que opera en régimen estacionario y consiste en un tanque en el que se mantiene una distribución uniforme de concentraciones, tanto de sustrato como de microorganismos. Esto se consigue mediante un sistema de agitación adecuado, que puede ser mecánico (agitador de hélices o palas) o neumático (mediante la recirculación del biogás generado). En la figura 12 se representan estos biorreactores con diferentes sistemas de agitación.

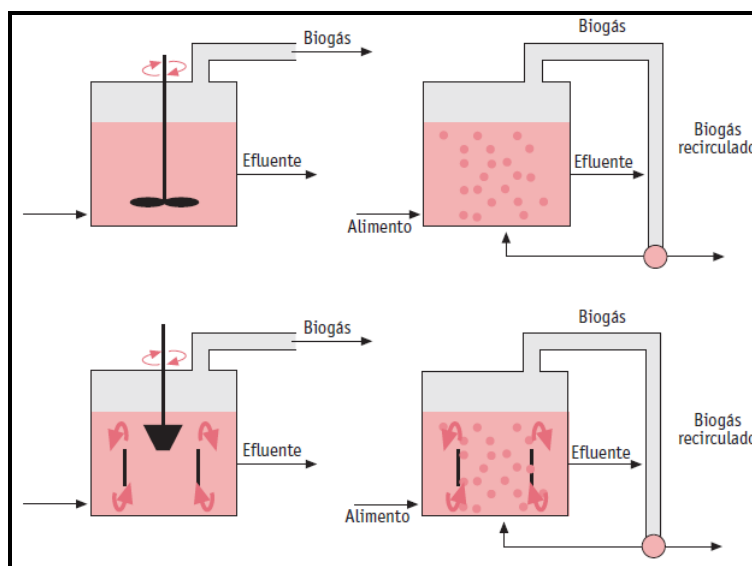


Figura 12: Digestores continuos de mezcla perfecta. (Fuente: De Mes et al., 2.003).

El tiempo de retención varía en función de la naturaleza del sustrato y de la temperatura, pero generalmente está comprendido entre 2 y 4 semanas. Este tipo de reactores generalmente se usa para el tratamiento de residuos ganaderos con un porcentaje de ST de 2-10% y de la FORSU con concentración máxima de ST del 15%. En las plantas depuradoras de aguas residuales también se emplea en el tratamiento anaeróbico de los fangos debido a las bajas concentraciones de materia orgánica (Elias Castells, 2.005).

El digestor continuo de flujo pistón también se utiliza en la degradación anaeróbica de residuos orgánicos. Consiste en un tubo longitudinal en el que el alimento recorre el digestor de un extremo al otro manteniendo un flujo ordenado, sin mezcla, siguiendo el modelo de un pistón en un cilindro (véase figura 13). Al igual que el digestor de mezcla perfecta, este sistema opera en régimen estacionario. Sin embargo, en este caso, las etapas anaeróbicas, como la hidrólisis y la metanogénesis, se llevan a cabo en secciones diferentes a lo largo de la longitud del tubo. No obstante, una de las dificultades de estos digestores es la falta de homogeneización en la sección transversal del flujo, lo que se puede solucionar mediante un sistema de agitación. En la Figura 3 se esquematizan las tres configuraciones del biodigestor continuo de flujo pistón con mayor implantación a nivel mundial.

Los digestores discontinuos se utilizan frecuentemente para la fermentación seca de la FORSU con concentración entre el 20 y 40% de ST, así como en el tratamiento de residuos ganaderos con una alta fracción de partículas sólidas suspendidas (De Mes et al., 2003).

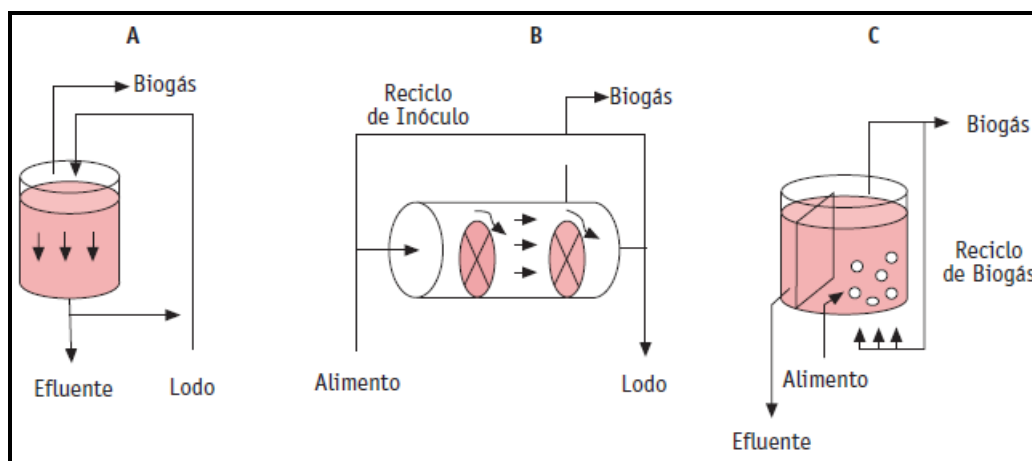


Figura 13: Digestores continuos de flujo pistón. A: Diseño Dranco, B: Diseño Kampos y BRV, C: Diseño Valorga. (Fuente: Vandeviere et al., 2.002).

Por otra parte, el digestor discontinuo puede ser rectangular o cilíndrico y opera en régimen no estacionario (véase figura 14). Las etapas de la digestión anaeróbica ocurren a diferente velocidad en el digestor discontinuo (De Mes et al., 2.003).

Estos digestores se utilizan principalmente en el tratamiento de los residuos orgánicos con elevada concentración en sólidos, ya que estos dificultan la utilización de los sistemas de bombeo necesarios en los sistemas continuos. Por ello, se utilizan en el tratamiento de determinados residuos ganaderos y, en menor medida, en el tratamiento de la FORSU (De Mes et al., 2.003; Elias Castells, 2.005).



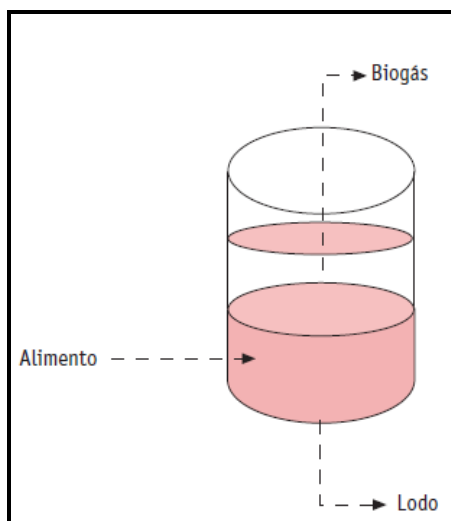


Figura 14: Digestor discontinuo. (Fuente: Elias Castells, 2.005)

Por otra parte, los reactores anteriores pueden combinarse para conseguir sistemas de degradación anaeróbica más eficientes en función del tipo de residuo. Como ya se ha comentado, la concepción de los sistemas de dos o más fases está basada en el hecho de que los distintos grupos de bacterias involucradas en el proceso de descomposición de la materia orgánica requieren diferentes condiciones de pH y tiempo de retención para su crecimiento óptimo. Ello implica la realización de las fases que constituyen el proceso de digestión en diferentes reactores. Así, en el primer reactor ocurre la hidrólisis y acidogénesis de la materia orgánica, mientras que en el segundo se lleva a cabo la acetogénesis y metanogénesis del material acidificado. En el primer reactor, la velocidad de reacción viene determinada por la velocidad de hidrólisis de la celulosa y en el segundo por la velocidad de crecimiento microbiano. Este tipo de sistemas ha sido aplicado con éxito a la digestión de residuos con alta concentración de azúcares y bajo contenido en sólidos, pero no para residuos y fangos complejos cuyo limitante es la etapa de hidrólisis (Elias Castells, 2005).

Para ampliar el conocimiento en materia de tecnología de digestión anaerobia para la producción de biogás consultar el “Anejo VIII: Estudio para la elección del tipo de biodigestor”.

### 3.6 SUBPRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN ANAERÓBIA

#### 3.6.1 Producción de biogás: características y tipos

##### Composición del Biogás

El termino biogás incluye una mezcla de gases producidos gracias a diversas etapas del proceso de descomposición de la materia orgánica y en las que intervienen una población heterogénea de microorganismos.

El biogás es una mezcla de gases, compuesta principalmente de metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero también se encuentran otros gases en menores proporciones como hidrógeno (H<sub>2</sub>), sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S), amoníaco (NH<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), nitrógeno (N<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>). La composición se puede observar en las tabla 28.

COMPUESTOS DEL BIOGAS	%
Metano, CH <sub>4</sub> .....	50 - 75
Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub> .....	25 - 45
Vapor de agua, H <sub>2</sub> O.....	1 - 2
Monóxido de carbono, CO.....	0 - 0,3
Nitrógeno, N <sub>2</sub> .....	1 - 5
Hidrógeno, H <sub>2</sub> .....	0 - 3
Sulfuro de hidrógeno, H <sub>2</sub> S.....	0,1 - 0,5
Oxígeno, O <sub>2</sub> .....	0,1- 1,0

Tabla 28: Compuestos típicos del biogás. (Fuente: George Tchobanoglous, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, página 431).

El CH<sub>4</sub> es la base energética del biogás y su baja densidad de 0,7 Kg/m<sup>3</sup> en condiciones normales, le hace más ligero que otros gases como el propano y butano, por lo que no se acumula a ras de suelo, disminuyendo los riesgos de explosión; el CO<sub>2</sub> es el segundo componente de importancia, siendo un componente no energético su proporción es función de la naturaleza del influente y/o de la técnica empleada en la fermentación.

El N<sub>2</sub> se debe a filtraciones de aire exterior en la fermentación o a arrastres por el influente, el O<sub>2</sub> es igualmente por filtraciones de aire, su presencia resulta tóxica para las bacterias metanógenicas, su exceso en el biogás acarrea potenciales peligros de explosividad para concentraciones altas comprendidas entre 8 y 20% del volumen total.

El H<sub>2</sub>S es un gas combustible, pero su gran inconveniente es su alto poder corrosivo al formarse ácido sulfúrico en la mezcla con H<sub>2</sub>O y toxicidad a partir de cierta concentración. La existencia de amoníaco es señal de que existe O<sub>2</sub> en el proceso y por lo tanto que se ha producido un proceso aerobio.

El H<sub>2</sub> es un componente energético, el cual denota una fermentación no estabilizada y poco optimizada al presentarse en exceso. Además posee vapor de agua el cual es importante contaminante del biogás al mezclarse con el H<sub>2</sub>S.

La riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. En la tabla 29 se muestran valores medios de composición del biogás en función del substrato utilizado.

La producción de biogás para cada tipo de substrato es variable en función de su carga orgánica y de la biodegradabilidad de la misma (véase tabla 30). En general, los residuos orgánicos industriales y la FORSU presentan potenciales elevados de producción. Los residuos ganaderos y los lodos de depuradora presentan, sin embargo, potenciales menores, debido al relativamente bajo contenido en materia orgánica y a la baja biodegradabilidad de la misma.

No obstante, existen opciones que permiten mejorar la producción de biogás de estos residuos: mezcla con residuos de mayor producción potencial (codigestión), pretratamiento para mejorar la degradabilidad del substrato, o aumento de la temperatura para mejorar la velocidad de crecimiento de los microorganismos y la eficiencia de la fase hidrolítica.

Componente	Residuos agrícolas	Lodos de depuradora	Residuos industriales	Gas de vertedero
Metano	50-80%	50-80%	50-70%	45-65%
Dióxido de carbono	30-50%	20-50%	30-50%	34-55%
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrógeno	0-2%	0-5%	0-2%	0-1%
Sulfuro de hidrógeno	100-700 ppm	0-1%	0-8%	0,5-100 ppm
Amoniaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Monóxido de carbono	0-1%	0-1%	0-1%	Trazas
Nitrógeno	0-1%	0-3%	0-1%	0-20%
Oxígeno	0-1%	0-1%	0-1%	0-5%
Compuestos orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	5 ppm*

\* terpenos, esteres...

Tabla 29: Componentes del biogás en función del substrato utilizado. (Fuente: Coombs, 1.990).

Tipo de residuo	Contenido orgánico	Sólidos volátiles (%)	Producción de biogás (m3/Tm)
Purines de cerdo	Hidratos de carbono, lípidos y proteínas	3-5	10-20
Fangos residuales	Hidratos de carbono, lípidos y proteínas	3-4	17-22
Fangos residuales concentrados	Hidratos de carbono, lípidos y proteínas	15-20	85-110
FORSU separada en origen	Hidratos de carbono, lípidos y proteínas	20-30	150-240

Tabla 30: Producción de biogás en función del substrato utilizado. (Fuente: Coombs, 1.990).

Como se ve en la figura 15 y tabla 32, la producción de metano o biogás que se obtendrá de un residuo determinado depende de su potencial, del tiempo de retención, de la velocidad de carga orgánica, de la temperatura de operación y de la presencia de inhibidores. En la tabla 31 se indican valores clásicos de la bibliografía para deyecciones ganaderas. Una

variable adicional en el sector ganadero es el tiempo de almacenaje de los purines antes de su digestión. Tiempos de almacenaje superiores a 3 meses pueden reducir su potencial de producción en más del 70% (Bonmatí et al., 2001), ya que durante el almacenaje tiene lugar un proceso de fermentación incontrolado con emisión del metano a la atmósfera.

Referencia	Substrato	Tª	OLR	TR	NH <sub>4</sub> +	Pc	
Hill et al., 1987	Purín de cerdo	35	3.56	10		0.30	
			5.71	10		0.26	
			6.86	10		0.28	
			8.03	10		0.02	
Van Velsen, 1979	Purín de cerdo	30	4	15	2.68	0.32	
			4	15	2.75	0.33	
			2.7	15	2.68	0.32	
				15	2.75	0.33	
					1.5	0.2	
Angelidaki y Ahring, 1993	Estiércol bovino	55	3.00	15	4	0.05	
					6	0.05	
					2.5	0.2	
					3	0.2	
			2.80	15	5	0.15	
Robbins et al., 1989	Estiércol bovino	37	2.63	16	4.2	0.16	
					1.4	0.21	
					2.8	0.08	
					1.04	0.49	
					2.64	0.54	
Hashimoto, 1986	Estiércol bovino	35	4.44	9	4.33	0.40	
					6.08	0.51	
					7.74	0.09	
				9.12	0.40		
				7.76	5	0.97	0.30
				4.36	5	4.36	0.30
				4.38	5	4.38	0.30
Hansen et al., 1998	Purín de cerdo	55	8	5	5.4	0.29	
					5.37	0.28	
			37	3.00	15	5.9	0.19
			45	3.00	15	6	0.14
			55	3.00	15	6	0.07
			60	3.00	15	6.1	0.02
			37	3.0	15	5.9	0.19
		5.5	3.0	15	6	0.07	

Tabla 31: Producción de metano respecto a sólidos volátiles añadidos (Pc) en m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg SVo, de residuos ganaderos en función de la temperatura (Tª), velocidad de carga orgánica (OLR) en kg SV/m<sup>3</sup>-d, tiempo de retención (TR) en días, y nitrógeno amoniacal, en g N/L. (Fuente: GIRO).

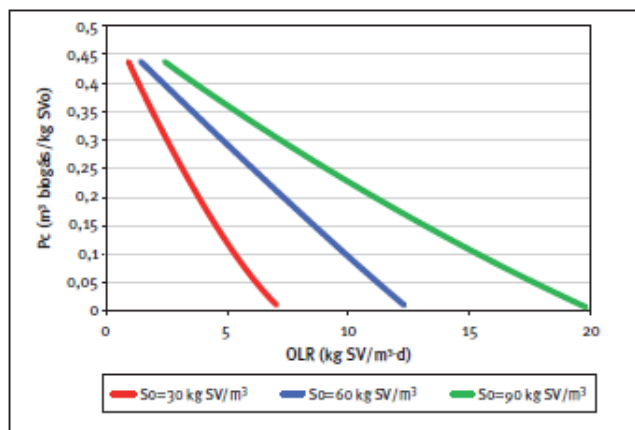


Figura 15: Producción de biogás por unidad de carga en función de la velocidad de carga orgánica (OLR). (Fuente: GIRO).

Tipo	Contenido orgánico	Sólidos volátiles (%)	Producción de biogás (m <sup>3</sup> /tonelada)
Intestinos + contenidos	Hidratos de carbono, proteínas, lípidos	15-20	50-70
Fangos de flotación	65-70% proteínas, 30-35% lípidos	13-18	90-130
BBO (tierras filtrantes de aceites, con bentonita)	80% lípidos, 20% otros orgánicos	40-45	350-450
Aceites de pescado	30-50% lípidos	80-85	350-600
Suero	75-80% lactosa, 20-25% proteínas	7-10	40-55
Suero concentrado	75-80% lactosa, 20-25% proteínas	18-22	100-130
Hidrolizados de carne y huesos	70% proteínas, 30% lípidos	10-15	70-100
Mermeladas	90% azúcares, ácidos orgánicos	50	300
Aceite soja/margarinas	90% aceites vegetales	90	800-1000
Bebidas alcohólicas	40% alcohol	40	240
Fangos residuales	Hidratos de carbono, lípidos, proteínas	3-4	17-22
Fangos residuales concentrados	Hidratos de carbono, lípidos, proteínas	15-20	85-110

Tabla 32: Potenciales de producción de biogás de algunos residuos orgánicos de la industria alimentaria. (Fuente: Angelidaki y Ahring, 1.997 y GIRO).

En resumen se puede decir que dependiendo del substrato orgánico del que proceda y de las características de las instalaciones de generación-captación del biogás se puede agrupar en los dos tipos siguientes:

- Biogás de vertedero: su aprovechamiento se produce una vez sellados los vertederos de residuos sólidos urbanos.
- Biogás de digestores: Diferenciamos tres subgrupos, dependiendo del origen de sustrato a digerir. Biogás de depuradoras urbanas que se genera a partir de digestión anaeróbica de los fangos primarios de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas. Cuando la fracción orgánica procede de los residuos sólidos urbanos obtenemos otro tipo de biogás (FORSU), y si se digieren subproductos y residuos de los sectores agrícola, ganadero o la industria agraria, se obtiene el denominado biogás agroindustrial.

### 3.6.2 Producción de digestato

El digestato es el subproducto semi-líquido resultante de la digestión anaerobia y tiene un uso potencial como fertilizante orgánico. El digestato puede aplicarse de forma directa, o previa separación en dos fracciones, sólida y líquida. La realización de estudios “a medida” sobre los digestatos, para evaluar y/o mejorar su calidad agronómica, recuperar nutrientes u otros componentes, puede proporcionar soluciones prácticas que aumenten la rentabilidad de los proyectos de biogás.

En la práctica no es factible el cálculo exacto de la producción de efluente de un biodigestor. Solo se puede realizar una estimación empírica de la producción de digestato. Estos

se producen por medio del componente orgánico o inorgánico que no se degrada en el proceso de la digestión anaeróbica. La masa volátil contenida en la masa seca es el único componente de la biomasa que se degrada y produce biogás. El resto de biomasa (inorgánicos, fibras, arenas, piedras, etc.) se sedimentan al fondo del digestor y deben ser retirados con frecuencia.

La cantidad de lodos que se producen en la biodigestión es teóricamente la diferencia de volumen entre la masa seca y la masa volátil que se degrada en el biodigestor y depende del tipo de biomasa, de la temperatura del proceso, agitación y del tiempo de retención. Por otro lado también una parte de la masa volátil que no se degrada y no produce biogás puede también sedimentarse al fondo del digestor o mezclarse con el fertilizante líquido que se extrae del digestor.

Además presenta ciertas ventajas que se enumeran a continuación:

- Respecto a los residuos orgánicos antes de su digestión, los digestatos son más aptos para uso agrícola, generan menos olores, y presentan una mayor calidad higiénica.
- El digestato presenta un mayor grado de mineralización al pasar el nitrógeno y fósforo orgánico a mineral tras la fermentación. Esto lo hace asimilable a un fertilizante mineral. El alza en los precios de estos últimos constituye una oportunidad para los digestatos.

### 3.7 DEPURACIÓN Y APLICACIONES DEL BIOGÁS COMO FUENTE DE ENERGÍA

La utilización del biogás como fuente de energía va aumentando día a día, según se va dando mayor importancia a las energías renovables como alternativa a las fuentes tradicionales de energía de origen no renovable (petróleo, gas, carbón, etc.). El biogás, como energía renovable, es un biocombustible que se encuadra, por tanto, en la biomasa. Aunque este apartado se centra en el uso del biogás como fuente de energía, existen otras aplicaciones del biogás. Así, por ejemplo, el biogás se puede utilizar como materia prima en la industria química. También resulta un excelente conservante del grano. En este caso, el procedimiento consiste en inundar las cámaras de almacenamiento del grano con biogás, de modo que los insectos que atacan este alimento no puedan resistir la atmósfera creada.

El biogás puede utilizarse en prácticamente las mismas aplicaciones energéticas desarrolladas para el gas natural (véase figura 16): generación de calor mediante combustión, generación de electricidad, integración en la red de gas natural, combustible para vehículos y combustible de pilas de combustible.

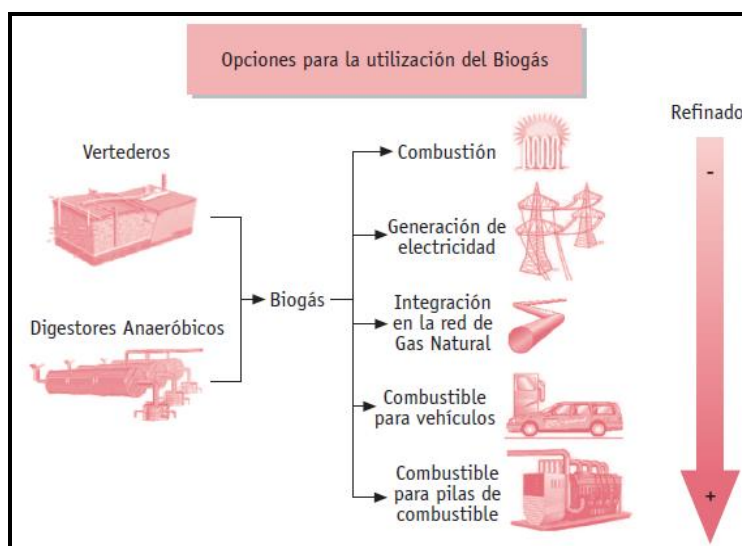


Figura 16: Opciones para la utilización del biogás. (Fuente: Proyecto europeo AMONCO)

En la actualidad, las aplicaciones más comunes del biogás son la combustión directa para la producción de calor y la generación de energía eléctrica. No obstante, existe un interés creciente por otras alternativas como son su aplicación como combustible de automoción y su integración en la red de gas natural.

#### 3.7.1 Sistemas de depuración del biogás

El biogás debe ser refinado previamente en cualquiera de sus aplicaciones energéticas. En este sentido, las operaciones de depuración varían en función del uso del biogás, tal y como se muestra en la figura 17. De hecho, los requerimientos de calidad son mayores cuando se utiliza como combustible de automoción, se inyecta en las líneas de distribución del gas natural

o se utilizan en pilas de combustible. La purificación del biogás incluye la eliminación de CO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, agua y partículas sólidas.

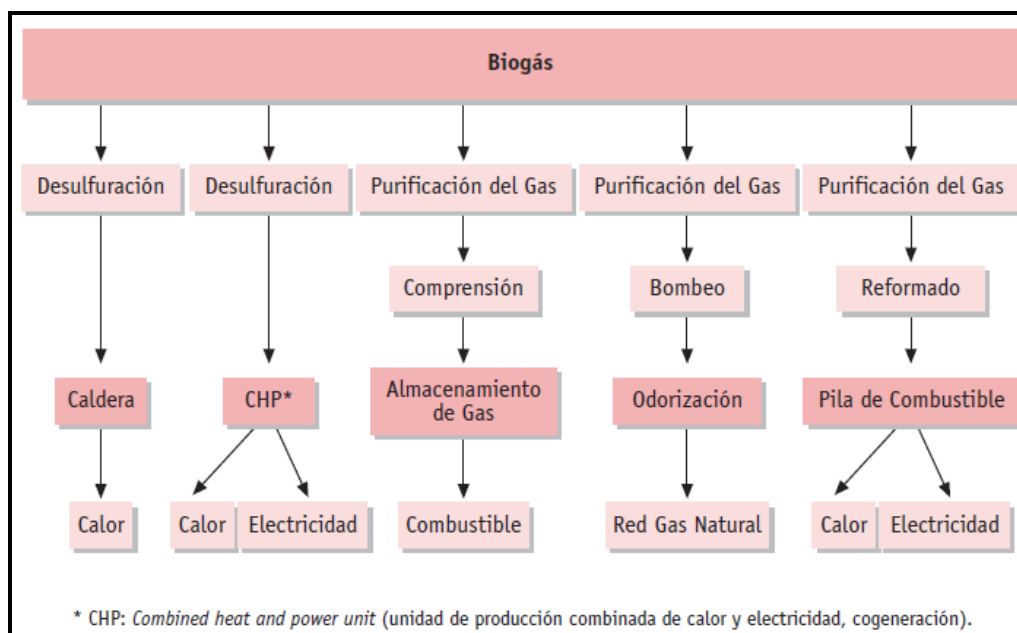


Figura 17: Necesidad de tratamiento del biogás en función del uso. (Fuente: Weiland, 2.006)

Los métodos de depuración del biogás más comunes son:

### Desulfuración

Es el proceso de depuración del biogás más habitual, ya que se encuentra presente en el diseño de todas las plantas. Existen tres tipos de desulfuración: microaerofílica, desulfurización biológica externa y por adición de sales férricas. El funcionamiento del primero consiste en la inyección de pequeñas cantidades de aire en el espacio de cabeza del digestor donde se forman unas bacterias sulfooxidantes, que degradan el H<sub>2</sub>S, dando lugar a azufre elemental (explicado en el apartado anterior). En el caso de la desulfuración biológica externa, se hace pasar al biogás a través de un biofiltro con relleno plástico sobre el que se adhieren las bacterias desulfurizantes; también se elimina NH<sub>3</sub>. Por último el proceso de adición de sales férricas consiste en añadir compuestos férricos al sustrato; de este modo se producen sulfatos insolubles que evitan la salida de azufre en forma de H<sub>2</sub>S al biogás. Con este último método conviene ser muy cuidadoso porque se puede causar la corrosión de los materiales y una gran disminución del pH del proceso. Los residuos ganaderos son los sustratos que presentan unos mayores problemas relacionados con la producción de H<sub>2</sub>S.

### Deshumidificación

Es un proceso de reducción del agua presente en el biogás, por condensación. El gas, pasa a través de unos tubos refrigerantes que condensan el agua. Existen otros métodos de deshumidificación menos habituales, como por ejemplo el filtrado del gas, el enfriamiento con agua a una temperatura de 4°C, etc.



### Eliminación de CO<sub>2</sub>

En el caso en el que se utilice el biogás para cualquier otro proceso que no sea su valorización en motores de cogeneración, será necesaria la eliminación del dióxido de carbono. Los métodos posibles de eliminación de CO<sub>2</sub> del biogás son (los métodos que a continuación se presentan, están ordenados en orden creciente en cuanto a su coste y eficiencia): lavado con agua del CO<sub>2</sub>, lavado con disolventes orgánicos, filtración en carbón activo (el gas circula por el carbón activo, donde se retiene el CO<sub>2</sub>), separación por membranas (proceso de alta efectividad) y separación criogénica de las materias según el punto de ebullición (proceso que en la actualidad se encuentra en desarrollo).

### *3.7.2 Sistemas de aprovechamiento energético del biogás*

Existen distintos sistemas de aprovechamiento del biogás y todos ellos, resumidamente, se recogen a continuación:

#### Motores de cogeneración

Los motores de cogeneración, son el sistema de aprovechamiento energético más habitual que existe. Por cogeneración se entiende el sistema de producción conjunta de energía eléctrica y de energía térmica recuperada de los gases de escape del motor. De esta forma, se hace un uso más completo de la energía, que la lograda mediante la generación convencional de electricidad, donde el calor generado en el proceso se pierde.

Los motores de cogeneración, pueden alcanzar un rendimiento energético de alrededor del 85%. Esto es debido a que este tipo de motores presentan normalmente un rendimiento eléctrico del orden del 35 al 42%. Siendo el restante rendimiento térmico, es decir, de entre el 30 y el 40%.

En cuanto al biogás, debe ser depurado para que no contenga ácido sulfhídrico, ya que los motores son sensibles a la presencia de elementos corrosivos, además de no poder tener un contenido en metano menor del 40%, para su uso en este tipo de dispositivos.

Un segundo sistema existente en este campo es el de los motores de trigeneración. Es un proceso similar al de cogeneración, en el que además de electricidad y calor, también se produce frío, utilizando como único combustible el biogás. En este tipo de motores se obtiene una mayor cantidad de calor, pero a una menor temperatura.

#### Microturbinas

Las microturbinas son sistemas de cogeneración (obtención de electricidad y calor), adecuados para pequeñas potencias (30 a 200 kW) que pueden utilizar biogás como combustible, ya que las turbinas propiamente dichas no son muy utilizadas para la obtención energética de biogás (trabajan con potencias superiores de 500 kW a 30 MW).

Las microturbinas pueden trabajar con biogás con un contenido en metano del 35% (menor que los motores de cogeneración), presentan una mayor tolerancia al H<sub>2</sub>S que los anteriores, son menos contaminantes y el mantenimiento necesario es más sencillo que el caso de los motores de cogeneración. Como inconvenientes: el rendimiento eléctrico obtenido es menor, del orden del 15-30% y por el momento, existen pocos suministradores; la tecnología en este caso no se encuentra tan implantada como en el de los motores de cogeneración. Las turbinas dan todo el calor residual en forma de gases de escape, por lo que el aprovechamiento es más simple que en motores donde tenemos parte del calor en agua y parte en gases.

### **Combustible para vehículos**

Desde hace varios años, ya existen vehículos que funcionan con gas natural. Se estima que los vehículos que utilizan este tipo de combustible emiten un 20% menos de CO<sub>2</sub> (el principal responsable del efecto invernadero), que los residuos que funcionan con gasolina o gasóleo. Para su uso en vehículos, el biogás necesita ser depurado exhaustivamente, reduciendo el CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y agua, y de esta forma elevar los niveles de metano en el gas hasta 96%. En España, en ciudades como Madrid o Barcelona, ya existen vehículos que utilizan biogás, en vehículos de transporte urbano.

Los motores de los vehículos que funcionan con biogás, presentan un mayor rendimiento que un motor convencional ya que existe una disminución del consumo energético. Los motores de estos vehículos son más duraderos y de menor ruido. En cuanto a los obstáculos para el uso generalizado de estos vehículos son: menor autonomía de conducción (alrededor de 150 km) y son motores que presentan un arrancado muy lento.

### **Pilas de Combustible**

Las pilas de combustible son sistemas electroquímicos, es decir, producen electricidad a través de una reacción química. A diferencia de las baterías convencionales, una pila de combustible no se acaba y no necesita ser recargada, ya que su funcionamiento es ininterrumpido mientras el combustible y el oxidante le sean suministrados. En el ánodo de la pila se inyecta combustible: hidrógeno, amoníaco o hidracina. El principio de funcionamiento de las pilas de combustible, es inverso a la electrólisis del agua.

Cuando el biogás se utiliza como combustible en las pilas de combustible, lo habitual es que éste sea primero depurado exhaustivamente y posteriormente transformado a hidrógeno. Los métodos más comunes para transformar el metano a hidrógeno son: el reformado con vapor de agua, la oxidación parcial y el auto-reformado.

Dado que el proceso de generación de electricidad también produce calor, las pilas de combustible también se pueden adaptar como sistemas de cogeneración, produciendo energía eléctrica y calorífica. Esta es una tecnología sobre la que se están- invirtiendo grandes esfuerzos económicos en investigación y desarrollo, por ello, seguro que las pilas de combustible serán una tecnología muy presente en un futuro no muy lejano.

**Inyección de biogás en la red de gas natural**

Cuando el biogás se inyecta en las redes de gas natural recibe el nombre de biometano (biogás con más del 97% de su contenido en metano). Para conseguir este porcentaje de concentración de metano, el biogás tiene que ser depurado previamente, para de esta forma alcanzar los requerimientos de calidad exigidos para introducirlo en la red de distribución del gas natural. La purificación del biogás en este caso consiste en: eliminación de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, agua y partículas sólidas. Algunos países como Francia, Alemania y Suecia, han definido estándares de calidad del biogás, aunque sin embargo por el momento en España, todavía no disponemos de ninguna especificación. Además de estas exigencias de depuración, es necesaria la compresión del biometano hasta la presión necesaria.

## Capítulo 4: REVISIÓN LEGISLATIVA

En el presente capítulo se incluyen las disposiciones legales y documentos estratégicos de la UE, España y Comunidad Foral de Navarra (actuales y emergentes) que se estima que pueden afectar de forma directa o indirecta al desarrollo del biogás agroindustrial en España durante el periodo 2.011-2.020. No obstante, la perspectiva con la cual se ha seleccionado la normativa se basa en la que está vigente actualmente tanto a nivel comarcal, nacional y europeo.

Para una mayor claridad, este apartado se ha dividido en los siguientes apartados: legislación sanitaria, legislación medioambiental, cambio climático y reducción de gases de efecto invernadero (GEI), uso del biogás y uso del digestato. En la figura 18 se destacan los principales aspectos legales y/o estratégicos a los que se hace mención en dichos apartados.

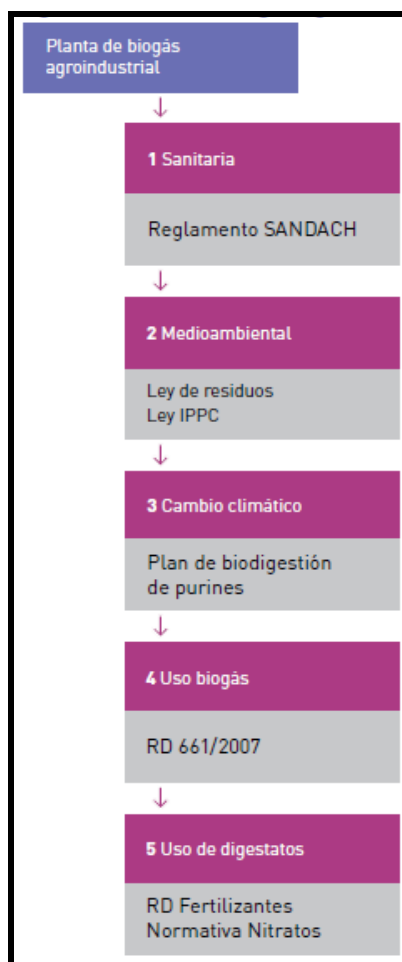


Figura 18: Principales aspectos legales y estratégicos relativos al biogás agroindustrial. (Fuente: Situación y potencial de generación de biogás. Estudio técnico PER 2.011-2.020).

## 4.1 LEGISLACIÓN SANITARIA

### Unión Europea

#### **Reglamento SANDACH (CE) 1774/2002**

*Reglamento (CE) n° 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano.*

#### **Reglamento SANDACH (CE) n° 1069/2009**

*Reglamento (CE) n° 1069/2009, incorpora los requisitos adicionales para las plantas de biogás que procesan SANDACH.*

#### **Reglamento (UE) n° 142/2011**

*Reglamento (UE) n° 142/2011 de la Comisión de 25 de febrero de 2011, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera en virtud de la misma.*

#### **Reglamento (UE) n° 749/2011**

*Reglamento (UE) n° 749/2011 que modifica el Reglamento (UE) N° 142/2011, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) N° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera en virtud de la misma*

### España

#### **Real Decreto 1429/2003. SANDACH**

*Real Decreto 1429/2003, de 21 de noviembre, por el que se regulan las condiciones de aplicación de la normativa comunitaria en materia de subproductos de origen animal no destinados al consumo humano.*

### Comunidad Foral del Navarra

#### **Decreto foral 13/2006**

*Decreto foral 13/2006, de 20 de febrero, por el que se regulan los subproductos animales no destinados al consumo humano.*

## 4.2 LEGISLACIÓN MEDIOAMBIENTAL

### Unión Europea

#### *Directiva Marco de Residuos. 2008/98/CE*

*Directiva 2008/98/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.*

#### *Directiva de Vertederos. 99/31/CE*

*Directiva 99/31/CE del Consejo de 26 de abril 1999, relativa al vertido de residuos.*

#### *Libro Verde. Gestión Biorresiduos en la UE*

*Libro Verde sobre la gestión de los biorresiduos en la UE. Comisión de las Comunidades Europeas. COM (2008) 811 final. 3-12-08.*

#### *Directiva IPPC. 2008/1/CE*

*Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de enero de 2008, relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación.*

### España

#### *Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.*

Ha introducido en el ordenamiento jurídico las reformas estructurales necesarias para crear aquellas condiciones que favorezcan un desarrollo económico sostenible. Dentro de la definición de economía sostenible que realiza esta Ley, en su artículo 2, se menciona la necesidad de garantizar el respeto ambiental y el uso racional de los recursos naturales. Además, la citada Ley establece que la acción de los poderes públicos debe guiarse por principios como la promoción de energías limpias, la reducción de emisiones y el eficaz tratamiento de residuos, así como el ahorro y eficiencia energética.

#### *Ley 22/2011. Residuos*

*Ley 22/2011, de 28 de julio de residuos y suelos contaminados por la cual se regula la gestión de los residuos impulsando medidas que prevengan su generación y mitiguen los impactos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente asociados a su generación y gestión, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos.*

#### *Orden MAM/304/2002*

Incluye la publicación de las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. En los anexos de la Orden se encuentran los códigos LER de los residuos agroindustriales potencialmente empleables en plantas de biogás.

**Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR)**

*Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015.*

**Real Decreto 1481/2001. Vertederos**

*Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.*

**Ley 16/2002. IPPC**

*La Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), y sus sucesivas modificaciones.*

**Comunidad Foral de Navarra**

**Ley Foral 4/2005**

*Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo, de intervención para la protección ambiental tiene por objeto regular las distintas formas de intervención administrativa de las Administraciones públicas de Navarra para la prevención, reducción y el control de la contaminación y el impacto ambiental sobre la atmósfera, el agua, el suelo, así como sobre la biodiversidad, de determinadas actividades, públicas o privadas, como medio de alcanzar la máxima protección posible del medio ambiente en su conjunto.*

**Decreto Foral 93/2006**

*Decreto Foral 93/2006, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento de desarrollo de la Ley foral 4/2005, de 22 de marzo, de intervención para la protección ambiental.*

**Orden Foral 64/2006**

*Orden Foral 64/2006, de 24 de febrero, por el que se regula los criterios y las condiciones ambientales y urbanísticas para la implantación de instalaciones para aprovechar la energía solar en suelo no urbanizable*

### 4.3 CAMBIO CLIMÁTICO Y REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

#### Unión Europea

##### *Protocolo de Kioto*

*Protocolo de Kioto, obligaciones para las naciones de la Unión Europea, 1997.*

##### *Dictamen del Comité Económico y Social Europeo. Cambio climático y Agricultura*

*Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema “El cambio climático y la agricultura en Europa” (2009/C27/14).*

##### *Reglamento (CE) nº 74/2009. FEADER*

*Reglamento (CE) nº 74/2009 del Consejo, de 19 de enero de 2009, por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 1698/2005, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).*

#### España

##### *Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2012*

*El Plan Nacional de Asignación (PNA) de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012, aprobado por Real Decreto 1370/2006, persigue que las emisiones globales de GEI en España no superen en más de un 37% las del año base en promedio anual en el período 2008-2012, alcanzándose esta cifra a través de la suma del objetivo Kioto (15%), la cantidad absorbida por los sumideros (2%) y el equivalente adquirido en créditos de carbono procedentes de los mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kioto (20%).*

##### *Real Decreto 1494/2011*

*Real Decreto 1494/2011, de 24 de octubre, por el que se regula el Fondo de Carbono para una Economía Sostenible.*

##### *Plan de biodigestión de purines*

*Plan de biodigestión de purines para la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI), aprobado por el Consejo de Ministros el 26 de diciembre de 2008.*

##### *Real Decreto 949/2009*

*Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines.*



**Real Decreto 1255/2010**

*Real Decreto 1255/2010, de 8 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de Biodigestión de Purines.*

**Comunidad Foral de Navarra**

**Decreto Foral 6/2002**

*Decreto Foral 6/2002, de 14 de enero, por el que se establecen las condiciones aplicables a la implantación y funcionamiento de las actividades susceptibles de emitir contaminantes a la atmósfera.*

## 4.4 USO DEL BIOGÁS

### Unión Europea

*Certificados verdes y sistemas de precios mínimos (tarifas/primas)*

*Directiva de Energías Renovables. 2009/28/CE*

*Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables por la que se modifican y derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.*

*Directiva sobre gas natural*

*Directiva 2003/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior del gas natural.*

### España

*Plan de Energías Renovables en España (2005-2010)*

*Plan de Energías Renovables (2011-2020)*

*Real Decreto de subvenciones estatales para el fomento de biodigestión de purines*

*Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines.*

*Real Decreto 1255/2010*

*Real Decreto 1255/2010, de 8 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de Biodigestión de Purines.*

*Real Decreto de producción eléctrica en régimen especial*

*Real Decreto 661/2007*

*Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (BOE nº 126, 26 mayo 2007). Modificado por correcciones de errores publicadas en BOE de 25 y 26 de julio de 2007.*

*Real Decreto ley 1/2012*

*Real Decreto ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos*

para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.

### Otras disposiciones

#### **Normativa relativa al registro de pre-asignación de retribución**

**Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril**, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.

#### **Garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes renovables**

**Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo**, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.

#### **Real Decreto sobre conexión y acceso a la red de distribución**

**Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

**Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre**, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica.

#### **Fiscalidad aplicable a la producción de biogás (Impuestos sobre Hidrocarburos)**

#### **Normas sobre instalaciones de gas natural**

**Real Decreto 1434/2002, de 27 de diciembre**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de gas natural.

#### *Modificaciones:*

- El art. 43.2 a 7, por **Real Decreto 1011/2009, de 19 de junio** (Ref. 2009/10220).
- Los arts. 17 y 18.2.b), por **Real Decreto 1766/2007, de 28 de diciembre** (Ref. 2007/22455).
- Los arts. 29, 43, 44 y 53 y se añade el 30.bis, por **Real Decreto 942/2005, de 29 de julio** (Ref. 2005/13335).
- El art. 10.3, 47 y 48.2, por **Real Decreto-Ley 5/2005, de 11 de marzo** (Ref. 2005/04172).

**Comunidad Foral de Navarra**

***Orden Foral 181/2003***

*Orden Foral 181/2003, de 21 de agosto, por el que se establece el procedimiento a seguir en la tramitación administrativa para la puesta en servicio de las instalaciones de baja tensión.*

***Orden Foral 258/2006***

*Orden Foral 258/2006, de 10 de agosto, por la que se dicta normas para la tramitación administrativa de puesta en servicio y concesión a la red de distribución de energía eléctrica en régimen especial y sus agrupaciones. (Completa las normas establecidas en el RD 661/2007).*

***Orden Foral 8IDEP/2011***

*Orden Foral 8IDEP/2011, de 26 de agosto, de la consejera de desarrollo rural, industria, empleo y medio ambiente, por la que se determinan las actividades de aprovechamiento de fuentes de energía renovable subvencionables en el marco de las ayudas a la inversión empresarial*

## 4.5 USO DEL DIGESTATO

### Unión Europea

Entre las principales regulaciones a nivel europeo que afectan al digestato directa o indirectamente se encuentran el Reglamento 1774/2002 (subproductos de origen animal), la Directiva 2008/98/CE (Directiva Marco de residuos), la Directiva 99/31/CE (vertido de residuos), la Directiva 2000/54 (protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo) y la Directiva 91/676/CE (contaminación por nitratos).

#### **Reglamento SANDACH nº 1069/2009**

*Reglamento (CE) nº 1069/2009, incorpora los requisitos adicionales para las plantas de biogás que procesan SANDACH*

#### **Directiva de Nitratos**

*Directiva 91/676/CE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.*

#### **Directiva de residuos**

*Directiva 2008/98/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.*

#### **Reglamento sobre agricultura ecológica**

*Reglamento CEE nº 2092/91 del Consejo de la Unión Europea, de 24 de junio de 1991, sobre la producción agraria ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, modificado por última vez por el Reglamento CE nº 2254/2004 de la Comisión de 27 de diciembre de 2004.*

#### **Otra normativa relacionada**

*Directiva europea 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.*

*Propuesta de Directiva COM 232 de 22/09/2006, por la cual se establecerá un marco para la protección del suelo.*

### España

#### **Real Decreto de Nitratos**

*Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.*

**Real Decreto 824/2005 de fertilizantes**

*Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes (y modificaciones).*

**Real Decreto 108/2010**

*Real Decreto 108/2010, de 5 de febrero, por el que se modifican diversos reales decretos (entre ellos el Real Decreto 84/2005) en materia de agricultura e industrias agrarias, para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso de las actividades de servicios y su ejercicio.*

**Real Decreto 324/2000, normas de ordenación explotaciones porcinas**

*Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas.*

**Comunidad Foral de Navarra****Decreto Foral 220/2002. Zonas vulnerables**

*Decreto Foral 220/2002, de 21 de octubre, por el que se designan zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias y se aprueba el correspondiente programa de actuaciones.*

**Orden Foral 188/2006**

*Orden Foral 188/2006, de 5 de junio, del Consejero de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda, por la que se aprueba el mantenimiento de las zonas vulnerables designadas por el Decreto Foral 220/2002 de 21 de octubre, en relación con la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias.*

**Orden Foral 128/2009**

*Orden Foral 128/2009, de 20 de marzo, de la consejera de desarrollo rural y medio ambiente, por la que se revisan las zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos de fuentes agrarias.*

**Orden Foral 240/2006**

*Orden Foral 240/2006, de 26 de junio, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Alimentación, por la que se aprueba el Programa de Actuaciones para las zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de actividades agrarias.*

**Orden Foral 359/2010. Uso de lodos de depuración en agricultura**

*Orden Foral 359/2010, de 26 de julio, de la consejera de desarrollo rural y medio ambiente, por la que se regula la utilización de lodos de depuración en la agricultura de la comunidad foral de navarra.*

# *Parte II.*

# ***METODOLOGÍA***

## Capítulo 5: METODOLOGÍA EMPLEADA

Las actividades principales de este Trabajo Final de Carrera están relacionadas con la búsqueda de información sobre los distintos aspectos enunciados en los objetivos, por lo que se ha utilizado de manera intensiva internet así como otro tipo de bibliografía técnica y legal.

Tanto el libro “Manual de dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de biogás” de Gabriel Moncayo Romero como los documentos aportados por IDAE y PROBIOGÁS han representado una rica fuente de información para temas tan diversos como necesidades energéticas en instalaciones ganaderas, producción de energía eléctrica con cogeneración, tratamiento del purín y explicación de la digestión anaerobia que permite obtener biogás, etc. Por este motivo se han convertido en la base teórica de este estudio.

También han servido de gran apoyo los apuntes de la asignatura impartida en el último curso académico “Gestión y aprovechamiento de residuos ganaderos”, aportando estos una abundante información teórica para la redacción de este Trabajo Final de Carrera.

Aparte de lo mencionado anteriormente se han consultado publicaciones en la sección del ITG Ganadero de Navarra que actualmente forma parte de AINIA y otros artículos relacionados cuyos contenidos se centraban más en las características de las explotaciones ganaderas existentes en dicha Comunidad.

Para lo relacionado con la normativa se ha recurrido a los boletines oficiales publicados por las distintas administraciones, principalmente nacional y autonómica, relativos a la legislación aplicable en la producción de energía eléctrica en Régimen Especial y tratamiento de residuos ganaderos.

Todos estos documentos se encuentran indicados en la bibliografía. Además, ha sido necesario el contacto con los ganaderos de las granjas que se han sometido al estudio técnico y económico para la aplicación a la explotación agropecuaria. Por supuesto se ha trabajado con aquellas instalaciones para las que se han conseguido datos suficientes para los cálculos.

Los cálculos necesarios que se integran para la elaboración de los estudios técnicos y económicos se han realizado mediante el programa de cálculo Microsoft Office Excel.

Resumiendo, se puede decir que se han ido realizando los siguientes pasos para el desarrollo y elaboración de este trabajo:

- Recopilación informativa de las explotaciones del polígono ganadero de Funes mediante varias visitas a las granjas y encuestas a los propios ganaderos.
- Redacción de una parte más teórica consultado diferentes fuentes bibliográficas.
- Realización de los cálculos necesarios para cuantificar los residuos obtenidos en el polígono ganadero de Funes y la estimar la cantidad de subproductos obtenidos (biogás y digestato) mediante la digestión anaerobia de dichos residuos. Posteriormente se calcula la energía total que se produce a partir del biogás generado.



- Elaboración del estudio técnico y económico de la planta de biogás a implantar en el polígono ganadero de Funes en base a los datos obtenidos anteriormente.
- Redacción de las conclusiones finales a las que se ha llegado después de la realización de este Trabajo Final de Carrera.

*Parte III.*  
***RESULTADOS Y  
DISCUSIÓN***

## Capítulo 6: IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES EN EL POLÍGONO GANADERO DE FUNES

### 6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GANADEROS GENERADOS EN LAS GRANJAS

En el “Capítulo 2: Fundamentos teóricos generales de los residuos ganaderos” se mostraba una clasificación general de los residuos que se generaban en las explotaciones de ganado, pero este apartado se va centrar casi exclusivamente en los estiércoles y purines, ya que son los residuos que representan un mayor volumen en las granjas y que, por lo tanto, van a ser el influente con el cual va a ser alimentado el biodigestor de la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.

Se pueden distinguir tres tipos residuos ganaderos refiriéndonos en todo caso a las especies de ganado y tipo de manejo de las granjas; por un lado los generados en las explotaciones de vacuno lechero, otros los generados en las granjas de vacuno de carne y por último los purines procedentes del sector porcino.

Así pues, en las granjas de bovino de leche, existen dos tipos de residuos ganaderos, por una parte un estiércol más sólido generado por la mezcla de las deyecciones y la paja empleada para las camas, y por otra parte los purines extraídos de la zona pavimentada en aquellas granjas con sistema de limpieza mecánica. Otro residuo generado en este tipo de explotaciones son las aguas de lechería, pero este residuo es muy pobre en cuanto a componentes nitrogenados y otros tipos de compuestos, por lo que si se mezcla con los purines y/o estiércoles, la única función que tiene es la de diluir.

En cambio, en las explotaciones de vacuno de carnes, tan solo se produce estiércol sólido o semisólido, ya que casi la totalidad de los corrales tienen el suelo cubierto con cama de paja.

En las granjas de porcino, se obtienen únicamente purines ya que en las naves donde se alojan los cerdos emplean un suelo de tipo enrejillado y no se emplea ningún tipo de cama en los corrales. Es decir, que como se produce una mezcla conjunta de heces y orina, el producto obtenido es un producto prácticamente líquido.

Seguidamente, se explican las características de los diferentes tipos de residuos ganaderos generados en este tipo de granjas de manera más detallada.

#### 6.1.1 Residuos ganaderos en el sector bovino

El llamado estiércol tradicional es una material de alto poder fertilizante, sobre todo si como cama se utilizan plantas con elevado contenido en nitrógeno y relativamente baja relación

C/N. Su fermentación en los establos con las deyecciones de ganado vacuno produce un material orgánico con una relación C/N muy adecuada para su mineralización, con una proporción equilibrada de macronutrientes primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) y una gran reserva de nitrógeno orgánico, ya que el nitrógeno inorgánico, casi todo en forma amoniacal, representa un porcentaje bajo del nitrógeno total. Los estiércoles sólidos tienen en general, un reducido contenido en nitrógeno amoniacal que depende del estado de saturación del estiércol, de manera que cuanto más húmedo está, más importante es el contenido de nitrógeno mineral amoniacal. Mediante el aporte de la paja de la cama, el estiércol sólido es rico en materia orgánica estable y por ello el producto tiene un valor orgánico.

El purín de vacuno es un material de color oscuro, producto de la fermentación, predominantemente anaeróbica, de las deyecciones de ganado vacuno con el agua procedente del lavado de las naves donde se cría, cuando las fosas de almacenamiento son cerradas, y con el agua de lluvia y de lavado cuando las fosas son abiertas.

El purín de vacuno puede considerarse y utilizarse como abono orgánico con un contenido en materia orgánica y en cenizas bastante constante.

El principal elemento fertilizante es el nitrógeno, que oscila entre límites amplios, con un valor medio del 4,5%. El valor del nitrógeno orgánico, bastante constante, es del 2% aproximadamente, mientras que el nitrógeno inorgánico, representa siempre más del 50% de nitrógeno total y está predominantemente en forma amoniacal. Este nitrógeno inorgánico es el que, añadido el purín al suelo, se pone inmediatamente a disposición de las plantas, pero también es el que puede dar lugar a pérdidas importantes por volatilización o por lavado. El hecho de que casi todo sea amoniacal disminuye el riesgo de pérdidas por lavado aunque su mineralización en el suelo a nitratos es bastante rápida, por lo que no se puede descartar esta forma de disminución del poder fertilizante y de contaminación de las aguas freáticas.

El purín de vacuno no tiene elevado contenido en fósforo y mayoritariamente se encuentra en sus formas inorgánicas. Por el contrario, el potasio es muy abundante, aunque también muy variable.

El calcio es el cuarto elemento de importancia en el purín de vacuno, pero su contenido también es muy variable, mientras que el de magnesio es más constante. Tanto el contenido en calcio como en magnesio están correlacionados negativamente con el contenido en materia seca. Parece, por lo tanto, que cuanto más diluido es el purín, mayor es su valor fertilizante; sin embargo, esto tiene un límite, más allá del cual un aumento de la dilución disminuye el contenido en los principales elementos fertilizantes.

El purín de vacuno contiene cantidades variables de sulfuros, cloruros y otras sales solubles, que dan lugar a una conductividad eléctrica elevada, por lo que habría que considerar estos residuos como fuertemente salinos. También contiene oligoelementos y metales pesados (manganeso, hierro, boro, cobre, etc.) que no deben provocar problemas de contaminación de suelos, aguas y plantas.

El pH de este tipo de purín sobrepasa casi siempre el valor de la neutralidad. En principio podría considerarse como ligeramente corrector de la acidez; sin embargo a largo plazo los purines pueden acidificar el suelo por oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrógeno

nítrico. Por último, el valor del potencial redox indica que las condiciones del purín son muy reductoras.

La densidad del purín de vacuno, que varía en función del grado de dilución, tiene menor coeficiente de variación de todos los parámetros que lo caracterizan. En función de este factor se propone agrupar estos purines en cuatro clases: muy ligeros, ligeros, medios y gruesos.

En los purines ligeros se puede decir que la mayor parte del nitrógeno orgánico estará a disposición de la planta a corto y medio plazo y que solo una pequeña fracción tiende a inmovilizarse, mientras que en los densos esta fracción será mucho mayor. Existen por lo tanto, importantes diferencias entre los purines ligeros y densos.

En resumidas cuentas, atendiendo a lo dicho anteriormente, los residuos bovinos se pueden clasificar según la forma en que se encuentren:

### **Estiércoles sólidos**

Como ya se ha mencionado, están compuestos por los excrementos de los animales conjuntamente con una cama carbonada (paja, serrín, virutas, lino, etc.). La mezcla es más o menos homogénea, pero puede tener productos variados que afectan a su textura y a las reacciones que van a tener lugar en este residuo. Distintos factores afectan su composición final, como son la cantidad de paja, el tipo de recolección y el almacenamiento y el almacenamiento que se lleva a cabo.

Se distinguen tres tipos de estiércoles sólidos:

- a) Pastosos: proceden de cría de ganado en alojamientos individuales con una utilización reducida de paja. La recuperación es a menudo difícil, en particular cuando la paja no está triturada.
- b) Procedentes de establos en los que la paja no está aún descompuesta, con alojamientos individuales y la utilización de más de dos kilos de paja por animal y día. Se produce estiércol muy denso y bastante pastoso.
- c) Procedente de la estabulación libre empajada, se trata de estiércol sólido acumulado; recibe parte de las deyecciones y en el mismo lugar durante varios meses. Este estiércol sólido fermenta y es más o menos denso en el momento de la recuperación.

De la misma manera, la cantidad total de estiércol producido depende del modo de manejo, de la cantidad de paja utilizada y del nivel de producción de los animales.

Las fermentaciones aeróbicas del estiércol rico en paja ocasionan pérdidas de elementos importantes (principalmente agua, carbono y nitrógeno). En ciertos casos, la evaporación de agua (fermentación aerobia) o la producción de agua sin evaporación (fermentación anaerobia) originan que la composición del estiércol sea diferente siendo igual la fase fisiológica de producción. Los estiércoles sólidos no saturados de agua tienen a menudo un contenido de materia seca entre el 20-25%. En el caso de los estiércoles sólidos saturados de agua, que se parecen más a los estiércoles licuados, la masa volumétrica es superior a uno y la tasa de materia seca está entre el 15-20%.

**Estiércoles líquidos de vacas lecheras**

Está formado por las heces y los orines de los animales. Se añaden los restos alimenticios y cantidades variables de paja, de forma reducida. Pueden contener también diversos líquidos: agua de lavado, jugo del ensilado, etc. La composición final va a estar determinada en gran medida por la organización del edificio: presencia parcial de enrejados de listones, zonas en las que la paja no está descompuesta, recogida de las aguas de las lluvias procedentes de las zonas donde están los animales (esto originará un estiércol muy diluido).

Contrariamente al estiércol sólido, el líquido puede caracterizarse a partir del contenido de materia seca y del contenido en nitrógeno amoniacal, que permite caracterizar su valor fertilizante nitrogenado.

Cuando el estiércol líquido se almacena, fermenta, produciendo los procesos anaerobios una pérdida de elementos (carbono, nitrógeno y azufre). El carbono se elimina en forma de metano y dióxido de carbono. El nitrógeno se elimina en forma de nitrógeno amoniacal y el azufre en forma de hidrógeno sulfurado, gases que producen malos olores y pueden llegar a ser tóxicos. Estas pérdidas son reducidas si los productos se mantienen a la temperatura ambiente y sin remover o mezclar. La costra superficial que se forma previene que haya pérdidas.

**Estiércoles licuados de terneros**

La alimentación distribuida en forma líquida y los sistemas de lavado y de evacuación de los estiércoles originan un producto muy licuado. La composición es variable, con un contenido medio de materia seca de 20 gramos por litro. El nitrógeno suele representar más del 80% del nitrógeno amoniacal. Contiene además una cantidad de materia grasa, un 17% de la materia seca, que flota aglomerando también pelo. Debido a la alimentación a base de leche, es un producto con gran cantidad de calcio y potasio. Es además un producto muy fermentable y con un fuerte olor desagradable.

***6.1.2 Residuos ganaderos en el sector porcino*****Purines**

El purín porcino es el producto de fermentación anaeróbica de las deyecciones de ganado porcino con el agua de lavado de las naves donde se cría o con ésta y el agua de lluvia, según las fosas de acumulación de las deyecciones cerradas o abiertas. Su composición es similar a la del purín de vacuno en cuanto a su contenido en materia seca, cenizas, materia orgánica, carbono orgánico, pH y conductividad eléctrica, siendo también un material fuertemente salino; sin embargo, en general contiene mayor cantidad de nitrógeno que el purín de vacuno, pudiendo incluso duplicar el valor de éste, con un mayor porcentaje de nitrógeno inorgánico (70-80%), la mayoría en forma amoniacal, aunque la reserva de nitrógeno orgánico también es importante. Debido a este elevado valor de nitrógeno inmediatamente asimilable, la aplicación de este tipo de residuo al suelo ha de hacerse calculando perfectamente la dosis para que no produzca efectos perjudiciales a la planta y riesgos de contaminación. Al tener mayor contenido de nitrógeno, la relación C/N desciende respecto a la del purín de vacuno, no sólo la

del purín completo sino también la de la fracción orgánica. El contenido en fósforo duplica también el del purín de vacuno mientras que las concentraciones de potasio y magnesio son ligeramente menores y la del calcio mucho menor. También contiene cantidades variables de micronutrientes y metales pesados, pero estos no sobrepasan los límites tolerables, a pesar de que se citan concentraciones elevadas de cobre y cinc.

El purín de porcino está sujeto a las mismas fuentes de variabilidad que el purín de vacuno y también existe una fuerte correlación entre densidad y materia seca, por lo que pueden usarse los mismos métodos que en el caso del purín de vacuno para la estimación de la materia seca aunque lógicamente es necesario disponer de ecuaciones de regresión.

Es un producto muy fermentable y entra rápidamente en anaerobiosis con una fuerte producción de malos olores (amonio, anhídrido de azufre, mercaptanos, etc.). Durante el almacenamiento sedimenta y se pueden encontrar dos partes: una líquida poco cargada que ocupa del 50 al 70% del volumen en la superficie y una parte líquida cargada que ocupa del 30 al 50% del volumen en la profundidad y en esta fase es donde se acumulan el fósforo, calcio y metales como cobre y cinc. El nitrógeno del estiércol licuado de cerdo está presente en forma amoniacal en un 60-70% y orgánica en un 30-40%.

En el almacenamiento se pierde por volatilización de un 10 a un 30% del nitrógeno, aunque en forma líquida disminuyan las pérdidas respecto a la forma sólida.

### **6.1.3 Otros residuos ganaderos**

En las granjas, como ya se ha visto anteriormente, se producen otros residuos ganaderos de diferentes procedencias y, por lo tanto, de naturalezas distintas. Algunos de ellos, debido a ciertas circunstancias pueden llegar a formar parte de las deyecciones ganaderas y en consecuencia, en las fosas donde se almacenan dichos estiércoles y purines.

Por lo que se ha creído conveniente realizar este apartado para describir de manera un poco más detallada dichos residuos.

#### **Efluentes de Ensilado**

Los jugos o efluentes procedentes del ensilado son el resultado de la fermentación natural que transforma un forraje fresco en forraje ensilado. La cantidad de efluente producido varía en relación inversa al porcentaje de materia seca del forraje a ensilar. Se puede considerar que las cantidades máximas para silos de hierba con el 15-16% de materia seca y prácticamente nulas para ensilados de maíz, donde la sustancia seca supone entre el 25-30%.

El jugo del ensilado, el líquido que se escapa del material ensilado durante el proceso de fermentación está muy concentrado y es muy corrosivo y contaminante.

#### **Efluentes de la instalación de ordeño**

Estos residuos tienen un origen diverso, aunque pueden agruparse en:

- Aguas verdes: proceden de la limpieza de locales como la sala de ordeño o el corral de espera. Son aguas más o menos cargadas de deyecciones (sólidas y líquidas) y con algún resto de material de cama y de alimentos. Estas aguas presentan una concentración variable de deyecciones según la instalación de ordeño. Según la rutina de ordeño empleada, puede incluir agua de limpieza de las ubres que contienen restos de materia orgánica y de deyecciones y escasas cantidades de productos desinfectantes.
- Aguas blancas: proceden del lavado del equipo de ordeño y de los tanques de refrigeración de leche, que se dividen en tres partes diferentes:
  - a) Agua de prelavado: cargadas esencialmente de residuos de leche.
  - b) Aguas de lavado: con una elevada concentración de productos de limpieza, de composición química a menudo diferente de una instalación a otra y a veces según el periodo considerado en la misma explotación.
  - c) Aguas de enjuagado, más o menos cargadas de productos de limpieza.

Resta incluir la leche no apta para el consumo eliminada durante el ordeño, a causa de la mamitis, por ejemplo, en la que podemos encontrar residuos de medicamentos. Pueden también considerarse otros productos de limpieza de la lechería.

Estas “aguas blancas” tienen una composición química diferente y en general, una carga contaminante más baja que las “aguas verdes”. Los sólidos de la leche incluyen grasas, albúminas y lactosa. Estos sólidos no sedimentan y pueden producir olores severos en condiciones anaerobias. Por ello, la eliminación de las aguas con restos de leche debe realizarse por métodos aerobios o bien mediante su mezcla con purines.

La carga contaminante de las salas de ordeño es aún mal conocida. De diversos estudios realizados se desprende que la contenida en las “aguas blancas” es muy variable según los productos de limpieza utilizados.

Los equipos que se utilizan y su manejo influyen de forma determinante en el volumen de los efluentes de las operaciones de ordeño y limpieza.

### **Aguas de escorrentía (aguas marrones)**

En los sistemas de estabulación libre con áreas de ejercicio no cubiertas, las deyecciones sólidas y líquidas depositadas sobre el suelo son diluidas por las aguas de lluvia. El efluente que se obtiene está cargado de material orgánico y gérmenes de origen fecal, pero también supone un residuo con valor fertilizante.

Si las lluvias son abundantes, es evidente el riesgo de que estos residuos sean arrastrados hacia el medio natural (cauces de agua) si no está prevista su recogida y tratamiento o almacenamiento.

Las cantidades recogidas son proporcionales a la superficie no cubierta. Esto significa que para limitar la cantidad de esta agua a almacenar o a tratar es preciso que todas las aguas pluviales procedentes de zonas distintas a las de la ubicación de los animales sean obligatoriamente recogidas aparte.



**Zoosanitarios, aditivos y medicamentos**

En las explotaciones ganaderas, los residuos de tipo antibacterianos y medicamentos se producen por el tratamiento de los animales tanto con fines terapéuticos y/o profilácticos. Con la actuación responsable de ganaderos y veterinarios el riesgo de contaminación sería mínimo.

Cabe la posibilidad de que alguno de estos compuestos pase a los estiércoles o purines, bien directamente por las heces, bien por la leche procedente de las vacas que están en tratamiento y debe retirarse. En estos casos debe tenerse cuidado de que los antibióticos no paralicen la actividad microbiana normal de estos materiales, lo que originaría la aparición de productos extraños, mayores problemas de olores, etc.

También puede darse el caso de la contaminación por metales pesados (plomo y cadmio) y la presencia de micotoxinas, sustancias que se producen de forma natural en los medios agrícolas.

La manera más segura de eliminar potencial efectos perjudiciales de cualquier tipo de residuo químico en los alimentos que comprometa la salud pública, así como a los animales productores de estos productos, es evitar la presencia de los propios residuos: estudiar donde se encuentran y proponer un plan de prevención de residuos (*Plan Nacional de Investigación de Residuos; Real Decreto 1749/1998 de 31 de julio y modificado en el segundo artículo del Real Decreto 731/2007, de 8 de junio.*).

***6.1.4 Composición de estiércoles y purines en las explotaciones del polígono ganadero de Funes***

Para rellenar el “*Plan de Producción y de Gestión de Estiércoles*”, se hace necesario conocer la composición media de los mismos en cuanto a nitrógeno, fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ). Cuando la explotación produce para cada especie un solo tipo de residuo, la base de emisiones nos da una referencia de su composición media (por ejemplo INTIA S.A.). Esto no es posible cuando para una misma especie tenemos dos tipos de residuos (líquidos, sólidos).

Igualmente cuando vamos a realizar el reparto en parcela y rellenar el Libro de Registro de reparto de estiércoles, es necesario que conozcamos una composición de referencia. Esta composición media de referencia puede ser la dada por la base de emisiones en el caso de que tengamos un solo tipo de residuo.

Para ambas acciones y para cuando tengamos más de un residuo por especie, podemos tomar dichos datos de una tabla de referencia.

Sin embargo esta composición de referencia en uno y otro caso es insuficiente para un manejo correcto en el reparto, debido a la gran variabilidad que tenemos entre explotaciones diferentes y también en cada explotación. Por lo que a continuación se muestra la composición que nos da como resultado en cada explotación al utilizar el programa de cálculo elaborado por INTIA S.A. y el cual podemos encontrar en su página web ([www.intiasa.es](http://www.intiasa.es)). En él se tienen en cuenta ciertos criterios y parámetros que permite obtener una estimación más precisa de los

residuos generados para cada tipo de explotación teniendo en cuenta, además, otras características de la explotación referentes a las instalaciones, alimentación o manejo del ganado.

Para ver el procedimiento que se ha ido siguiendo con dicho programa se debe consultar en el “Anexo V: Metodología para la cuantificación y composición de los residuos ganaderos en las explotaciones”

**Explotación de cebo de porcino Jesús Díaz Terés**

Los residuos obtenidos en esta explotación dedicada al cebo de porcino son principalmente purines. La composición obtenida se ve en la figura 19:

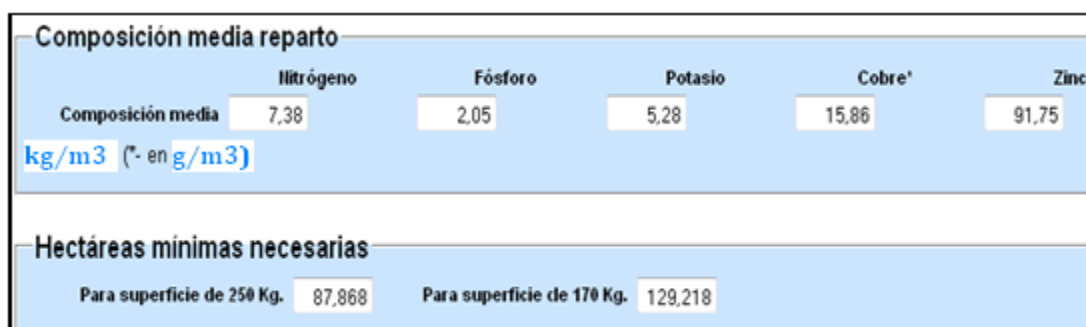


Figura 19: Composición media de los purines y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Jesús Díaz Terés. (Fuente: www.intiasa.es).

**Explotación de cebo de porcino Ursua Sobejano**

Los residuos obtenidos en esta explotación dedicada al cebo de porcino son principalmente purines. La composición obtenida se ve en la figura 20:



Figura 20: Composición media de los purines y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Ursua Sobejano. (Fuente: www.intiasa.es).

**Explotación de vacuno de leche Juan Antonio Gainza**

Los residuos obtenidos en esta explotación dedicada al vacuno de leche son principalmente estiércol y aguas de lechería. La composición obtenida se ve en la figura 21:

Hectáreas necesarias		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	46,82	68,86
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	4,002
Fósforo P205	2,146
Potasio K2O	3,934
Cobre (GRS)	3,790
ZINC (GRS)	13,380

Figura 21: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Juan Antonio Gainza. (Fuente: [www.intiasa.es](http://www.intiasa.es)).

### Explotación de vacuno de leche SAT Zabal-Cirauqui

Los residuos obtenidos en esta explotación dedicada al vacuno de leche son principalmente purines, estiércol y aguas de lechería. La composición obtenida se ve en la figura 22:

Hectáreas necesarias		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	40,95	60,22
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	3,564
Fósforo P205	1,907
Potasio K2O	3,427
Cobre (GRS)	3,320
ZINC (GRS)	12,011

Figura 22: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación SAT Zabal-Cirauqui. (Fuente: [www.intiasa.es](http://www.intiasa.es)).

### Explotación de cebo de vacuno de carne Granja El Alto

Los residuos obtenidos en esta explotación dedicada al cebo de vacuno de carne es principalmente estiércol. La composición obtenida se ve en la figura 23:



Figura 23: Composición media de los residuos y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Granja El Alto. (Fuente: www.intiasa.es.).

### Explotación de vacuno de leche SAT Cirauqui

Los residuos obtenidos en esta explotación dedicada al vacuno de carne y a parte al cebo de los terneros nacidos en la explotación para la venta de carne son principalmente estiércol, purines y aguas de lechería. La composición obtenida se ve en las figuras 24 y 25:



Figura 24: Composición media de los residuos del vacuno de leche y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación S.A.T. Cirauqui. (Fuente: www.intiasa.es.).



Figura 25: Composición media de los residuos del vacuno de cebo y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación S.A.T. Cirauqui. (Fuente: www.intiasa.es.).

**Explotación de cría y cebo de vacuno de carne Txomin**

Los residuos obtenidos en esta explotación dedicada a la cría y cebo de vacuno de carne es principalmente estiércol. La composición obtenida se ve en las figuras 26 y 27:



Figura 26: Composición media de los residuos de vacas reproductoras y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Ganados Txomin. (Fuente: www.intiasa.es).



Figura 27: Composición media de los residuos de terneros de cebo y hectáreas mínimas necesarias para su reparto en la explotación Ganados Txomin. (Fuente: www.intiasa.es).

## 6.2 DESCRIPCIÓN DE LAS EXPLOTACIONES DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES

En este apartado, se van a describir cada una de las explotaciones ganaderas que forman parte del polígono ganadero de Funes. A continuación se muestra el mapa de situación de las granjas donde se indica la ubicación exacta y seguidamente se explicaran con detalle las características de cada una de ellas siguiendo el orden de ubicación como se ve en la figura 28.

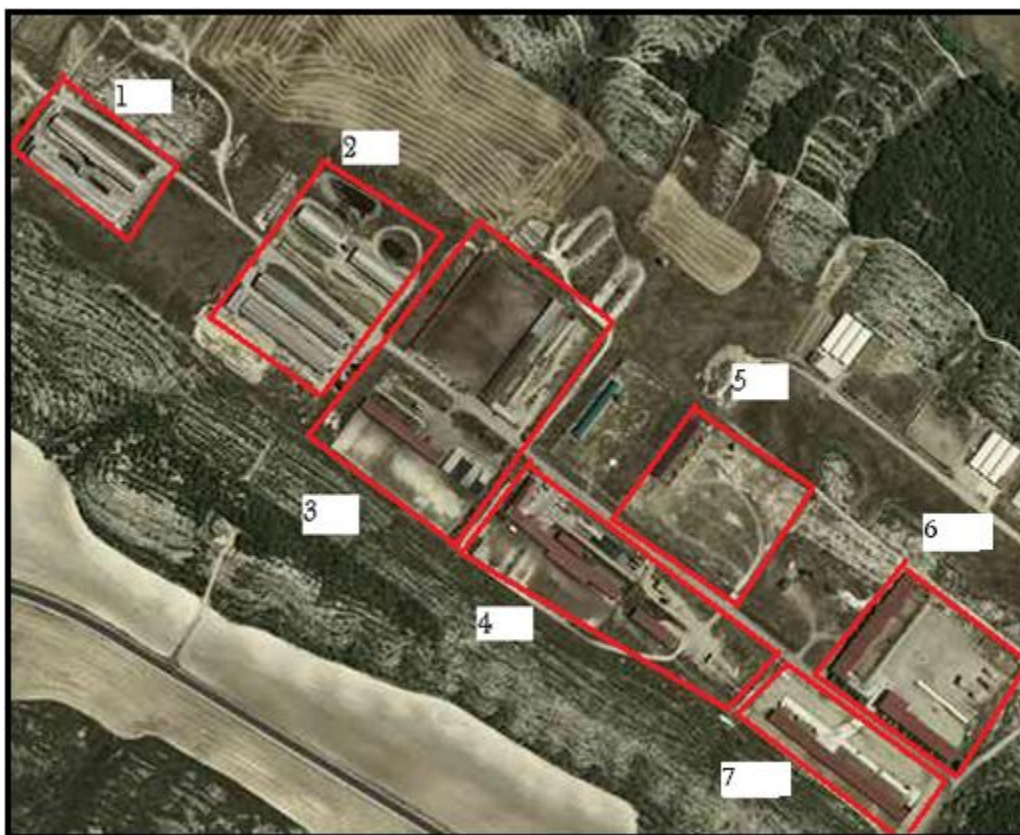


Figura 28: Situación de las explotaciones ganaderas en el polígono ganadero de Funes. (Fuente: SITNA).

Nombre de las explotaciones:

1. Explotación de cebo de porcino Jesús Díaz Terés.
2. Explotación de cebo de porcino Ursua Sobejano.
3. Explotación de vacuno de leche Juan Antonio Gainza.
4. Explotación de vacuno de leche S.A.T. Zabal-Cirauqui.
5. Explotación de cebo de vacuno de carne Granja El Alto.
6. Explotación de vacuno de leche S.A.T. Cirauqui.
7. Explotación de cría y cebo vacuno de carne Txomin.

Toda esta información recogida a continuación ha requerido un trabajo que consistió en diversas entrevistas a los diferentes ganaderos además de varias visitas a cada una de las granjas para conocer de una forma más cercana y precisa las explotaciones y su manejo en el polígono ganadero de Funes.

Tanto el cuestionario “tipo” como la información incautada en su totalidad de cada explotación se muestra en el *Anexo IV: “Descripción detallada de las explotaciones del polígono ganadero de Funes”*.

### **6.2.1 Explotación de cebo de porcino Jesús Díaz Terés**

#### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Jesús Díaz Terés.
- Domicilio social: Ctra. Peralta, 78; CP: 31360-Funes.
- C.I.F.: 018.202.552-F
- Código de Explotación: 107NA05
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.300; Y= 4.686.475.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 587.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de porcino.

#### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación Jesús Díaz Terés se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

A modo de introducción, la explotación está conformada por dos naves que alojan ganado porcino (véase figura 29).



*Figura 29: Vista general de la explotación de porcino Jesús Díaz Terés. (Fuente: SITNA)*

La explotación se dedica al engorde de ganado porcino para el abastecimiento de carne en el mercado. El número de plazas es de 1.560 en cada una de las dos naves de las instalaciones, lo que hace un total de 3.120 plazas.

Las naves principales de la explotación se dedican a la actividad mencionada desde el año 1.998, en el que se concede la Licencia de Apertura por el Ayuntamiento de Funes.

La explotación consta de los siguientes elementos:

- Dos naves de 90x14 m (1.260 m<sup>2</sup>) en planta cada una dedicadas al alojamiento y engorde del ganado.
- Tres fosas exteriores de purines con una dimensión unitaria en planta de 20x5 m (100 m<sup>2</sup>).
- Caseta para personal (oficina, cambio de ropa, baños, refugio para almuerzo, etc.), con una dimensión en planta de 5x5 m (25 m<sup>2</sup>).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 5.340 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 2.520 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las fosas de purines: 300 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la caseta de servicios: 25 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente cercada con una valla de malla metálica de 2,5 metros de altura, con postes metálicos anclados al terreno con base de hormigón.

El purín producido en cada nave es almacenado provisionalmente en las fosas bajo emparrillado de las naves y en depósitos externos de hormigón armado.

Las fosas de la misma nave poseen una longitud de 90 metros (la longitud de la nave), una anchura de dos metros y una profundidad de 1,5 metros. Existen 4 por nave, con una capacidad total para las dos naves de 2.160 m<sup>3</sup>.

Estas fosas interiores descargan, de forma controlada manualmente con arqueta, a los depósitos externos de hormigón armado, mediante tubo de PVC.

Los tres depósitos externos de hormigón armado, tienen unas dimensiones de 20x5x3 metros con una capacidad de 300 m<sup>3</sup> por depósito (900 m<sup>3</sup> en total). Estos depósitos están vallados convenientemente de forma individual.

La capacidad total de recogida de purines de las naves del polígono ganadero es, por lo tanto de 3.060 m<sup>3</sup>.



**Funcionamiento de la explotación**

La explotación funciona mediante contrato con “integradora”. De forma esquemática, el proceso de la explotación es el siguiente:

- 1) Se introducen los lechones de 18-20 kg de peso en las instalaciones.
- 2) Estos lechones son alimentados, cuidados y engordados, durante aproximadamente 5 meses, hasta alcanzar un peso aproximado de 112-115 kg.
- 3) Los cerdos ya crecidos se sacan de la explotación con destino al matadero.
- 4) Las instalaciones se limpian y desinfectan para prepararlas para la siguiente entrada de lechones.

El funcionamiento básico es del tipo “todo dentro-todo fuera”. Es decir, en una misma nave se introducen los lechones de un mismo peso a la vez, son engordados de forma simultánea, y cuando alcanzan el peso para ser llevados al matadero, se sacan todos a la vez de la nave. En el caso de esta explotación, este sistema, es llevado para cada nave y no para el conjunto de la explotación. Es decir, si bien todos los animales de una misma nave son iguales en edad y peso, los de una nave son diferentes a los de la otra nave. Así logra una producción más escalonada y una mejor gestión de la explotación de acuerdo con los intereses particulares del ganadero.

De acuerdo con este sistema, el número de rotaciones (camadas) anuales es de 2,2. El suministro de energía eléctrica y el abastecimiento de agua se realizan mediante conexión a las redes eléctricas generales del polígono ganadero.

El sistema de ventilación es estática, con regulación de entrada y salida de aire en cada nave en función de la temperatura interior. Los ventanales están controlados mediante un sistema informático central y están convenientemente protegidos por malla para evitar la entrada de pájaros.

Las naves disponen de emparrillado de hormigón armado sobre fosas interiores de hormigón, para la evacuación de purines, con sistema de vaciado por gravedad a través de una red de canalización de los mismos hasta las fosas exteriores. No se utiliza cama de paja ni ningún otro tipo de cama.

La explotación utiliza una máquina limpiadora con agua a presión, lo que reduce considerablemente el gasto en agua utilizada en limpieza.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación son los siguientes:

- Capacidad: 3.120 plazas.
- Capacidad nominal en UGM: 480 UGMs.
- Producción anual máxima esperada: 6.864 cerdos de 113 Kg (2,2 camadas).
- Peso de los lechones a la entrada: 18-20 Kg.
- Peso de los cerdos a la salida: 112-115 Kg.
- Ganancia media diaria: 626, 67 gr.

- Días de vacío sanitario: 7 días.

**Alimentación**

En la alimentación de los cerdos se utilizan cuatro tipos de piensos, todos ellos a base de cereales y soja, como es habitual para este tipo de ganado:

- Un tipo de pienso para el período que va entre la entrada de los lechones en la explotación (19 Kg) hasta que estos alcanzan los 40 Kg.
- Un tipo de pienso para el periodo que va entre que los cerdos tienen 40 Kg y 60 Kg.
- Un tipo de pienso para el período que va entre que los cerdos tienen 60 Kg y 80 Kg.
- Un pienso para el periodo que va entre que los cerdos tiene 80 Kg, hasta que se llevan al sacrificio (con 112-115 Kg).

El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.

La forma de aporte de agua a los cerdos es *ad limitum*, es decir, no se realiza un ajuste manual del caudal del bebedero, sino que éste se ajusta al consumo del animal.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos tipo tolva holandesa, con comedero incorporado.

**Gestión de residuos**

***Gestión del purín***

Como se ve en la figura 30, el purín es recogido en las tres fosas exteriores, descritas en el apartado anterior. La capacidad total de almacenamiento de purines es de 3.060 m<sup>3</sup>, lo que supone una autonomía de almacenamiento muy superior a los 4 meses, según la producción anual estimada.



*Figura 30: Situación de las fosas exteriores de purines en la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: SITNA).*

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad de recogida de purines en las dos naves ubicadas al sur del camino es:

- 2.160 m<sup>3</sup> en las fosas interiores.
- 900 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- 3.060 m<sup>3</sup> en total (fosas interiores y fosas exteriores).
- Producción estimada de purines: 3.234 m<sup>3</sup>/año
- Capacidad de almacenamiento superior a los 4 meses.

Por otro lado, la capacidad de recogida de purines en las naves ubicadas al norte del camino es:

- 1.080 m<sup>3</sup> en las fosas interiores.
- 800 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- 1.880 m<sup>3</sup> en total (fosas interiores y fosas exteriores).
- Producción estimada de purines: 1774 m<sup>3</sup>.
- Capacidad de almacenamiento superior a los 4 meses.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los purines cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas. En todo caso, nunca se dejan llenar del todo estas fosas, tanto las interiores como las exteriores, lo que quiere decir que la frecuencia de retirada de los purines nunca es superior a los cuatro meses. Esto se aplica tanto a las fosas interiores como a las exteriores.

En el “*Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato*” se describe el plan de gestión y reparto de purines actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

## 6.2.2 Explotación de cebo de porcino Ursua Sobejano S.L.

### Identificación de la explotación

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Ursua Sobejano S.L.
- Domicilio social: Avda. La Sardilla, 16 ; CP: 31360-Funes.
- C.I.F.: B-31255250
- Código de Explotación: 107NA05
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.450; Y= 4.686.410.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcelas 588 y 602.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de porcino.

### Descripción de las instalaciones

La explotación se dedica al engorde de ganado porcino para el abastecimiento de carne en el mercado. El número de plazas total es de 4.500.

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

A modo de introducción y como se observa en la figura 31, la explotación está conformada por cuatro naves que alojan ganado, dos con una capacidad de 1.500 plazas cada una que están localizadas al lado sur del camino del polígono ganadero y otras dos más pequeñas, situadas en el lado norte del camino, con una capacidad de 750 plazas cada una, ya que sus dimensiones son la mitad que la de las otras naves.

El purín producido en cada nave es almacenado provisionalmente en las fosas bajo emparrillado de las naves y en depósitos externos de hormigón armado.

Las fosas de la misma nave poseen una longitud de 90 metros (la longitud de la nave), una anchura de 2 metros y una profundidad de 1,5 metros. Existen 4 por nave, con una capacidad unitaria de 270 m<sup>3</sup> (1.080 m<sup>3</sup> por nave) y una capacidad total para las cuatro naves de 3.240 m<sup>3</sup>.

Las fosas interiores son de sección rectangular, de forma que recogen conjuntamente tanto las deyecciones sólidas como las líquidas y el agua. Están conectadas entre sí por tubos de PVC.

Estas fosas interiores descargan, de forma controlada manualmente con arqueta, a los depósitos externos de hormigón armado, mediante tubo de PVC.

Las tres fosas externas, tienen una capacidad de 441, 300 y 500 m<sup>3</sup>, es decir, una capacidad total de almacenamiento exterior de 1.240 m<sup>3</sup>.

De acuerdo con estas explicaciones, la capacidad total de recogida de la explotación es:

- Capacidad de recogida de purines en las fosas interiores: 3.240 m<sup>3</sup>.
- Capacidad de recogida de purines en las fosas exteriores: 1.240 m<sup>3</sup>.
- Capacidad total de la explotación: 4.480 m<sup>3</sup>.



*Figura 31: Vista general de la explotación de porcino Ursua Sobejano. (Fuente: SITNA).*

La explotación consta de los siguientes elementos:

- Cuatro naves: dos de ellas de 90x14 m (1.260 m<sup>2</sup>) y otras dos de 45x14 m (630 m<sup>2</sup>) en planta dedicadas al alojamiento y engorde del ganado.
- Tres fosas exteriores de purines:
  - 1) Una de 21x7 m en planta (147 m<sup>2</sup>), de planta rectangular.
  - 2) Una de 21x6 m en planta (126 m<sup>2</sup>), de planta elíptica.
  - 3) Una de 20x5 m en planta (100 m<sup>2</sup>), de planta rectangular.
- Almacén para maquinaria y oficinas, de 30x14 m (420 m<sup>2</sup>)
- Pequeña caseta accesoria, con unas dimensiones de 4x4 m (16 m<sup>2</sup>).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 12.400 m<sup>2</sup>, divididos en dos parcelas.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 3.780 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las fosas de purines: 373 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por el almacén: 420 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la caseta de servicios: 16 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente vallada con malla metálica de 2,5 metros de altura, con postes metálicos anclados al terreno con base de hormigón.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación funciona mediante contrato con “integradora”. De forma esquemática, el proceso de la explotación es el siguiente:

- 1) Se introducen los lechones de 20 kg de peso en las instalaciones.
- 2) Estos lechones son alimentados, cuidados y engordados, durante aproximadamente 5 meses, hasta alcanzar un peso aproximado de 115 kg.
- 3) Los cerdos ya crecidos se sacan de la explotación con destino al matadero.
- 4) Las instalaciones se limpian y desinfectan para prepararlas para la siguiente entrada de lechones.

El funcionamiento básico es del tipo “todo dentro-todo fuera”. Es decir, en una misma nave se introducen los lechones de un mismo peso a la vez, son engordados de forma simultánea, y cuando alcanzan el peso para ser llevados al matadero, se sacan todos a la vez de la nave.

En el caso de esta explotación, este sistema “todo dentro-todo fuera”, es llevado para cada nave y no para el conjunto de la explotación. Es decir, si bien todos los animales de una misma nave son iguales en edad y peso, los de una nave son diferentes a los de la otra nave. Así logra una producción más escalonada y una mejor gestión de la explotación de acuerdo con los intereses particulares del ganadero.

De acuerdo con este sistema, el número de rotaciones (camadas) anuales es de 2,2.

El suministro de energía eléctrica y el abastecimiento de agua se realizan mediante conexión a las redes eléctricas generales del polígono ganadero.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos chupete, independientes de los comederos.

El sistema de ventilación es estática, con regulación de entrada y salida de aire en cada nave en función de la temperatura interior. Los ventanales están controlados mediante un sistema informático central y están convenientemente protegidos por malla para evitar la entrada de pájaros.

Las naves disponen de emparrillado de hormigón armado sobre fosas interiores de hormigón, para la evacuación de purines, con sistema de vaciado por gravedad a través de una red de canalización de los mismos hasta las fosas exteriores.

No se utiliza cama de paja ni ningún otro tipo de cama.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación son los siguientes:

- Capacidad: 4.500 plazas.
- Capacidad nominal en UGM: 540 UGMs.
- Producción anual máxima esperada: 9.900 cerdos de 115 Kg (2,2 camadas).
- Peso de los lechones a la entrada: 20 Kg.
- Peso de los cerdos a la salida: 115 Kg.
- Ganancia media diaria: 633,34 gr.
- Días de vacío sanitario: 7-10 días.

### **Alimentación**

En la alimentación de los cerdos se utilizan dos tipos de piensos, todos ellos a base de cereales y soja, como es habitual para este tipo de ganado:

- Un tipo de pienso para el período que va entre la entrada de los lechones en la explotación (19 Kg) hasta que estos alcanzan los 70 Kg.
- Un pienso para el periodo que va entre que los cerdos tiene 70 Kg, hasta que se llevan al sacrificio (con 115 Kg).

El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.

La forma de aporte de agua a los cerdos es *ad limitum*, es decir, no se realiza un ajuste manual del caudal del bebedero, sino que éste se ajusta al consumo del animal.

Por otro lado, teniendo en cuenta que se utilizan bebederos de tipo chupete y que se lleva un control de las posibles fugas, el consumo de agua se ve considerablemente reducido.

### **Gestión de residuos**

#### ***Gestión del purín***

Como se ve en la figura 32, el purín es recogido en las fosas exteriores, descritas en el apartado anterior. La capacidad total de almacenamiento de purines es de 4.480 m<sup>3</sup>, lo que supone una autonomía de almacenamiento muy superior a los 4 meses, según la producción anual estimada.



Figura 32: Situación de las fosas exteriores de purines en la granja Ursua Sobejano. (Fuente: SITNA).

La gestión de los purines es independiente para las dos naves ubicadas al sur del camino y las ubicadas al norte del camino.

La gestión de los purines es independiente para las dos naves ubicadas al sur del camino del polígono ganadero y las ubicadas al norte del camino.

De forma concreta:

- Capacidad de recogida de purines en las dos naves ubicadas al sur del camino:
  - a) 2.160 m<sup>3</sup> en las fosas interiores.
  - b) 441 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores (nº 1 en la figura 34).
  - c) 2.601 m<sup>3</sup> en total (fosas interiores y fosas exteriores).
  
- Capacidad de recogida de purines en la nave ubicada al norte del camino:
  - a) 1.080 m<sup>3</sup> en las fosas interiores.
  - b) 800 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores (nº 2 y nº 3 en la figura 34).
    1. Una de 21x7 m en planta (147 m<sup>2</sup>), de planta rectangular.
    2. Una de 21x6 m en planta (126 m<sup>2</sup>), de planta elíptica.
  - c) 1.880 m<sup>3</sup> en total (fosas interiores y fosas exteriores).

La capacidad total de recogida de purines en las naves ubicadas al norte y sur del camino es:

- 3.240 m<sup>3</sup> en las fosas interiores.
- 1.240 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- 4.480 m<sup>3</sup> en total (fosas interiores y fosas exteriores).
- Producción estimada de purines: 4.680 m<sup>3</sup>/año.



- Capacidad de almacenamiento superior a los 4 meses.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los purines cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas. En todo caso, nunca se dejan llenar del todo estas fosas, tanto las interiores como las exteriores, lo que quiere decir que la frecuencia de retirada de los purines nunca es superior a los cuatro meses. Esto se aplica tanto a las fosas interiores como a las exteriores.

En el “*Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato*” se describe el plan de gestión y reparto de purines actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

## **6.2.3 Explotación de vacuno de leche Juan Antonio Gainza**

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Sociedad Civil Cascales Lopez M. Fernández Gainza y otro.
- Domicilio social: Avda. Navarra, 19; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: G-31269160
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.625; Y= 4.686.358.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 560.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de vacuno de leche.

### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero (*véase figura 33*).

La explotación está dividida en dos partes; una de ellas situada al norte del camino del polígono ganadero, donde se encuentran las vacas en ordeño, los terneros y las novillas hasta los 8 meses de edad.

En el sur del camino del polígono ganadero, se encuentra la otra parte de la explotación donde se alojan las novillas desde los 8 meses hasta la edad adulta, las vacas inseminadas, preñadas y secas.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número aproximado de 200 cabezas de ganado, de las cuales 100 son vacas de ordeño (33-35 más en primavera), 15 son vacas secas y entre 70 y 80 son novillas (0-24 meses).

La sala de ordeño se encuentra ubicada al lado de la zona donde se alojan las vacas en ordeño y es del tipo espina de pescado 6x2 y se estima una producción de 8000 litros por vaca y año.



*Figura 33: Vista general de la explotación de porcino J. A. Gainza. (Fuente: SITNA).*

La explotación se dedica a la producción de leche de vacas de la raza frisona y posterior comercialización. También se ocupan de la cría de vacas para su propia reposición mediante inseminación artificial. Actualmente cuenta con un total de 200 animales pero este valor no es fijo y puede ir variando. En estos momentos cuentan con 100 vacas en ordeño, 15 vacas secas, y 75 novillas de 0-24 meses.

La zona situada al norte del camino se halla estructurada de la siguiente forma, la cual se puede ver en la siguiente figura 34:



Figura 34: Distribución al lado norte del camino en la granja J.A. Gainza. (Fuente: SITNA).

La zona situada al sur del camino se halla dividida de la siguiente forma, la cual se puede ver en la siguiente figura 35:



Figura 35: Distribución en lado sur del camino en la granja J.A. Gainza. (Fuente: SITNA).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 23.400 m<sup>2</sup>, divididos en dos parcelas.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 1.955 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por los corrales del ganado: 12.400 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la sala de ordeño: 30 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las fosas de estiércoles: 140 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por el almacén de maquinaria: 80 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la caseta de oficina y servicios: 40 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente delimitada y protegida con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

La explotación posee tres fosas exteriores de estiércoles y purines, cuyas características de describen a continuación:

- 1) Una de 10x5 m en planta (50 m<sup>2</sup>), de planta rectangular y contigua al patio de hormigón de la zona este del corral de las vacas de ordeño.
- 2) Una de 8x5 m en planta (40 m<sup>2</sup>), de planta rectangular y que se ubica justo al norte del pesebre.
- 3) Una de 10x5 m en planta (50 m<sup>2</sup>) de forma rectangular y situada al extremo norte del corral, contigua al pesebre.

Dos de ellas están ubicadas en la parte de la explotación situada al norte del camino y la otra al sur.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica a la producción de leche y su posterior comercialización.

La inseminación es de forma artificial, de tal forma que una vez que nacen los terneros, si son machos son vendidos a los 15-20 días de nacer a una cooperativa para cebarlos y la totalidad de hembras que nacen se quedan en la explotación como reposición.

Desde su nacimiento hasta los dos meses, las terneras están amamantando la leche materna.

Las dos primeras semanas están junto a la madre, pero de las dos semanas a los dos meses son trasladadas a corrales individuales con iglú, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

Desde los dos meses hasta que llegan a edad adulta son agrupadas en distintos corrales:

- Corral de 2 a 4 ó 5 meses.
- Corral de 5 a 8 meses.
- Corral de 8 a 10 meses.
- Corral de 10 a 12 ó 13 meses.

- Corral de inseminación.
- Corral de preñadas y vacas secas.

Una vez que paren son trasladadas al corral de las vacas de ordeño donde son separadas en dos lotes, por un lado el lote de alta producción y por otro el de baja producción. Una vez que dejan de producir leche son llevadas al corral de vacas secas hasta que se vuelven a inseminar.

Cabe hacer un comentario relacionado con los piensos de alimentación ya que estos son aportados por una cooperativa, de tal forma que el ganadero no ejerce control sobre sus características. Conoce su composición, pero no puede decidir sobre ella.

El suministro de energía eléctrica y el abastecimiento de agua se realizan mediante conexión a las redes eléctricas generales del polígono ganadero.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

Se utiliza cama de paja en el interior de las naves y en los corrales de las terneras hasta los 10 meses de edad. A partir de ahí, en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usado como zona de descanso.

La eliminación de los residuos (purines, restos de medicamentos y productos de limpieza, cadáveres de animales, envases, etc.), se describe en los capítulos correspondientes.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 200 plazas (puede variar de un año a otro)
- Capacidad nominal en UGM: 157 UGMs.
- Producción anual de leche máxima esperada: 8.000 litros por vaca y año.
- Peso medio de las novillas a los 12 meses: 325 Kg.
- Peso medio de las novillas y vacas a partir de los 26 meses: 600 Kg.

### **Alimentación**

En la alimentación de los animales se utilizan cuatro tipos de piensos, como se puede ver a continuación:

- 0- 4 meses: leche materna y a las dos semanas se empieza a suministrar un pienso de destete, con poca proteína y leche en polvo.
- 4- 12 meses: Pienso especial con alfalfa.
- 12-24 meses y vacas secas: Otro tipo de pienso.
- Ordeño: Pienso, ración equilibrada.

En este el caso de esta explotación los piensos son mezclados con forraje de paja. El pienso y el forraje se mezclan en el unifit y se distribuye en el pesebre correspondiente que hay

en los corrales de las novillas y vacas adultas. Mientras que a las terneras hasta que alcanzan los 8 meses de edad se les suministra el alimento en tolvas galvanizadas.

El pienso es proporcionado por una cooperativa, de forma que el ganadero no puede elegir ni decidir sobre su composición. El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.

**Gestión de residuos**

***Gestión del estiércol***

El estiércol generado en cada corral es almacenado en las fosas descritas anteriormente. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo.

Las tres fosas externas que se pueden ver en la figura 36, tienen una capacidad de 100, 80 y 100 m<sup>3</sup> respectivamente, es decir, una capacidad total de almacenamiento exterior de 280 m<sup>3</sup>.



*Figura 36: Situación de las fosas exteriores de estiércol en la granja J.A. Gainza. (Fuente: SITNA).*

La gestión de los estiércoles es independiente para los corrales ubicados al sur del camino del polígono ganadero y los ubicados al norte del camino.

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta:

- Capacidad de recogida de estiércol en los corrales ubicados al sur del camino: 180 m<sup>3</sup>.
- Capacidad de recogida de estiércol en los corrales ubicados al norte del camino: 100 m<sup>3</sup>.

Como la capacidad total de estas fosas no es suficiente como para mantener almacenados los residuos que se van generando durante mucho tiempo, lo que se hace es, esperar un corto periodo de tiempo para que pierdan parte de su humedad y de ahí parte son vertidos en los cultivos (si son necesarios en ese momento) y otra parte van al estercolero (explanada de hormigón situada al norte de la explotación) para su compostaje donde permanecen un periodo largo de tiempo y transcurrido ese periodo de tiempo se utilizará como abono para los cultivos y también para cama del ganado en los patios exteriores.

Resumiendo, la capacidad total de recogida de purines en las naves ubicadas al norte y sur del camino es:

- 280 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- Producción estimada de purines: 2.925 m<sup>3</sup>/año.
- Capacidad de almacenamiento de un mes aproximadamente.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los purines cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas. En todo caso, nunca se dejan llenar del todo estas fosas, tanto las interiores como las exteriores, lo que quiere decir que la frecuencia de retirada de los purines nunca es superior a los cuatro meses. Esto se aplica tanto a las fosas interiores como a las exteriores.

En el “Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato” se describe el plan de gestión y reparto de estiércol y aguas de lechería de actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

## **6.2.4 Explotación de vacuno de leche S.A.T. Zabal-Cirauqui.**

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: S.A.T. N° 667 Na Zabal Cirauqui
- Domicilio social: Avda. Navarra, 9; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: F-31812589
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.672; Y= 4.686.191.
- Referencia catastral: Polígono 4; Parcelas 575 y 607.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de vacuno de leche y nave de fabricación de productos lácteos.

### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

La explotación está situada al sur del camino del polígono ganadero, donde se la ubica la totalidad del ganado e instalaciones (*véase figura 37*).

La explotación, cuenta en su totalidad con un número aproximado de 160 cabezas de ganado, de las cuales 80 son vacas de ordeño, 20 son vacas secas y 60 son novillas (0-24 meses).

Los dos robots de ordeño se encuentran ubicados en el interior del corral donde se alojan las vacas en ordeño y se estima una producción de 8.000 litros por vaca y año.



*Figura 37: Vista general de la explotación de vacuno de leche S.A.T. Zabal-Cirauqui. (Fuente: SITNA).*

La explotación se dedica a la producción de leche de vacas de la raza frisona y posterior comercialización. También se ocupan de la cría de vacas para su propia reposición mediante monta natural. Actualmente cuenta con un total de 160 animales pero este valor no es fijo y puede ir variando. En estos momentos cuentan con 100 vacas en ordeño, 15 vacas secas, y 75 novillas de 0-24 meses.



Dentro del mismo recinto de la granja, se encuentra ubicada una pequeña nave donde, a partir de la leche obtenida en la misma granja, se fabrican diferentes productos lácteos (quesos, yogures...) para la venta y consumo humano.

La granja se halla distribuida de la siguiente forma, la cual se puede ver en la siguiente figura 38:



Figura 38: Distribución en la granja S.A.T. Zabal-Cirauqui. (Fuente: SITNA).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 20.370 m<sup>2</sup>, divididos en dos parcelas.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 2.042 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las naves de elaboración productos lácteos: 300 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las fosas de estiércol y purines: 530 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por el almacén: 50 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica a la producción de leche y su posterior comercialización y uso propio en su industria de productos lácteos.

La reproducción es por monta natural, y una vez que nacen los terneros, si son machos son vendidos a los 15 días de nacer a una cooperativa para cebarlos y destinarlos al matadero y la totalidad de hembras que nacen se quedan en la explotación como reposición.

Desde su nacimiento hasta los dos meses, las terneras están amamantando la leche materna.

Las dos primeras semanas están junto a la madre, pero de las dos semanas a los dos meses son trasladadas a otro corral, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

Desde los dos meses hasta que llegan a edad adulta (primera cubrición) son agrupadas en distintos corrales:

- Corral de 2 a 4 ó 5 meses.
- Corral de 5 a 8 meses.
- Corral de 8 a 10 meses.
- Corral de 10 a 12 ó 13 meses.
- Corral de monta, vacas preñadas y vacas secas.

Una vez que paren son trasladadas al corral de las vacas de ordeño y cuando dejan de producir leche son llevadas al corral de vacas secas hasta para que sean montadas de nuevo.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

Se utiliza cama de paja en el interior de las naves y en los corrales de las terneras hasta los 10 meses de edad. A partir de ahí, en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usado como zona de descanso.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 160 plazas (puede variar de un año a otro)
- Capacidad nominal en UGM: 145 UGMs.
- Producción anual de leche máxima esperada: 8.000 litros por vaca y año.
- Peso medio de las novillas a los 12 meses: 325 Kg.
- Peso medio de las novillas y vacas a partir de los 26 meses: 600 Kg.

### **Alimentación**

En la alimentación de los animales se utilizan cuatro tipos de piensos, como se puede ver a continuación:

- 0- 4 meses: leche materna y a las dos semanas se empieza a suministrar un pienso de destete, con poca proteína y leche en polvo.
- 4- 12 meses: Pienso especial con alfalfa.
- 12-24 meses y vacas secas: Otro tipo de pienso.
- Ordeño: Pienso, ración equilibrada.

En este el caso de esta explotación los piensos son mezclados con forraje de paja. El pienso y el forraje se mezclan en el unifit y se distribuye en el pesebre correspondiente que hay en los corrales de las novillas y vacas adultas. Mientras que a las terneras hasta que alcanzan los 8 meses de edad se les suministra el alimento en tolvas galvanizadas.

El pienso es proporcionado por una cooperativa, de forma que el ganadero no puede elegir ni decidir sobre su composición. El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

**Gestión de residuos**

***Gestión del estiércol y purines***

El estiércol y purín generado en cada corral es almacenado en las fosas descritas anteriormente. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo.



*Figura 39: Situación de las fosas exteriores de purín (1) y estiércol (2,3)) en la granja S.A.T. Zabal-Cirauqui. (Fuente: SITNA).*

La explotación posee dos fosas exteriores de estiércoles y una de purines, cuyas características de describen a continuación:

- 1) Una de 13x5 m en planta (65 m<sup>2</sup>), de planta rectangular donde van a parar los purines producidos por las vacas de ordeño en la zona del pesebre y situada a l lado del corral de dichas vacas.

- 2) Una de 45x5 m en planta (225 m<sup>2</sup>), de planta rectangular para los estiércoles sólidos de la explotación situada enfrente del corral de las vacas de ordeño.
- 3) Una de 40x6 m en planta (240 m<sup>2</sup>), también de planta rectangular para los estiércoles sólidos de la explotación situada enfrente del corral de las vacas de ordeño.

La fosa de purines tiene una capacidad de 130 m<sup>3</sup>. Las dos fosas externas para estiércol, tienen una capacidad de 450, 480 m<sup>3</sup>, es decir, una capacidad total de almacenamiento exterior de 1.060 m<sup>3</sup>.

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad total de recogida de purines y estiércol en la granja es:

- 1.060 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- Producción estimada de purines y estiércol respectivamente: 2.925 m<sup>3</sup>/año.
- Capacidad de almacenamiento de más de 4 meses.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los purines y estiércol cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas.

En el “*Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato*” se describe el plan de gestión y reparto del estiércol, purines y aguas de lechería actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

## **6.2.5 Explotación de vacuno de carne Granja El Alto**

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Granja El Alto S.L.
- Domicilio social: C/ Olite, 4; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: B31907470
- Emplazamiento: Funes

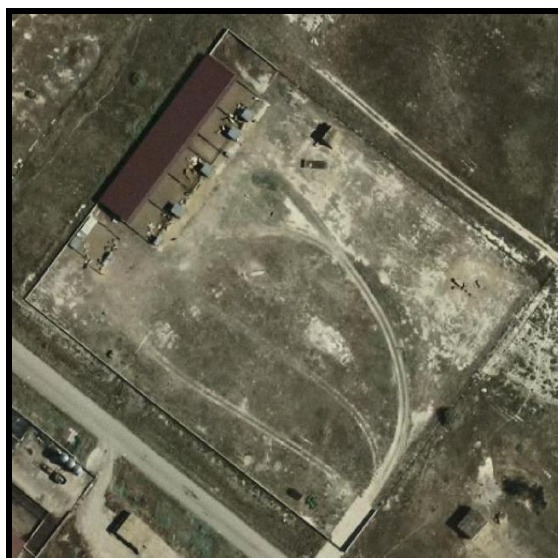
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X= 597.75; Y= 4.686.278.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 600.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas.
- Uso actual: Explotación ganadera de cebo de vacuno de carne

### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero (*véase figura 40*).

La explotación está situada al norte del camino del polígono ganadero, donde se ubica la totalidad del ganado e instalaciones.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número aproximado de 110 cabezas de ganado.



*Figura 40: Vista general de la explotación de vacuno de carne Granja El Alto. (Fuente: SITNA).*

La explotación se dedica al cebo de terneros de raza Pirenaica, Blondas y cruces para obtención de carne para el consumo humano. Actualmente cuenta con un total de 110 animales pero este valor no es fijo y puede ir variando.

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 12.700 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la nave ganadera: 132 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la fosa de estiércol: 180 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

La fosa exterior de estiércol es de planta rectangular (20 x 9 metros) y situada a un lado de la nave donde se ubican los terneros.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica al cebo de terneros de carne y su posterior comercialización.

La explotación cuenta con madres para la cría de terneros pero están ubicadas en otra explotación fuera del polígono ganadero de Funes, así que una vez que las crías son destetadas se trasladan a estos corrales. Los partos se producen al aire libre a lo largo de todo el año aunque se intentan evitar en verano.

Los 4 primeros meses están junto a la madre, pero a partir de ahí son trasladados a otro corral, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

Desde los cuatro meses hasta que llegan a la edad de sacrificio (11 meses) son agrupados en distintos corrales:

- Corral de 4 a 6 meses.
- Corral de 6 a 8 meses.
- Corral de 8 a 10 meses.
- Corral de 10 hasta sacrificio

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

Se utiliza cama de paja en el interior de las naves y en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usado como zona de descanso.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 110 plazas (puede variar de un año a otro)
- Capacidad nominal en UGM: 70 UGMs.
- Producción anual de terneros: 110 (en el polígono ganadero de Funes)
- Peso medio de los machos para el sacrificio: 330-350 kg.
- Peso medio de las hembras para el sacrificio: 260-280 kg (se sacrifican algo antes).

### **Alimentación**

El forraje que alimenta a todo nuestro ganado se produce íntegramente en nuestra explotación. Se trata principalmente de forraje de maíz, guisante henificado y alfalfa. También los piensos se fabrican en la propia explotación, lo que les permite controlar íntegramente lo que come el ganado.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

### **Gestión de residuos**

#### ***Gestión del estiércol***

El estiércol generado en cada corral es almacenado en la fosa descrita anteriormente. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo.

En la figura 41 se ve que a fosa de estiércol, la cual tiene una capacidad de 270 m<sup>3</sup>.



*Figura 41: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja El Alto. (Fuente: SITNA).*

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad total de recogida de purines y estiércol en las naves es:

- 270 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- Producción estimada de estiércol: 317 m<sup>3</sup>/año.
- Capacidad de almacenamiento de diez meses aproximadamente.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los estiércoles cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas. En todo caso, nunca se dejan llenar del todo estas fosas.

En el “*Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato*” se describe el plan de gestión y reparto del estiércol actual de esta explotación.

#### ***Otros residuos***

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

### **6.2.6 Explotación de vacuno de leche S.A.T. Agropecuaria Cirauqui**

#### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: S.A.T. Agropecuaria Cirauqui S.L.
- Domicilio social: C/ Parroquia; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: F-31683527
- Emplazamiento: Funes.
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.926; Y= 4.686.121.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 599.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de vacuno de leche.

#### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero (*véase figura 42*).

La explotación está situada al norte del camino del polígono ganadero, donde se la ubica la totalidad del ganado e instalaciones.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número aproximado de 240 cabezas de ganado, de las cuales 70 son vacas de ordeño, 25 son vacas secas, 60 son novillas (0-24 meses) y 85 son terneros macho que se ceban para su posterior comercialización al matadero para obtención de carne.

La sala de ordeño, tipo espina de pescado 8x2 y foso para las aguas de lechería, se encuentra ubicada junto al corral donde se alojan las vacas en ordeño y se estima una producción de 7.500 litros por vaca y año.





Figura 42: Vista general de la explotación de vacuno de leche S.A.T. Agropecuaria Cirauqui. (Fuente: SITNA).

La explotación se dedica a la producción de leche de vacas de la raza frisona y posterior comercialización además del cebo de los terneros macho hasta su venta para sacrificio (300-350 kg.). Se ocupan de la cría de vacas para su propia reposición mediante la reproducción por monta natural.

La granja se halla distribuida de la siguiente forma, la cual se puede ver en la siguiente figura 43:



Figura 43: Distribución general de la explotación S.A.T. Agropecuaria Cirauqui. (Fuente: SITNA).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 13.300 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 2.325 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la fosa de estiércol: 300 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

La explotación posee un pozo exterior para purines y una fosa de estiércol, cuyas características se describen a continuación:

- 1) Un pozo con capacidad de 7.000 m<sup>3</sup> para los purines que se recogen, mediante sistema de arrobadera en la zona del pesebre en el corral de las vacas secas y de ordeño.
- 2) Una fosa para estiércol de 30x10 m en planta (300 m<sup>2</sup>), de planta rectangular para los estiércoles sólidos de la explotación situada enfrente del corral de las vacas de ordeño.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica a la producción de leche y su posterior comercialización.

La reproducción es por monta natural, y una vez que nacen los terneros, si son machos son separados a otros corrales para cebarlos y destinarlos al matadero al año de edad aproximadamente y la totalidad de hembras que nacen se quedan en la explotación como reposición.

Desde su nacimiento hasta los dos meses, las terneras están amamantando la leche materna.

Las dos primeras semanas están junto a la madre, pero de las dos semanas a los dos meses son trasladadas a otro corral, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

Desde los dos meses hasta que llegan a edad adulta (primera cubrición) son agrupadas en distintos corrales:

- Corral de 2 a 4 ó 5 meses.
- Corral de 5 a 8 meses.
- Corral de 8 a 10 meses.
- Corral de 10 a 12 ó 13 meses.
- Corral de monta, vacas preñadas y vacas secas.

Una vez que paren son trasladadas al corral de las vacas de ordeño y cuando dejan de producir leche son llevadas al corral de vacas secas hasta para que sean montadas de nuevo.

Se utiliza cama de paja en el interior de las naves y en los corrales de las terneras hasta los 10 meses de edad. A partir de ahí, en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usado como zona de descanso.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 240 plazas (puede variar de un año a otro).
- Capacidad nominal en UGM: 165 UGMs.
- Producción anual de leche máxima esperada: 7.500 litros por vaca y año.
- Peso medio de las novillas a los 12 meses: 325 Kg.
- Peso medio de las novillas y vacas a partir de los 26 meses: 600 Kg.

### **Alimentación**

En la alimentación de los animales se utilizan cuatro tipos de piensos, como se puede ver a continuación:

- 0- 4 meses: leche materna y a las dos semanas se empieza a suministrar un pienso de destete, con poca proteína y leche en polvo.
- 4- 12 meses: Pienso especial con alfalfa.
- 12-24 meses y vacas secas: Otro tipo de pienso.
- Ordeño: Pienso, ración equilibrada.

En este el caso de esta explotación los piensos son mezclados con forraje de paja. El pienso y el forraje se mezclan en el unifit y se distribuye en el pesebre correspondiente que hay en los corrales de las novillas y vacas adultas. Mientras que a las terneras hasta que alcanzan los 8 meses de edad se les suministra el alimento en tolvas galvanizadas.

El pienso es proporcionado por una cooperativa, de forma que el ganadero no puede elegir ni decidir sobre su composición. El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

### **Gestión de residuos**

#### ***Gestión del estiércol***

El estiércol y purín generado en cada corral son almacenados en las fosas descritas anteriormente. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo y el purín mediante arrobadera.

La fosa de estiércol líquido y aguas de lechería tiene una capacidad de 7.000 m<sup>3</sup>. La fosa externa para estiércol, tiene una capacidad de 450 m<sup>3</sup>, es decir, una capacidad total de almacenamiento exterior de 7.450 m<sup>3</sup>.



*Figura 44: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja S.A.T. Agropecuaria Cirauqui. (Fuente: SITNA).*

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad total de recogida de purines y estiércol en las naves es:

- 7.450 m<sup>3</sup> en la fosa exterior de estiércol.
- 7.000 m<sup>3</sup> en la fosa de estiércol líquido y aguas de lechería.
- Producción estimada de purines y estiércol respectivamente: 2.999 m<sup>3</sup>/año.
- Capacidad de almacenamiento de más de 4 meses.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los purines y estiércol cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas.

En el “Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato” se describe el plan de gestión y reparto del estiércol y aguas de lechería actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

### **6.2.6 Explotación de vacuno de carne Ganados Txomin**

**Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Ganados Txomin S.L.
- Domicilio social: C/ Sangüesa, 4; CP: 31003-Pamplona.
- C.I.F: B-31670557
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X= 597.881; Y= 4.686.029.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 604.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas.
- Uso actual: Explotación ganadera de cría y cebo de vacuno de carne.

**Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

La explotación está situada al sur del camino del polígono ganadero, donde se ubica la totalidad del ganado e instalaciones.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número de 175 cabezas de ganado en la actualidad.



*Figura 45: Vista general de la explotación de vacuno de carne Ganados Txomin. (Fuente: SITNA).*

La explotación se dedica a la cría y cebo de terneros de raza Pirenaica para su sacrificio y obtención de carne para el consumo humano. Actualmente cuenta con un total de 175 animales pero este valor no es fijo y puede ir variando.

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada por parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 8.800 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la nave ganadera: 1.600 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la fosa de estiércol: 175 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

La fosa exterior de estiércol es de planta rectangular (18,5 x 9,5 metros) y situada a un lado de la nave donde se ubican los terneros.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica a la cría y cebo de terneros de carne para su sacrificio y obtención de carne.

La explotación cuenta con madres para la cría de terneros, así que una vez que las crías son destetadas se trasladan a los corrales donde serán alimentadas hasta alcanzar la edad de sacrificio. Los partos se producen al aire libre a lo largo de todo el año aunque se intentan evitar en verano. El 10% de las hembras nacidas son utilizadas para la reposición de las madres.

Los 5-6 primeros meses están junto a la madre, pero a partir de ahí son trasladados a otro corral, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

A partir de los 6-7 meses se separan machos y hembras en distintos corrales y son alimentados con pienso hasta que alcanzan el peso adecuado para ser sacrificados. En machos es unos 330-350 kg. y en hembras 260-280 kg (se sacrifican un mes antes).

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

Se utiliza cama de paja en el interior de las nave y en los patios exteriores son se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usados como zona de descanso.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 175 plazas (puede variar de un año a otro)
- Capacidad nominal en UGM: 130 UGMs.

- Producción anual de terneros: 75
- Peso medio de los machos para el sacrificio: 330-350 kg.
- Peso medio de las hembras para el sacrificio: 260-280 kg (se sacrifican un mes antes).

### **Alimentación**

El pienso de cebo para los terneros está compuesto por maíz, cebada, harina de soja, aceite de palma, carbonato cálcico y cloruro sódico (proteína bruta 13,5%, cenizas brutas 4,8%, fibra bruta 4,4% y aceite y grasas 4,4%).

El pienso destinado a la alimentación de las madres se trata de un pienso de mantenimiento de parecido al que consumen los terneros pero con un menor porcentaje de proteína (8%).

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

### **Gestión de residuos**

#### ***Gestión del estiércol***

El estiércol generado es almacenado en una fosa exterior con una capacidad 263 m<sup>3</sup>. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo.



*Figura 46: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja Ganados Txomin.  
(Fuente: SITNA).*

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad total de recogida de purines y estiércol en las naves es:

- 263 m<sup>3</sup> en la fosa exterior.
- Producción estimada de estiércol: 647,5 m<sup>3</sup>/año.

- Capacidad de almacenamiento es de más de 4 meses.

La frecuencia de retirada es de una vez al año, se retiran los estiércoles cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas y son vertidos con un carro esparcidor. En todo caso, nunca se dejan llenar del todo estas fosas.

En el “*Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato*” se describe el plan de gestión y reparto del estiércol actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1774/2002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra



## Capítulo 7:

# INVENTARIO DE RESIDUOS GANADEROS Y SUBPRODUCTOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

### 7.1 CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS GANADEROS

Este capítulo va a consistir en la cuantificación de los residuos que se generan en explotaciones que forman parte del polígono ganadero de Funes y los cuales van a ser usados en la planta de biogás.

En una granja se producen varios tipos de residuos, pero para este estudio los que en realidad toman mayor importancia son los estiércoles y purines generados, ya que van a ser prácticamente el verdadero sustrato de la digestión anaerobia para la obtención de biogás. También se van a tener en cuenta, y por lo tanto cuantificar, las aguas de lechería obtenidas en las salas de ordeño de las explotaciones de vacuno lechero.

Para ello, lo que se hace es un recuento de residuos de cada explotación ganadera y posteriormente se hará una cuantificación total. Esto ayudará a la hora de realizar el cálculo para el dimensionamiento del digestor y por otro lado marcará la cantidad de biogás obtenido y en consecuencia, la energía eléctrica y térmica que se dispondrá para su posterior uso.

Para la cuantificación de los residuos ganaderos de las granjas se disponen de los documentos de Planes de Gestión de Residuos, pero se considera más apropiado utilizar un programa de cálculo elaborado por INTIA S.A. y el cual se puede encontrar en su página web ([www.intiasa.es](http://www.intiasa.es)), ya que en él se tienen en cuenta ciertos criterios y parámetros que permiten obtener una estimación en cantidad y composición más precisa de los residuos generados para cada tipo de explotación teniendo en cuenta, además, otras características de la explotación referentes a las instalaciones, alimentación o manejo del ganado.

En este capítulo se muestran básicamente las tablas con los resultados obtenidos en la totalidad de las explotaciones del polígono ganadero de Funes, pero se puede ver con mayor detalle el procedimiento para su obtención en el “Anexo VI: Metodología para la cuantificación y composición de los residuos ganaderos de las explotaciones”

La producción de residuos en el conjunto de explotaciones es bastante regular a lo largo del año. Se observa un ligero descenso en la producción de estiércoles durante el periodo comprendido entre abril y septiembre (ambos inclusive), pero no resulta una cantidad significativa que afecte al dimensionamiento y diseño de la planta.

De la misma forma que la producción de residuos por especie también es regular. Este hecho es importante, ya que las bacterias productoras de metano no admiten cambios bruscos en la composición de la mezcla.

A continuación se muestran las siguientes tablas 33 y 34, en las cuales se observan las producciones de residuos generados:

Explotación	Porcino cebo		Vacuno leche									Vacuno carne		Total mes (m <sup>3</sup> )
	Porcino Díaz Terés	Porcino Ursua Sobejano	Vacuno leche J. A. Gainza			Vacuno leche SAT Zabal			Vacuno SAT Cirauqui			Vacuno carne El Alto	Vacuno carne Txomin	
Residuos	Purines m <sup>3</sup>	Purines m <sup>3</sup>	Purines m <sup>3</sup>	Estiércol m <sup>3</sup>	Agua lechería m <sup>3</sup>	Purines m <sup>3</sup>	Estiércol m <sup>3</sup>	Agua lechería m <sup>3</sup>	Purines m <sup>3</sup>	Estiércol m <sup>3</sup>	Agua lechería m <sup>3</sup>	Estiércol m <sup>3</sup>	Estiércol m <sup>3</sup>	
Enero	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	85,0	1.504,0
Febrero	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	85,0	1.504,0
Marzo	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	85,0	1.504,0
Abril	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	22,9	1.441,9
Mayo	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	22,9	1.441,9
Junio	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	22,9	1.441,9
Julio	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	22,9	1.441,9
Agosto	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	22,9	1.441,9
Septiembre	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	22,9	1.441,9
Octubre	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	85,0	1.504,0
Noviembre	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	85,0	1.504,0
Diciembre	269,5	390,0	0,0	209,8	34,0	100,0	109,4	30,0	0,0	205,9	44,0	26,4	85,0	1.504,0
Total explota.	3.234,0	4.680,0	0,0	2.517,0	408,0	1.200,0	1.313,0	360,0	0,0	2.471,0	528,0	317,0	647,5	Total anual:
	3.234,0	4.680,0	2.925,0			2.873,0			2.999,0			317,0	647,5	
Total tipo explot.	7.914,0		8.797,0									964,5		17.676

Tabla 33: Resumen de producción mensual y anual de residuos según su tipología y por explotaciones.

Meses	Cebo porcino	Vacuno leche			Vacuno carne	Total mes m <sup>3</sup>
	Purín de cerdo m <sup>3</sup>	Purín de vacuno de leche m <sup>3</sup>	Estiércol vacuno leche m <sup>3</sup>	Agua de lechería m <sup>3</sup>	Estiércol vacuno carne m <sup>3</sup>	
Enero	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Febrero	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Marzo	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Abril	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Mayo	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Junio	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Julio	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Agosto	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Septiembre	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Octubre	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Noviembre	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Diciembre	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
<b>Total m<sup>3</sup></b>	<b>7.914,0</b>	<b>1.200,0</b>	<b>6.301,0</b>	<b>1.296,0</b>	<b>964,5</b>	<b>17.675,5</b>

Tabla 34: Cantidad de residuos generada mensualmente y anual según la tipología del residuo y por especie animal.

## 7.2 EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y DIGESTATO

### 7.2.1 Estimación de la producción de biogás obtenido

Después de haber calculado la cantidad total de residuos que se van a generar, y por lo tanto se van a digerir anaerobiamente, se procede a estimar la producción de biogás utilizando los valores bibliográficos recogidos en el “Anexo VII: Tabla producción de biogás”.

Como se puede ver en la tabla 35, estos son los valores estimados de producción de biogás obtenidos a partir de los residuos generados en el polígono ganadero de Funes y su correspondiente riqueza en metano.

Residuo	Nm <sup>3</sup> Biogás/m <sup>3</sup> residuo	Metano CH <sub>4</sub> (%Vol.)
Purín de cerdo	35,0	60%
Purín bovino	25,0	
Estiércol bovino	50,0	

Tabla 35: Potencial de producción de biogás y contenido en metano según tipo de residuo.

Se ha procedido a calcular la cantidad total de biogás obtenida en la digestión anaerobia de nuestros residuos generados, y como consiguiente la cantidad de metano. En la siguiente tabla se muestran los valores calculados tanto mensualmente como anualmente (véase tabla 36).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total anual
<b>Purín de cerdo (m<sup>3</sup>)</b>	672,1	607,1	672,1	650,5	672,1	650,5	672,1	672,1	650,5	672,1	650,5	672,1	<b>7.914,0</b>
<b>Purín bovino (m<sup>3</sup>)</b>	212,0	191,5	212,0	205,2	212,0	205,2	212,0	212,0	205,2	212,0	205,2	212,0	<b>2.496,0</b>
<b>Estiércol bovino (m<sup>3</sup>)</b>	617,1	557,4	617,1	597,2	617,1	597,2	617,1	617,1	597,2	617,1	597,2	617,1	<b>7.265,5</b>
<b>Biogás generado (Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>60.738,3</b>	<b>54.860,4</b>	<b>60.738,3</b>	<b>58.779,0</b>	<b>60.738,3</b>	<b>58.779,0</b>	<b>60.738,3</b>	<b>60.738,3</b>	<b>58.779,0</b>	<b>60.738,3</b>	<b>58.779,0</b>	<b>60.738,3</b>	<b>715.145,0</b>
<b>Metano (Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>36.443,0</b>	<b>32.916,3</b>	<b>36.443,0</b>	<b>35.267,4</b>	<b>36.443,0</b>	<b>35.267,4</b>	<b>36.443,0</b>	<b>36.443,0</b>	<b>35.267,4</b>	<b>36.443,0</b>	<b>35.267,4</b>	<b>36.443,0</b>	<b>429.087,0</b>

Tabla 36: Cantidad de biogás y metano producidos mensualmente y al año.

### 7.2.2 Estimación de la producción de energía

Utilizar exclusivamente energía eléctrica supone un desaprovechamiento de los recursos, ya que en su generación se produce también energía térmica que puede ser utilizada. Por tanto el sistema más eficiente para aprovechar la energía producida en la combustión del biogás será un sistema de cogeneración y es el que se utilizará para estimar la producción de energía en la planta.

El sistema de cogeneración tiene como componente principal un motor, el cual será alimentado con biogás para posteriormente producir energía en forma eléctrica y de calor. Para escoger la potencia a instalar, primeramente se hace una estimación teórica a grosso modo para hacernos una idea y a partir de ahí escoger el motor adecuado y hecho esto, recalcular la cantidad de energía en base a las características reales de este.

Se propone una primera estimación con las siguientes características:

- 8.000 horas de funcionamiento
- 35% eficiencia eléctrica del motor.
- 50% eficiencia térmica del motor (aproximadamente 90°C).

El poder calorífico inferior del metano (PCI) es de aproximadamente 10.000 Kcal/m<sup>3</sup>, lo que equivale a 10 kWh (energía equivalente)/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, por lo que el aprovechamiento energético de una planta de cogeneración con los residuos disponibles sería el mostrado en la tabla 37:

<b>Estimación producción anual de energía a partir de la combustión del biogás</b>	
Producción de metano (Nm <sup>3</sup> /año)	429087,0
Energía equivalente (kWh/año)	4290870
<b>Sistema de cogeneración, rendimiento 85%</b>	
Energía eléctrica (eficiencia=37%) (kWh/año)	1587621,9
Energía térmica (eficiencia=48%) (kWh/año)	2059617,6
<b>Potencia suponiendo 8.000 horas de funcionamiento</b>	
Potencia eléctrica instalada (kWe)	<b>198,5</b>
Potencia térmica instalada (kWt)	<b>251,1</b>

Tabla 37: Estimación de la producción anual de energía térmica en el sistema de cogeneración.

Como se puede ver, la potencia eléctrica estimada es de aproximadamente de 200 kWe. El siguiente paso es escoger una marca comercial de módulos de cogeneración de biogás, que en nuestro caso será 2g-CENERGY®, acudir al catálogo y escoger el motor que posea la potencia más próxima a la estimada.

En este caso el modelo seleccionado es “CHP 2G A206 BG”, el cual tiene una potencia ligeramente superior a la estimada, 220 kWe (para conocer más detalles acudir al “Anexo IX: Catálogos de los elementos de la planta de biogás”).



Figura 47: Módulo de cogeneración “CHP 2G A206 BG”(Agenitor 206). (Fuente: [www.2g-cenergy.com](http://www.2g-cenergy.com)).

Finalmente se vuelve a recalcular la producción anual de energía pero con las características reales del motor escogido (véase tabla 38):

Producción anual de energía a partir de la combustión del biogás	
Producción de metano (Nm <sup>3</sup> /año)	429.087,0
Energía equivalente (kWh/año)	4.290.870
<b>Sistema de cogeneración, rendimiento 83,64%</b>	
Energía eléctrica (eficiencia=40,6%) (kWh/año)	1.742.093,2
Energía térmica (eficiencia=43,04%) (kWh/año)	1.846.790,5
<b>Potencia suponiendo 8.000 horas de funcionamiento</b>	
Potencia eléctrica instalada (kWe)	<b>217,8</b>
Potencia térmica instalada (kWt)	<b>230,9</b>

Tabla 38: Producción anual de energía térmica en el sistema de cogeneración.

Al hacer el nuevo cálculo, se ve que la potencia eléctrica obtenida es la adecuada, ya que es próxima a la potencia de 220 kWe del módulo pero no sobrepasa el valor.

### 7.2.3 Evaluación de la producción de digestato obtenido

Las cada vez más restrictivas normativas sobre residuos, contaminación atmosférica y evacuación de fangos, junto con la previsible escasez de vertederos disponibles, así como los nuevos conocimientos sobre valorización de los residuos de digestión, han acelerado el desarrollo del compostaje como una opción viable de gestión del fango, al convertirlo en un producto de fácil manipulación, almacenamiento y sin ningún riesgo de toxicidad o contaminación.

El residuo digerido o digestato, es un fluido del que se pueden separar dos fases: una líquida, fracción líquida, que puede emplearse como fertilizante líquido; y otra sólida, fracción

sólida, que puede compostarse, o como en este caso, utilizarse sin realizar ningún tipo de separación de fases.

El fango digerido supone un 96-98% del peso del influente, pero ya que las pérdidas de volumen son mínimas, se va a considerar que el influente es igual que el efluente.

**Composición del digestato**

En la figura 48 se puede observar como varían diferentes componentes antes y después de la digestión anaerobia:

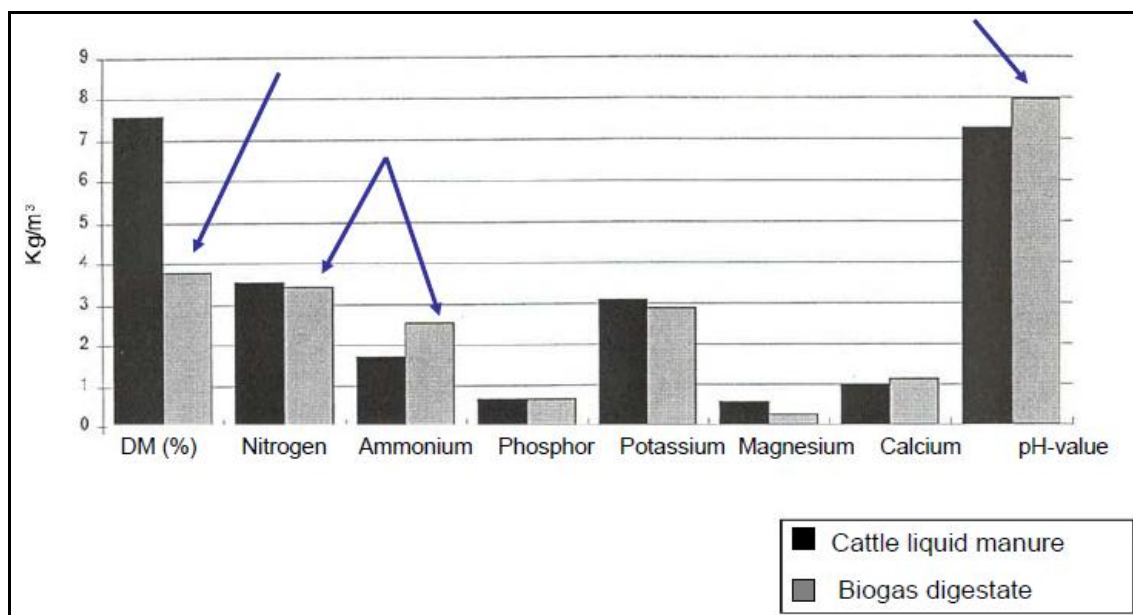


Figura 48: Cambios en la composición del digestato. (Fuente: www.ainia.com)

El digestato que se obtiene de la digestión anaerobia es un producto de composición más homogénea respecto a la mezcla con la que se alimentan los digestores, hay una reducción de olores desagradables, reducción de los ácidos grasos volátiles fitotóxicos, gran parte del nitrógeno orgánico se mineraliza siendo así más asimilable para las plantas, disminuye la materia orgánica debido a la degradación de esta y se mantiene la relación NPK del sustrato inicial.

Vistas las aclaraciones anteriores y partiendo de las composiciones mostradas en el “Apartado 6.1.4 Composición de estiércoles y purines en las explotaciones del polígono ganadero de Funes”, las tablas 39 y 40 son las obtenidas en relación al contenido total en nitrógeno, fósforo y potasio:



Anual	N (kg/m <sup>3</sup> )	P (kg/m <sup>3</sup> )	K (kg/m <sup>3</sup> )	Purín o estiércol (m <sup>3</sup> )	N total (kg)	P total (kg)	K total (kg)
Jesús Díaz Teres	7,38	2,05	5,28	3.234	23.866,92	6.629,70	17.075,52
Ursua Sobejano	4,51	5,82	3,48	4.680	21.106,80	27.237,60	16.286,40
J.Antonio Gainza	4,00	2,15	3,93	2.925	11.700,00	6.288,75	11.495,25
Zabal Cirauqui	3,56	1,91	3,43	2.873	10.227,88	5.487,43	9.854,39
Granja El Alto	6,89	4,87	5,42	317	2.184,13	1.543,79	1.718,14
Agrop. Cirauqui	3,71	2,32	3,45	2.999	11.126,29	6.957,68	10.346,55
Ganados Txomin	2,50	1,88	3,62	648	1.620,00	1.218,24	2.345,76
<b>Total</b>				<b>17.676</b>	<b>81.832,02</b>	<b>55.363,19</b>	<b>69.122,01</b>

Tabla 39: Contenido total en nutrientes de los estiércoles y purines.

	N (kg/m <sup>3</sup> )	P (kg/m <sup>3</sup> )	K (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Composición digestato</b>	<b>4,63</b>	<b>3,13</b>	<b>3,91</b>

Tabla 40: Composición global en nutrientes del digestato obtenido en la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.

Aparte de los nutrientes mostrados existen otros en menores cantidades, pero el contenido en N, P, y K es el más importante a la hora de planificar el reparto del fertilizante en los suelos de los cultivos, en concreto para este caso, vamos a basar los aportes teniendo en cuenta las necesidades de nitrógeno, ya que es considerado el nutriente más importante en el desarrollo de una planta. (“Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato”)

## Capítulo 8.

# PLANTA DE BIOGÁS EN POLÍGONO GANADERO DE FUNES: ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO

### 8.1 ESTUDIO TÉCNICO DE LA PLANTA DE BIOGÁS DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES

La planta de biogás del polígono ganadero de Funes representa una alta inversión y no debe ser construida como una unidad temporal. Fallos y baja eficiencia de una planta de biogás puede ocurrir por una mala planificación y también por mala operación.

En este apartado se va a mostrar un análisis detallado de la planta de biogás a implantar en el polígono ganadero de Funes con el objetivo de observar la factibilidad técnica y económica para la implementación de este tipo de sistemas de manejo de residuos orgánicos en esta zona.

Es decir, lo que se hará es describir de una manera precisa los elementos que constituyen dicha planta de biogás y por otro lado, hacer un dimensionamiento estimado de cada uno de ellos en el caso de que lo requieran.

Como todo diseño, las distintas opciones valoradas y la conveniente elección de cada elemento de la planta de biogás tienen que estar debidamente justificadas para aportar un valor de garantía y seguridad.

La planta de biogás a implantar en Funes sigue un esquema general al resto de las plantas instaladas en esta zona como se puede observar en el plano nº 2 ubicado en el “*Anexo XI: Planos*”.

La capacidad de la planta diseñada permite procesar un total de 17.676 m<sup>3</sup> de residuos anualmente, generando ese periodo 1.742.093 kWh de energía eléctrica y 1.846.790 kWh de energía térmica mediante un motor de cogeneración de 220 kW de potencia que utiliza como combustible el biogás generado en la planta diseñada.

En este diseño se incluye el dimensionamiento del tanque de alimentación, digestores, balsa final y sistema de tratamiento del biogás, entre otros elementos. Además se lleva a cabo un estudio económico el cual permite conocer la viabilidad del proyecto.

#### 8.1.1 Propuesta de diseño de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes

Con los análisis y cuantificación realizados de los residuos a tratar y en función de las estimaciones de producción de biogás obtenido se está en condiciones de realizar el primer boceto técnico de la posible planta.

En este primer boceto técnico se acentúan las características más relevantes que deberán considerarse en el diseño de la planta.

En general todo el diseño de la planta se debe realizar para que, en condiciones de almacenamiento seguro, se minimice el espacio utilizado, el impacto ambiental de la instalación y el transporte del productos (digeridos o no) dentro de la misma.

**Breve descripción**

- Planta para el tratamiento de los estiércoles, purines y aguas de lechería producidos en las explotaciones ganaderas situadas en el polígono ganadero de Funes mediante digestión anaerobia que permitirá la obtención de biogás para producir electricidad, energía térmica y un digestato que podrá ser valorizado agrónomicamente (véase tabla 41).
- Se ubicará en las parcelas 585 y 586, del polígono ganadero de Funes, ocupando una superficie total de 17.500 m<sup>2</sup>. Las Coordenadas (UTM) son: X = 597.361; Y = 4.686.560.
- La potencia total instalada en el módulo de cogeneración será 220 kW.
- Se diseña para trabajar 8.000 horas al año con la siguiente generación de energía

Energía	kW/año producidos	kW/año autoconsumo
<b>Electricidad</b>	1.742.092,8	69.683,7
<b>Calor</b>	1.846.790,4	369.358,1

Tabla 41: Generación de energía en la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.

**Edificaciones, recintos, instalaciones y equipos más relevantes**

- Oficina de control y vestuarios, con superficie en planta de 30 m<sup>2</sup>.
- Zona de recepción con báscula para control de peso de materias primas.
- Tanque de alimentación de residuos cilíndrico con una capacidad de 410 m<sup>3</sup>, de 13,20 metros de diámetro y 3 metros de altura, equipado con 2 agitadores horizontales.
- Un digestor primario cilíndricos de 1.750 m<sup>3</sup>, de 20 metros de diámetro y 6 metros de altura para primera fase, equipados con 2 agitadores horizontales.
- Un digestor secundario cilíndrico de 2.350 m<sup>3</sup>, de 22,5 metros de diámetro y 6 metros de altura para segunda fase, equipados con 2 agitadores horizontales.
- Un módulo prefabricado para alojar el motor de cogeneración de 220 kW.
- Centro de transformación de 380 V a 13.200 V.
- Balsa final rectangular para el almacenamiento del digestato con capacidad de 6.930 m<sup>3</sup> y unas dimensiones de 50 x 35 x 4 metros.

**Materias tratadas en la planta de biogás**

La tabla resumen 42 muestra la cantidad de residuos que son procesados en la planta de biogás del polígono ganadero de Funes:

Meses	Cebo porcino	Vacuno leche			Vacuno carne	Total mes m <sup>3</sup>
	Purín de cerdo	Purín de vacuno de leche	Estiércol vacuno leche	Agua de lechería	Estiércol vacuno carne	
Enero	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Febrero	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Marzo	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Abril	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Mayo	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Junio	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Julio	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Agosto	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Septiembre	659,5	100,0	525,1	108,0	49,3	1.441,9
Octubre	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Noviembre	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
Diciembre	659,5	100,0	525,1	108,0	111,4	1.504,0
<b>Total m<sup>3</sup></b>	<b>7.914,0</b>	<b>1.200,0</b>	<b>6.301,0</b>	<b>1.296,0</b>	<b>964,5</b>	<b>17.675,5</b>

Tabla 42: Resumen de residuos de entrada a la planta de biogás del polígono ganadero de Funes

**Productos obtenidos**

La cantidad y destino de los productos obtenidos de la digestión anaerobia se indican en la tabla 43:

- El digestato que se utilizará como fertilizante en parcelas de cultivo.
- El biogás que será aprovechado para generar electricidad. Se estima un caudal de biogás producido de 1.960 m<sup>3</sup>/día (60% de metano)

Productos	Cantidad	Destino
Digestato	17.675,5 m <sup>3</sup> /año	Fertilización parcelas de cultivo
Biogás	1.960 m <sup>3</sup> /día	Cogeneración eléctrica

Tabla 43: Cantidad y destino de los productos obtenidos en la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.

**Descripción del proceso de la planta de biogás**

- La materia prima de las granjas llegan en cisternas o camiones-pala según su contenido en humedad (semi-sólidos o líquidos).
- Todos los materiales serán pesados en la báscula y posteriormente vertidos al tanque de alimentación para su cribado y mezclado.
- Digestión anaeróbica:

- a) Permanencia en el digestor primario 30 días a una temperatura de digestión de 35°C, donde se realizan las tres primeras fases de la fermentación anaerobia.
- b) Permanencia en el digestor secundario en 40 días a una temperatura de digestión 40°C. Se realiza la última fase de metanización. Riqueza en metano del gas próxima 60 %.
- Purificación del gas: desulfurización mediante oxigenación.
- El gas se enfría y seca antes de llegar a los motores de cogeneración.
- Generación de electricidad. Un motor de cogeneración.
- Transformación electricidad: a alta tensión.
- Almacenamiento y gestión digestato. El producto digerido se usa para la fertilización de las parcelas.

### **Tecnología de la digestión anaerobia**

- Reactores de mezcla completa, digestión mesofílica.
- Reactor primario equipado con 2 agitadores horizontales, y el secundario equipado con 3 agitadores horizontales.
- Reactores cilíndricos de hormigón armado, con chapa exterior de aluminio prelavada y lámina de aislamiento de poliestireno (PS), y sistema de calefacción en paredes mediante tubos de polietileno (PE).
- El tanque de almacenamiento de digestato no está aislado, ni calefactado.
- Cubierta presostática para almacenamiento del biogás, compuesta de 2 láminas superpuestas. La inferior es impermeable al gas y la superior resistente a la intemperie.
- Desulfurización para eliminar el gas sulfhídrico del biogás mediante sistema de aireación (fijación de oxígeno).
- El gas se enfría y seca antes de llegar a los motores.

### **Motor de cogeneración**

- Las características principales del motor que se instalará son:
  - a) Potencia total, 220 kW<sub>e</sub>, y potencia térmica aprovechable, 231 kW<sub>t</sub>.
  - b) Agua refrigeración: temperatura salida 90°C, temperatura retorno 70°C.
  - c) Gases de escape, temperatura 457°C
- Se recupera el calor producido en las camisas del motor y en los gases de escape.
- El circuito primario de refrigeración de las camisas utiliza agua con un 30% de anticorrosivo y anticongelante (glicol), que se renueva cada 8.000 horas o 2 años, gestionándola como residuo.
- El aprovechamiento del calor se realiza a través de un sistema de calefacción que consiste en una serie de tubos de PE colocados en el interior de la pared de hormigón y calor para la venta a las explotaciones ganaderas de porcino y vacuno de leche.
- Se instalará un aerotermo de emergencia para disipar el calor en el caso de que el aprovechamiento en las instalaciones no sea suficiente.

### **8.1.2 Descripción y dimensionamiento de la planta de biogás del polígono ganadero de Funes**

La planta de biogás se compone básicamente de los siguientes elementos y que a continuación son descritos detalladamente (*véase Anexo XI: Planos*):

- Zona de recepción y tanque de alimentación.
- Digestores primario y secundario.
- Almacenamiento biogás.
- Tuberías captación biogás.
- Antorcha
- Sistemas purificación biogás.
- Balsa final de almacenamiento.
- Sala de máquinas.
- Otros elementos.

#### **Zona de recepción y tanque del alimentación**

##### ***Descripción***

Los desechos procedentes de las granjas serán transportados desde las explotaciones ganaderas hasta la zona de recepción de la planta de biogás en camiones o cisternas dependiendo de la consistencia del residuo (estiércol, purines y/o aguas de lechería). Los residuos serán vertidos diariamente en el tanque de alimentación, el cual estará provisto con una reja de desbaste en la parte superior para eliminar los elementos extraños de tamaño más grosero que puedan interferir en el proceso de la homogeneización y posterior fermentación.

El foso primario está ubicado junto a la zona de recepción. Es un tanque de hormigón armado. El enlucido interior es de tipo pileta, liso y paredes interiores pintadas con preparado antihongos.

Su forma es circular en cuyo interior hay dos mezcladores sumergibles cuya misión será homogeneizar la mezcla poco tiempo después de que se vierta materia al interior y antes de que se bombee mezcla al digestor primario. Cada agitación tendrá un periodo de 10 minutos.

Se va a construir sobre el nivel del suelo, de esta manera será más fácil el bombeo del materia al interior del primer digestor. Se colocarán unas tuberías para descarga de arenas o material extraño que se deposite en el fondo.

##### ***Dimensionamiento***

El foso primario va a recibir diariamente una cantidad de 48,42 m<sup>3</sup>/día. Pero para evitar dificultades en la recogida en caso de un posible defecto y/o parada de la planta, el foso primario está construido con una capacidad para siete días y por motivos de seguridad se ha sobredimensionado un 20%. De este modo puede servir de depósito intermedio durante un prolongado periodo. El tiempo de almacenamiento en funcionamiento normal no superará un

día, evitando así que comiencen procesos de metanización incontrolados, con la consiguiente pérdida de biogás y generación de malos olores.

El tamaño del foso primario se ha estimado en un volumen de 410 m<sup>3</sup>. Y sus dimensiones serán de 3 metros de altura y un diámetro de 13,20 metros.

Dispondrá en su interior de dos agitadores sumergibles laterales de la marca Landia® modelo POP-1 a 300 r.p.m (revoluciones por minuto). Cada uno de ellos tiene una potencia de 4 kW, y están accionados en cada caso por un motor trifásico en corriente alterna, de 50 Hz y un voltaje de 400 V. Para más información consultar la ficha técnica en el “Anexo IX: Catálogos de elementos de la planta de biogás” y ver figura 49:



*Figura 49: Agitador Landia® modelo POP-1. (Fuente: www.landia.com)*

**Sistema de alimentación tanque inicial-digestor primario**

Desde el foso primario una bomba transporta los desechos orgánicos ya homogeneizados al primer biodigestor.

Este sistema de alimentación está totalmente automatizado y programado para que cada 6 horas se bombee desde el foso primario hasta el digestor una cantidad de 12,11 m<sup>3</sup> de materia. La operación se lleva a cabo en un tiempo total de diez minutos.

Para la elección de la potencia de la bomba se ha tenido en cuenta el caudal y las pérdidas de presión. Estas últimas han sido estimadas ya que la materia a bombear contiene materia seca y el comportamiento del flujo es totalmente diferente al agua y por lo tanto son datos que solo se pueden calcular experimentalmente.

Así, el traspaso de residuos se lleva a cabo mediante la acción de una bomba sumergible de la marca Landia® y modelo DG-1 65H de alta presión de 7,5 KW de potencia cuyo motor tiene las siguientes características: 3x380-415 V 50 Hz, 3.000 r.p.m. Para más información consultar la ficha técnica que está incluida en el “Anexo IX: Catálogos de elementos de la planta de biogás” y ver figura 50.



Figura 50: Motor Landia® modelo DG-1 65H alta presión. (Fuente: [www.landia.com](http://www.landia.com))

## Digestores

### *Elección de la tecnología a utilizar*

La proliferación de estudios ha dado lugar a la construcción de diversas plantas a escala piloto y de demostración, desarrollándose diferentes sistemas tecnológicos.

En nuestro caso particular, se ha intentado adaptar el diseño a las tecnologías más empleadas en nuestra zona.

### *Tipo de biodigestores*

Por las características de la materia a digerir se trata de una **digestión húmeda**, por lo que este va a ser el primer condicionante a la hora de elegir el tipo de biodigestor a utilizar.

Para la elección del reactor se ha realizado un estudio que podemos encontrar en el “Anexo VIII: Estudio para la elección del tipo de biodigestor”, en el cual se realiza un análisis multicriterio en el que se estudian varias alternativas diferentes comparándose diversos tipos de digestores anaerobios y de esta manera elegir la opción más adecuada.

Al realizar dicho estudio, se obtiene como resultado final que el tipo de digestor más idóneo para la planta de biogás ubicada en el polígono ganadero de Funes es el de **mezcla total**.

### *Materiales y forma*

Los dos digestores van ser construidos con **forma circular** para facilitar la agitación y serán de **hormigón armado** ya que es un material muy resistente y de alta durabilidad. El cual será revestido con una capa de acero por el exterior como protección adicional.

El hormigón armado a utilizar tendrá una resistencia será de  $300 \text{ kg/cm}^2$  y se mantendrá una protección de 50 mm de los hierros (armaduras) de construcción en el lado húmedo para evitar la corrosión del material.

El enlucido de las paredes se realizará uniformemente sin que se produzcan áreas con enlucidos con espesores menores de 10 mm. Se deben mantener las especificaciones del hormigón y el enlucido para evitar fugas de biogás y agrietamiento o fisuras de las paredes.



El hormigón utilizado será de plasticidad moderada (no más de 12 cm) y rociará la superficie con líquido de curado durante tres días.

En la zona superior de las paredes de los digestores, se dejará una franja de 1 metro de ancho sobre el nivel máximo de llenado de materia, y en la parte inferior de la losa de cubierta se aplicará compuesto epóxico tipo Emaco P22 y MASTERSEAL® 435 (recubrimiento epoxi/bituminoso con resistencia química) de Degussa para la protección del acero contra la oxidación y del hormigón.

Para sellar las juntas entre la losa y las paredes de los tanques se aplica una junta tipo Maxterflex 200 tipo JC de Degussa. La losa de cubierta y la de cimentación será construida con juntas de contracción-expansión y de estanqueidad respectivamente.

Las juntas de estanqueidad de caucho serán duraderas, flexibles y elásticas, con capacidad de recuperar grandes dilataciones (propiedades garantizadas para temperaturas comprendidas entre -5 °C y 45 °C). El relleno de las juntas se realizará con un sello asfáltico DynaFLEX 88.

Los cruces de tuberías se instalarán antes de fundir el hormigón y para los pasos de tubo se realizarán los respectivos pasos de tubería que sellan el agujero para no permitir filtraciones de materia o biogás.

Para evitar pérdidas de calor en los digestores se aislarán estos con materiales aislantes, lana de vidrio.

#### *Etapas del proceso y modo de operación*

La planta de biogás del polígono ganadero de Funes va a constar de **dos biodigestores en serie**, de tal forma que en el primero se van a realizar las tres primeras etapas de la fermentación anaerobia: hidrolítica, acidogénica y acetogénica ya que requieren un tiempo de retención menor que la última fase o metanogénesis, la cual se realizara en un segundo biodigestor con un tiempo de retención mayor.

Así, se consigue una mayor estabilidad y, por lo tanto, obtención de biogás debido a que se han adaptado los parámetros y condiciones “idóneas” de manera más precisa en cada biodigestor según la fase que se desarrolle en su interior.

En cuanto al modo de operación, se va a optar por el modo **semi-continuo**, es decir cada 6 horas unas bombas transportaran de manera automatizada una determinada cantidad de materia entre los diferentes tanques y digestores. Así, evitamos sobrecargas y ahorramos tiempo y mano de obra.

#### *Temperatura y tiempo de retención*

El tratamiento que se empleará en nuestra planta de biogás será **mesofílico** (rango de 35-42 °C) ya que es el proceso más estable, con menores requerimientos energéticos y el más comúnmente empleado para tratar los residuos orgánicos. Los residuos ganaderos son bastante

heterogéneos en su composición, por eso es conveniente utilizar un proceso más estable, aunque esto implique una ligera disminución en la tasa de metanización.

El primer biodigestor operará a una temperatura de 40 °C, ya que el tiempo de retención es de 30 días y las fases de hidrólisis, acidogénesis y acetogénesis se desarrollan de manera más rápida conforme más elevada es la temperatura.

En el segundo biodigestor la temperatura a utilizar será de 35 °C, ya que la metanogénesis no requiere una temperatura tan elevada como las anteriores y al ser la fase más lenta requiere un tiempo de retención mayor, en este caso será de 40 días.

### Digestor primario

#### *Descripción y funcionamiento*

Este digestor es de tipo mezcla continua y está construido en hormigón armado, sobre el nivel del suelo y en su interior dispone de 2 agitadores.

En su interior se van a realizar las tres primeras fases de la fermentación anaerobia, por ello, la mezcla permanece en su interior 30 días a una temperatura de 40 °C. Para alcanzar esta temperatura se requiere de un intercambiador de calor interno que hace uso de la energía térmica procedente del motor de cogeneración y como consecuencia mantener dicha temperatura sin grandes variaciones. Se trata de un sistema de calefacción que consiste en una serie de tubos colocados en el interior de la pared de hormigón y se disponen de tal forma que van rodeando la totalidad del tanque para un calentamiento uniforme de su contenido (*véase figura*).

El sistema de calefacción consiste en un tanque hidroneumático, bombas de recirculación, medidor de caudal, manómetro, termómetro y red de tuberías de PE (polietileno expandido) en el interior de las paredes de los digestores.

La primera tubería se instalará a 0,50 metros sobre el fondo del digestor y la separación horizontal entre tuberías será de 50 cm y el sistema de calefacción cubrirá la mitad de la altura del reactor.

La velocidad de carga de la cámara de digestión está regulada de manera automática, utilizando un dispositivo de mando especial, de tal forma que cada 6 horas es alimentado con una cantidad de 12,11 m<sup>3</sup> de materia desde el foso inicial.

#### *Dimensionamiento*

El digestor tiene unas dimensiones adecuadas para que no exista exceso de carga, que dificulte la fermentación, pero tampoco se produzcan retrasos en la entrada de influentes, ya que cuanto más fresco sea el influente la producción de biogás será más estable y se producirá en mejores condiciones. Con material fresco la producción de biogás es mayor, y el riesgo de acidificación de la mezcla, que podría inhibir e incluso matar las bacterias anaerobias, se reduce.

Este primer digestor tiene que tener la capacidad mínima de almacenar la materia orgánica durante 30 días. Por lo que teniendo en cuenta la cantidad de residuos tratada diariamente ( $48,42 \text{ m}^3$ ) y sumándole un 20% de volumen por seguridad se obtiene un reactor de  $1750 \text{ m}^3$ , el cual tendrá una altura de 6 metros y un diámetro de 20 metros.

En su interior se instalarán 2 agitadores en seco de la marca Landia® y modelo POPTR-I de 5,5 kW de potencia y a una velocidad de 300 r.p.m. Para más información mirar la ficha técnica del “Anexo IX: Catálogos de elementos de la planta de biogás” y ver figura 51.



Figura 51: Agitador Landia® modelo POPTR-I. (Fuente: [www.landia.com](http://www.landia.com))

Sistema de alimentación digestor primario-digestor secundario

Desde el digestor primario una bomba transporta los residuos en fermentación al segundo digestor donde se dará lugar la metanización (última fase del proceso).

Este sistema de alimentación está totalmente automatizado y programado para que cada 6 horas se bombee desde un digestor hasta el otro una cantidad de  $12,11 \text{ m}^3$  de materia.

Para la elección de la bomba se han seguido las mismas pautas que para la anterior bomba y como resultado obtenemos que la operación se llevará a cabo mediante la acción de una bomba instalada en seco de la marca Landia® y modelo MPTKR-I 105 de media presión de 7,5 kW de potencia cuyo motor tiene las siguientes características: 3x380-415 V 50 Hz, 1.500 r.p.m. Para más información consultar la ficha técnica que está incluida en el “Anexo IX: Catálogos de elementos de la planta de biogás” y ver figura 52.



Figura 52: Bomba Landia® modelo MPTKR-I. ([www.landia.com](http://www.landia.com))

Digestor secundario

*Descripción y funcionamiento*

El material todavía no está completamente fermentado por lo que pasa del digestor primario al digestor secundario donde continúa descomponiéndose. La biomasa permanece en el digestor secundario durante 40 días, en dicho periodo se realiza la metanogénesis, una etapa la cual requiere tiempos más largos y temperaturas más suaves.

Este digestor es también de tipo mezcla continua y está construido en hormigón armado, sobre el nivel del suelo y en su interior dispone de 3 agitadores horizontales. La mezcla permanece a una temperatura de 35 °C. Para alcanzar esta temperatura se dispone del mismo sistema de calefacción que el instalado para el digestor primario.

La velocidad de carga de la cámara de digestión está regulada de manera automática, utilizando un dispositivo de mando especial, de tal forma que cada 6 horas es alimentado con una cantidad de 12,11 m<sup>3</sup> de materia desde el tanque primer digestor.

*Dimensionamiento*

El digestor tiene unas dimensiones adecuadas para que no exista exceso de carga, que dificulte la metanización, pero tampoco se produzcan retrasos en la entrada de la materia digerida en el anterior reactor.

Este segundo digestor tiene que tener la capacidad mínima de almacenar la materia orgánica durante 40 días. Por lo que teniendo en cuenta la cantidad de residuos tratada diariamente (48,42 m<sup>3</sup>) y sumándole un 20% de volumen por seguridad, se obtiene un reactor de 2350 m<sup>3</sup>, el cual tendrá una altura de 6 metros y un diámetro de 22,5 metros.

Para la agitación se colocarán 3 agitadores horizontales de instalación en seco de la marca Landia® y modelo POPTR-I de 5,5 kW de potencia y a una velocidad de 300 r.p.m. Para más información mirar la ficha técnica del “Anexo IX: Catálogos de elementos de la planta de biogás” y ver figura 53.



Figura 53: Agitador Landia® modelo POPTR-1. (Fuente: [www.landia.com](http://www.landia.com))

### Sistema de alimentación digestor secundario-tanque final

Desde el digestor secundario una bomba transporta la materia ya digerida totalmente al tanque de almacenamiento final.

Este sistema de alimentación está totalmente automatizado y programado para que cada 6 horas se bombee desde el un digestor hasta el otro una cantidad de  $12,11 \text{ m}^3$  de materia.

La operación se lleva a cabo mediante la acción de una bomba instalada en seco de la marca Landia® y modelo MPTKR-I 105 de media presión de 7,5 kW de potencia cuyo motor tiene las siguientes características: 3x380-415 V 50 Hz, 1.500 r.p.m. Para más información consultar la ficha técnica que está incluida en el “Anexo IX: Catálogos de elementos de la planta de biogás”.

### Almacenamiento de biogás

El biogás extraído de ambos digestores se almacena en las cubiertas o techos que se sitúan sobre los tanques de digestión. En el caso de que la presión de gas suba a un nivel demasiado alto, el biogás excedente es quemado mediante una antorcha.

Han sido dimensionados para que puedan almacenar una cierta cantidad de biogás que supla las variaciones de la producción-consumo pero sin ser sobredimensionado (elevados costes). Serán cerrados, impermeables a las fugas de biogás, resistentes a los rayos UV, a altas temperaturas y condiciones climatológicas adversas.

El volumen de almacenamiento de biogás, se calcula en base a la producción de biogás y los consumos horarios de los generadores de energía eléctrica. Se debe prever como mínimo un volumen de almacenamiento que cubra la producción de biogás de por lo menos 8 horas, ya que se hay que tener en cuenta el tiempo de mantenimiento de la planta y posibles averías que imposibiliten su correcto funcionamiento.

Por lo que si se genera una media de  $81,63 \text{ m}^3$  de biogás a la hora, el volumen a almacenar será de un total de  $653,10 \text{ m}^3$ .

Para dicho almacenamiento se han elegido unas cubiertas de membrana de la casa comercial SATTLER AG®, modelo CENO BGD con una inclinación de  $23^\circ$  (véase figura 54).

Estas cubiertas de doble hoja están montadas sobre los depósitos y están formadas por una membrana exterior y una interior que cierran el fermentador herméticamente. Un mástil central que se alza hasta el punto más alto se encarga de darle forma a la membrana exterior. De esta manera la cubierta de biogás de dos hojas es capaz de resistir todo tipo de cargas externas. Mediante la encorvadura biaxial de la cubierta se evita la vibración y bamboleo de la cubierta causados por el viento. Ambas membranas están ancladas a las paredes externas del depósito y la válvula de seguridad protege al acumulador de la sobrepresión y depresión de gas.

Los sistemas de medición del nivel del depósito proporcionan señales sobre el nivel de llenado de la membrana de gas, las cuales pueden ser modificadas para el control de las instalaciones.

Para evitar presiones mayores de 2-5 mbar y presiones negativas dentro de los digestores, se instalarán dos válvulas de control de presiones en cada uno, una para limitar la presión en los digestores a un máximo de 2 mbar y otra para presiones negativas (si se aspirará oxígeno al interior del digestor puede ocasionar explosiones).



*Figura 54: Cubierta de membrana de doble hoja. (Fuente: www.sattler-ag.com)*

A la hora de elegir las cubiertas para ambos digestores, se ha recurrido al catálogo de dicha marca (Ver “Anexo IX: Catálogos de elementos de la planta de biogás”) y la elección se hace en base al diámetro de estos. Por lo que para el digestor primario (diámetro de 20 metros) corresponde una cubierta de 4,2 metros de altura y una capacidad efectiva de almacenamiento de 373 m<sup>3</sup> de biogás y para el digestor secundario (diámetro de 22,5 metros) se necesita una cubierta de 4,8 metros de altura y 521 m<sup>3</sup> de capacidad efectiva de mantenimiento. Ambas cubiertas soportan una presión máxima de 2 milibares y cubren con creces las necesidades de almacenamiento requeridas para el periodo de tiempo requerido (653,10 m<sup>3</sup>).

### **Antorcha**

Las antorchas para combustión del biogás se dimensionan para el volumen de exceso de biogás. En nuestro caso se debe evitar a lo máximo la combustión del biogás en antorchas. Para los periodos de mantenimiento de los generadores se dispone de un generador “stand-by” de emergencia que entra en operación cuando una de las unidades está en mantenimiento.

Para determinar el volumen que debe quemar la antorcha se analizan los volúmenes de producción de biogás, el almacenamiento y los consumos del módulo de cogeneración. Solamente el caudal de biogás que realmente es excedente y que no se puede aprovechar se debe quemar.

Por razones de seguridad se asume un coeficiente del 20% para la estimación de la potencia requerida de las antorchas.

En nuestro caso hemos escogido un antorcha de acero inoxidable de la marca C-nox® de la gama NT-flares, en concreto el modelo NTO-0,8, la cual se elige en base al caudal diario de biogás (2.350,94 m<sup>3</sup>). Para más información mirar la ficha técnica del “Anexo IX: Catálogos

de elementos de la planta de biogás” y ver figura 55. La antorcha incluye un medidor de caudal y un sistema corta llamas.



Figura 55: Antorcha marca C-nox® modelo NTO. (Fuente: [www.C-Nox.de](http://www.C-Nox.de))

La antorcha es de encendido automático y de combustión encapsulada y tiene que funcionar incluso con vientos de hasta 100 km/h.

Posee los siguientes componentes:

- Rampa de entrada de gases, conteniendo todos los elementos necesarios, tales como, corta llamas, electro válvulas de corte, protector de lluvia, etc.
- Un quemador de acero inoxidable para el caudal indicado.
- Piloto para garantizar el encendido.
- Tablero de control y maniobra capaz de mandar el conjunto.
- Elementos de seguridad: llave de paso de fácil acceso y manejo para la interrupción de la alimentación de biogás, sistema automático de encendido, corta llamas, sistema de control de combustión, para rayos, ubicación a 4 metros sobre el nivel del suelo, distancia a las edificaciones de 5 metros y lejos de la zona de seguridad.

### Sistemas purificación biogás

El biogás obtenido es tratado antes de quemarse en el motor ya que contiene impurezas, gases corrosivos, vapor de agua y una “baja” riqueza en metano. El biogás saturado de agua que sale del digestor se va enfriando a lo largo del conducto. Al mismo tiempo hay que introducir aire fresco del exterior en él (máximo 5%). Este aire provocará la precipitación del sulfhídrico, es decir, este es mineralizado y precipita en forma sólida en la biomasa del interior del digestor, la parte de sulfhídrico que permanezca en el biogás se mezcla con el agua que va condensando en los conductos del gas. Estos conductos tendrán varios sumideros para recuperar y eliminar el agua condensada. Un exceso de sulfhídrico en el biogás provocaría la corrosión del motor, mientras que un nivel ligeramente alto simplemente provocaría la acidificación del aceite del motor, con la única implicación de requerir cambios de aceite más frecuentes. Por tanto no sería preciso utilizar una columna desulfuradora. El dióxido de carbono del biogás no tiene que ser depurado, ya que no afecta al funcionamiento del motor y sería un proceso bastante caro.

**Tuberías de captación y conducción de biogás**

Para el dimensionamiento de las tuberías de captación de biogás se determina primeramente el volumen de producción de biogás que en este caso es de 81,63 m<sup>3</sup>/hora. En base a este volumen de producción se determina el número de tuberías de captación, que será de una tubería por cada digestor. El diámetro de cada tubería se determina en base a las velocidades máximas de conducción de cada tubería (la velocidad máxima de flujo la establecemos en 2,2 m/s) y el volumen de biogás que debe captar cada tubería (20,41 m<sup>3</sup>/hora), por lo que el diámetro mínimo de estas tuberías de captación tiene que ser de 200 mm (se ha sobredimensionado un 20% por seguridad).

Las tuberías serán de acero inoxidable y se instalarán con una pendiente del 0,5% para que puedan ser drenadas las aguas de condensado que se forman en su interior. En cada tramo con cambio de pendiente se instalará una llave de cierre para la eliminación de aguas de condensados.

Se prestará especial atención a los siguientes aspectos:

- Impermeabilidad de las juntas o uniones de accesorios y tuberías.
- Puntos de drenaje de la línea de conducción: con trampa de agua situada en el punto más bajo de las tuberías en pendiente para vaciar aguas acumuladas.
- Protección contra impacto mecánico.

Todas las tuberías de captación tienen se pintan de amarillo con una flecha que indique la dirección del flujo. Estas tuberías se conducen a una tubería principal que transporta después el biogás a los sistemas de purificación y aprovechamiento.

Al haber dos digestores, se colocará una llave de corte para aislar cada digestor en caso de obstrucción o reparación. También se instalarán válvulas antiretorno, medidor de caudal, válvulas sobre presión y sistemas corta llamas.

**Sistema de cogeneración. Casa de máquinas**

Para aprovechar más eficazmente la energía se utilizará un sistema de cogeneración que producirá energía eléctrica y térmica. La unidad de cogeneración tendrá una potencia instalada de 220 kW generando 1.742.093,22 kWh eléctricos y 1.846.790,45 kWh térmicos al año. El modelo seleccionado es “CHP 2G A206 BG” cuya marca es 2g-CENERGY®.

La ventaja del sistema de cogeneración es que el calor se obtiene exclusivamente como subproducto de la combustión del gas para producir electricidad y no se desaprovecha biogás para producir únicamente calor de unos 90 °C. El calor se empleará para mantener la temperatura de los digestores, y el sobrante será empleado como fuente de energía térmica en las explotaciones del polígono.

En la generación de energía eléctrica el sistema eléctrico será de medio voltaje y diseñado para trabajar en paralelo con la red, a la que se podrá vender energía en caso de que resulte rentable. Todo este sistema contará con elementos de medición y control automáticos y



sistemas de seguridad (alarma y bloqueo). El circuito térmico dispondrá también de sus correspondientes elementos de medición, control y seguridad.

Debido a la radiación térmica y acústica, producida por los sistemas de generación, deberá estar confinado en una edificación asilada del exterior y con cerramiento total. Se apantallará con los elementos propios constructivos de la sala de máquinas, en este caso hormigón. La altura de construcción será de 6 metros de altura para lograr una buena ventilación (dispondrá de elementos ventiladores, extractores y otro inductor de aire del exterior para disipar la radiación acumulada en la sala de máquinas y para alimentar al motor con el aire necesario para la combustión.

Se instalará un sistema de recolección de aceites para recolectar los desechos que ocurran durante las tareas de mantenimiento y cambios de aceite. Estas descargas serán tratadas en un separador agua-aceite. La unidad de generación se ubicará de tal forma que pueda ser accesible por los cuatro lados.

La sala de máquinas tiene que estar ventilada y esa área libre de ventilación se calcula así:

$$A = 10 P + 175$$

Donde A es el área libre de ventilación en cm<sup>2</sup>.

P es potencia máxima del generador kW.

Por lo tanto en nuestro caso será:

$$A = 10 \cdot 220 + 175$$

El área obtenida es de 2.375 cm<sup>2</sup> y en ella se ubicará alarmas para la fuga de gas y en la parte exterior se instalará una válvula de cierre para la interrupción de flujo de gas en caso de emergencias así como elementos de regulación y control que vienen incluidos en el propio motor.

### **Balsa final**

#### ***Descripción***

La balsa final es de tipo abierta y tiene forma rectangular en planta. Está impermeabilizada con polietileno de alta densidad (HDPE) y está construida bajo el nivel del suelo para ahorrar costes.

El material fermentado, y por lo tanto inodoro, está almacenado en este depósito hasta que es utilizado como fertilizante en los campos de cultivo. Este efluente está libre de nitratos y puede ser aplicado directamente a dichos cultivos.

**Dimensionamiento**

La balsa tiene que tener una capacidad de almacenamiento de cuatro meses como mínimo al que se añade un 20% más de capacidad por seguridad, por lo que debe tener un volumen de 7.000 m<sup>3</sup>. Sus dimensiones serán de 50 metros de largo, 35 metros de ancho y 4 metros de profundidad. Las paredes laterales tendrán una pendiente 2:1.

**Otros elementos**

A parte de lo mencionado anteriormente, en la planta de biogás se instalarán otro tipo de elementos para que todo funcione correctamente, entre ellos están:

**Tuberías de conducción**

La tubería que conecta los tanques y digestores deben dimensionarse hidráulicamente para los volúmenes de carga máxima y considerando las pérdidas del sistema. Se instalarán con una pendiente del 0,5 % y se instalarán accesorios para la limpieza en caso de obstrucción (una T con tapón ciego en la bifurcación).

El material de las tuberías será de PE de alta densidad y estarán ubicadas 50 mm más arriba del fondo del tanque, para evitar que las arenas del fondo descarguen al digestor. En esta tubería se instalará un medidor de caudal.

**Oficina de control y vestuario**

Con una superficie de 30 m<sup>2</sup> en planta y para el uso exclusivo del operario de la planta de biogás. Se tratará de una caseta rectangular prefabricada.

**Sensores**

En cada uno de los biodigestores se instalará un sensor para el monitoreo y control del pH, temperatura y potencial redox. Los sensores son de la marca alemana MEINSBERG® modelo MV 500 (véase figura 56).



Figura 56: Sensores de de monitoreo y control en los digestores marca MEINSBERG® modelo MV 500. (Fuente: [www.meinsberg.de](http://www.meinsberg.de)).

**Medidores**

En las tuberías de captación y conducción se instalarán unos medidores de producción de biogás ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) de la marca ESTERS® modelo GD 100 (véase figura 57).



Figura 57: Medidor de caudal de biogás ESTERS® modelo GD 100. (Fuente: [www.esters.de](http://www.esters.de))

### **8.1.3 Ubicación de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes**

Uno de los puntos a tener en cuenta es el lugar donde será construida y se pondrá en funcionamiento nuestra planta de biogás.

Para ello se debe tener en cuenta diferentes aspectos, como la topografía del lugar, características del suelo, tipo de digestores, ubicaciones de las estructuras, técnica constructiva y costos.

Los niveles de aguas subterráneas pueden también obligar a utilizar cierto tipo de planta o a cambiar de ubicación. Desde el punto de vista meteorológico, deberá buscarse un sitio abrigo del viento, de preferencia lugar soleado (evitando excesivas temperaturas). Tener en cuenta que los digestores no estén próximos a árboles para que sus raíces no dañen las estructuras o sus hojas y ramas no dañen las cubiertas.

Preferiblemente se escogerá un sitio que permita futuras ampliaciones de la planta, sin descuidar los aspectos de acceso a la materia prima y utilización de los productos como biogás y digestato.

Por todo lo citado anteriormente, la opción más adecuada y conveniente es ubicar la planta de biogás en las parcelas 585 y 586 del polígono ganadero de Funes.

Los motivos son obvios ya que se trata de un espacio próximo a las explotaciones ganaderas y por lo tanto hay una cercanía a las materias primas (ahorro costes de transporte), además, es un suelo con una topografía uniforme, sin arboledas a su alrededor y hay una superficie lo bastante amplia para futuras ampliaciones.

Para ello, se ha acudido a la página web del SITNA ([www.sitna.es](http://www.sitna.es)) y se han analizado las diferentes posibilidades atendiendo principalmente al área disponible y topografía del lugar.

Como se puede ver en la siguiente figura 58, la superficie elegida es la que se haya señalada en rojo, es decir enfrente de la explotación de cebo de porcino de Jesús Díaz Terés, ya que es el lugar más próximo a las explotaciones con mayor área disponible y fácil accesibilidad (véase plano nº1 en el Anexo XI: Planos):

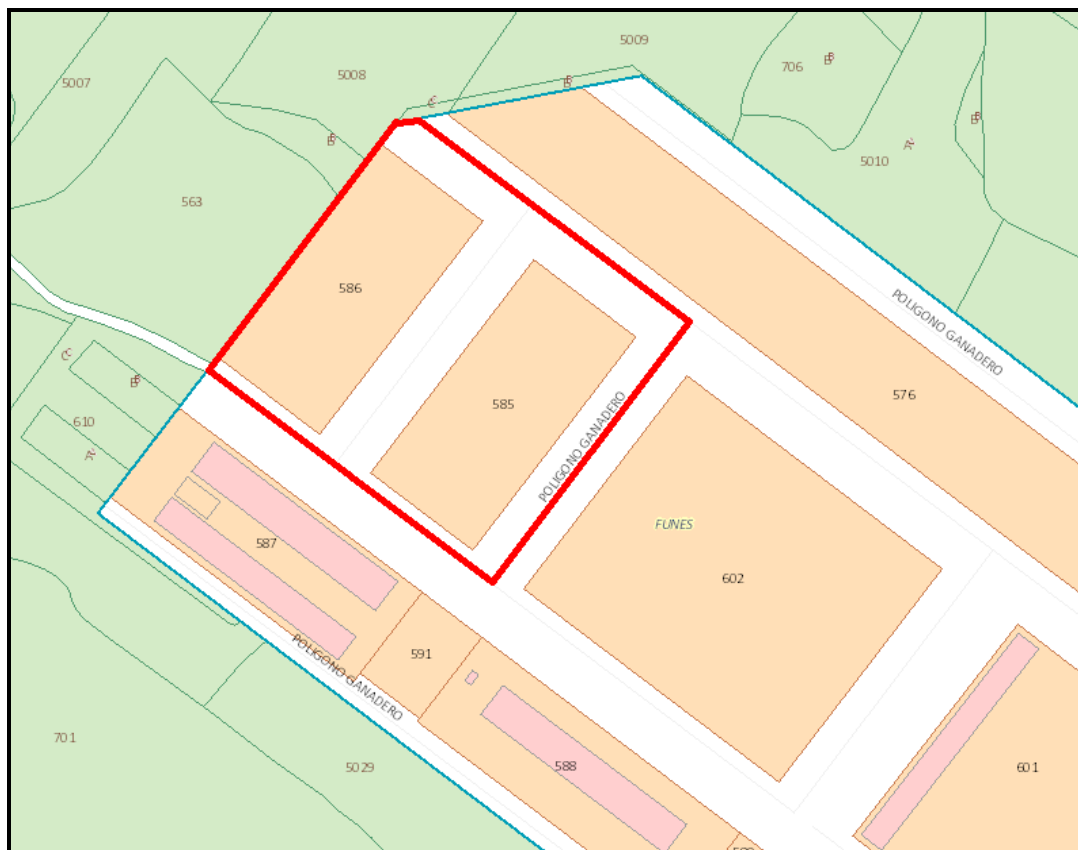


Figura 58: Ubicación de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes.  
(Fuente: [www.idena.navarra.es](http://www.idena.navarra.es))

Ese lugar concreto donde se va a construir la planta de biogás corresponde a las parcelas número 585 y 586 pertenecientes al polígono ganadero de Funes, sumando entre ambas una superficie de 17.500 m<sup>2</sup>. Las Coordenadas (UTM) son: X = 597.361; Y= 4.686.560.

### 8.1.4 Usos de la energía obtenida en la planta de biogás de Funes

Gracias al módulo de cogeneración, con una potencia total de 220 kW, se van a obtener dos tipos de energía, por un lado energía eléctrica y por otro, energía térmica.

En la siguiente tabla 44 se puede ver de forma resumida las cantidades de energía producidas y destinadas a diferentes usos:

Biogás/ Metano producido (m <sup>3</sup> /año)				
715.145/429.087				
Potencia instalada en el módulo de cogeneración (kW)				
220				
Energía eléctrica		Energía térmica		
210 kWe		230 kWt		
1.742.093 kWhe		1.846.790 kWht		
Autoabastecimiento 4% (kWh)	Venta a la Red (kWh)	Autoabastecimiento 30 %(kWh)	Venta a explotaciones (kWh)	Restante (kWh)
69.684	1.672.409	369.358	540.025	877.407

Tabla 44: Producción y aprovechamiento de energía en la planta de biogás anualmente.

### Energía eléctrica

La energía eléctrica total anual obtenida es de 1.742.093 kWhe y va a servir para autoabastecer las necesidades de la propia planta de biogás (estimamos que un 4% será empleada como autoabastecimiento) y el resto será vendida a la red eléctrica.

### Energía térmica

La energía térmica obtenida total anual es de 1.846.790 kWht. Va a ser utilizada para el sistema de calefacción de los dos digestores (autoconsumo un 30%) y otra parte de esa energía será vendida a las siguientes explotaciones existentes en el polígono ganadero de Funes:

#### *Calefacción digestores*

La cantidad empleada para mantener la temperatura estable en los biodigestores (35°C en el primario y 40°C en el secundario) se estima en un 30% de la energía térmica total, lo que supone una cantidad de 369.358 kWht al año. Mensualmente los consumos para dichas necesidades no serán uniformes ya que en los meses más fríos será necesaria una mayor cantidad de energía térmica para elevar la temperatura.

#### *Explotaciones ganaderas*

##### Explotación de porcino Jesús Terés Díaz:

Actualmente utiliza un sistema de calefacción durante los meses más fríos para elevar y mantener la temperatura de las naves en torno a los 18-20 °C. Para ello, utiliza como combustible 15 toneladas anuales de carbón (la energía de 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,7 kg de carbón). Usa la calefacción seis meses al año (enero-marzo, octubre-diciembre). Las necesidades de energía térmica van variando cada mes y anualmente supone un total de 13.558 kWht.

##### Explotación de porcino Jesús Ursua Sobejano:

También utiliza un sistema de calefacción durante los meses más fríos para elevar y mantener la temperatura de las naves en torno a los 18-20 °C. Para ello, utilizan como

combustible 30 toneladas anuales de carbón (la energía de 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,7 kg de carbón). Suponemos que usa la calefacción seis meses al año (enero-marzo, octubre-diciembre). Las necesidades de energía térmica van variando cada mes y anualmente supone un total de 21.429 kWh.

#### Explotación de vacuno de leche Juan Antonio Gainza:

Emplea agua caliente para la limpieza del equipo de ordeño, el tanque de refrigeración de la leche y otras limpiezas de las naves. El agua se calienta mediante una caldera que usa 3.550 litros de gasoil como combustible al año (la energía de 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,6 litros de gasoil). Las necesidades de energía térmica van variando cada mes y anualmente supone un total de 42.857 kWh.

#### Explotación de vacuno de S.A.T. Zabal-Cirauqui:

Otra parte de esa energía térmica será empleada en los intercambiadores de calor empleados en la industria quesera (y de otros productos lácteos) situada en la explotación de vacuno de leche S.A.T. Zabal-Cirauqui S.A., ya que esta tiene una producción más o menos uniforme durante todo el año y será la principal consumidora de energía térmica en esta explotación ganadera.

Pero como en el resto de granjas de vacuno lechero también emplea agua caliente para la limpieza del equipo de ordeño, el tanque de refrigeración de la leche y otras limpiezas de las naves.

En total, la caldera encargada de proporcionar energía térmica consume 26.000 litros anuales de gasoil (la energía de 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,6 litros de gasoil). Por lo que las necesidades de energía térmica de la planta de biogás serán de 36.720 kWh mensualmente, sumando al año 440.644 kWh

#### Explotación de vacuno de leche Cirauqui:

Emplea agua caliente para la limpieza del equipo de ordeño, el tanque de refrigeración de la leche y otras limpiezas de las naves. El agua se calienta mediante una caldera que usa 3.550 litros de fueloil como combustible (la energía de 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,6 kg de gasoil). Las necesidades de energía térmica son las mismas para cada mes.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total anual
<b>Energía eléctrica producida (kWh)</b>	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	145.174	1.742.093
<b>NECESIDADES ELÉCTRICAS (kWh)</b>													
<b>Autoabastecimiento (kWh)</b>	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	5.807	69.684
<b>Venta a la red eléctrica (kWh)</b>	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	130.657	1.567.884
<b>Energía térmica producida (kWh)</b>	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	153.899	1.846.790
<b>NECESIDADES TÉRMICAS (kWh)</b>													
<b>Autoabastecimiento (kWh)</b>	46.170	46.170	30.780	30.780	23.085	15.390	15.390	15.390	23.085	30.780	46.170	46.170	369.358
<b>Jesús Díaz Teres</b>													
<i>Calefacción</i>	3.228	1.937	1.291							1.291	1.937	3.874	13.558
<b>Jesús Ursua Sobejano</b>													
<i>Calefacción</i>	6.456	3.874	2.582							2.582	3.874	6.456	25.824
<b>Jose Antonio Gainza</b>													
<i>Limpieza</i>	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	60.000
<b>SAT Zabal-Cirauqui</b>													
<i>Limpieza e industria</i>	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	36.720	440.644
<b>Vacuno carne El Alto</b>													
<i>Limpieza</i>													0
<b>SAT Agropec. Cirauqui</b>													
<i>Limpieza</i>	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	60.000
<b>Vacuno carne Txomin</b>													
<i>Limpieza</i>													0
<b>TOTAL NECESIDADES TÉRMICAS (kWh)</b>	102.574	98.700	81.374	77.500	69.805	62.110	62.110	62.110	69.805	81.374	98.700	103.220	969.383
<b>ENERGÍA TÉRMICA SOBRANTE (kWh)</b>	51.325	55.199	72.525	76.399	84.094	91.789	91.789	91.789	84.094	72.525	55.199	50.680	877.407

Tabla 45: Producción y uso de la energía detallado.

## 8.2 ESTUDIO ECÓNOMICO DE LA PLANTA DE BIOGÁS DE FUNES

En la viabilidad técnica y económica de una planta de biogás influyen un gran número de factores que deben ser considerados:

- Tecnología.
- Disponibilidad y garantía de suministro en los residuos.
- Costes de transporte.
- Calidad.
- Aplicación potencial del digestato.
- Utilización eficiente del calor generado en el motor.
- Gestión de electricidad producida.
- Los condicionantes medioambientales del entorno.
- Los trámites legales a llevar a cabo frente a las administraciones competentes.
- Otros.

Para el cálculo de la rentabilidad de plantas de biogás es de crucial importancia la determinación del grado de eficiencia de las unidades de generación de energía eléctrica.

Por ello en el estudio económico se recurrirá a los parámetros de evaluación de inversión utilizados comúnmente: VAN y TIR y se supondrá una vida útil de la planta de biogás de 20 años.

Se ha de aclarar que los datos aportados en todo este estudio (gastos, inversiones, etc.) han sido estimados, es decir, los valores han sido obtenidos a través de varias fuentes bibliográficas.

### 8.2.1 Planteamiento de escenarios

Desde la entrada en vigor del Real Decreto Ley Real Decreto-ley 2.012, de 27 de enero, la viabilidad de la plantas de biogás se ve amenazada ya que los principales beneficios económicos en este tipo de energías renovables provenían de las primas por la venta de energía eléctrica, las cuales han sido suprimidas.

Esto hace que haya que hacer un estudio económico para evaluar la viabilidad de la planta de biogás desde varios escenarios, ya que aparte de los beneficios obtenidos por la venta de energía, también se tiene que considerar los diferentes tipos de subvenciones a las que se puede acoger y en definitiva, serán determinantes en los resultados finales.

Por consiguiente se plantean los siguientes escenarios (*véase figura 59*):

- **Sin primas:** De acuerdo con el Real Decreto-ley 2.012, de 27 de enero. Se considera que durante el periodo de vida útil (20 años) de la planta se recibe ningún tipo de incentivo por la venta de electricidad ni prima por el rendimiento eléctrico equivalente.



- **Con primas:** Consideramos que sigue en vigor el Real Decreto 661/2.007, de 25 de mayo, y que por lo tanto se reciben primas por la venta de electricidad. Se establece que dicha venta se realizará a precio fijo cuya prima viene indicada en la Orden IET/3.586/2.011 (ya que es la última que se publicó) y aparte se recibirá otra prima por el rendimiento eléctrico equivalente. Por otro lado nos beneficiamos de la prima al Complemento a la Eficiencia Energética que se basa en el Rendimiento eléctrico equivalente (REE) y que también viene definido en el Real Decreto 661/2.007.

Dentro de cada escenario (con primas y sin primas), se supone que existen diferentes tipos de subvenciones a la inversión inicial (vigentes a día de hoy de 3 de Septiembre de 2012), y que son las siguientes:

- **Sin subvención:** no se obtiene ningún tipo de subvención.
- **Subvención del 20%:** se obtiene subvención por parte de las ayudas a la inversión empresarial que otorga el Gobierno de Navarra.
- **Subvención del 40%:** Si el ayuntamiento o concejo de Funes actúa como entidad local, se pueden optar a las ayudas las infraestructuras locales ganaderas. Se pueden cofinanciar con cualquier otra subvención que no haga uso de los fondos FEADER.
- **Subvención del 50%:** ayuda a la inversión empresarial del Gobierno de Navarra junto con otras subvenciones que hagan uso de los fondos FEADER.
- **Subvención del 70%:** ayuda a la inversión empresarial del Gobierno de Navarra junto con otras subvenciones que hagan uso de los fondos FEADER

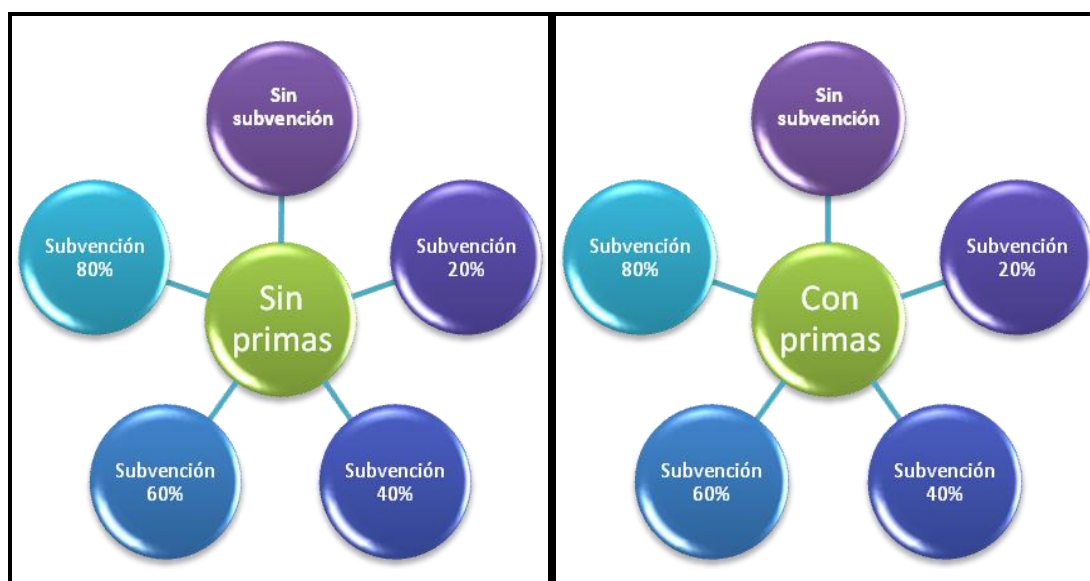


Figura 59: Escenarios para el estudio económico.

### 8.2.2 Evaluación de costes

A continuación, se ven los costes totales de inversión y el resto de costes que son básicamente de producción y mantenimiento (de funcionamiento). Estos costes serán los mismos para todos los escenarios.

**Costes de inversión**

La tabla 46 muestra los costes de inversión para la planta de biogás del polígono ganadero de Funes:

Costes inversión	Euros (€)	
<b>Inversión total</b>	<b>1.430.000</b>	
<i>Desarrollo proyecto</i>	3%	42.900
<i>Infraestructura</i>	5%	71.500
<i>Digestores</i>	50%	715.000
<i>Conexión a la red</i>	5%	71.500
<i>Módulo de cogeneración</i>	25%	357.500
<i>Medidas compensatorias</i>	2%	286.000
<i>Ingeniería</i>	10%	143.000

Tabla 46: Costes de inversión para la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.

**Costes de funcionamiento**

A parte de los costes de inversión, una planta de biogás tiene asociados otros costes fijos y variables como pueden ser los costes de producción y mantenimiento.

En la planta de biogás del polígono ganadero de Funes se han considerado los siguientes costes mostrados en la tabla 47:

Tipos de gastos	Coste Anual (€)
<b>Gastos de personal</b>	
Trabajador planta	19.500
<b>Gastos de explotación</b>	
Luz	0
Agua	500
Combustibles	0
Material oficina y varios	3.000
<b>Gastos mantenimiento general anual</b>	10.000
<b>Inversión mantenimiento motores</b>	
Anual (3,5 €/hora/motor)	28.000
Cada 7,5 años (Overhaul)	35.000
<b>Reposición de materiales</b>	
Triannual	8.500
<b>Riego de Purín</b>	0
<b>Gastos generales varios</b>	
Asesoría, laboral, fiscal contable	2.000
Primas de seguros	2.000
Relaciones Públicas	1.000
IAE	700
Formación personal	2.000
Otros	2.000
<b>TOTAL gastos varios anual</b>	<b>70.700</b>
<b>TOTAL gastos varios triannual</b>	<b>79.200</b>
<b>TOTAL gastos varios anual</b>	<b>114.200</b>

Tabla 47. Costes de funcionamiento de la planta de biogás del polígono ganadero de Funes.

### Amortización del préstamo

Toda cantidad que no haya sido subvencionada tiene que ser financiada a través de un crédito, el cual hay que ir devolviendo en un periodo de tiempo con unos intereses añadidos. De forma general hay dos vías para la concesión de un crédito para inversiones empresariales, una de ellas mediante el ICO (Instituto de Crédito Oficial), en concreto la línea ICO inversión 2012, que es la misma entidad la que fija el interés, y otra manera es pedirlo en una entidad bancaria y negociar dichos intereses llegando a un acuerdo mutuo con el banco.

Dicho esto, se puede ver en la tabla 48 las cuantías a devolver anualmente según la cantidad de subvención que nos hayan concedido y considerando unos interés del 5,5%:

Préstamo	Cantidad	€/año (+5,5%)
Subvención 0%	1.430.000,0 €	75.432,5 €
Subvención 20%	1.144.000,0 €	60.346,0 €
Subvención 40%	858.000,0 €	45.259,5 €
Subvención 60%	572.000,0 €	30.173,0 €
Subvención 80%	286.000,0 €	15.086,5 €

Tabla 48: Préstamos e intereses anuales a amortizar según la subvención obtenida.

### 8.2.3 Evaluación de beneficios

Los beneficios obtenidos serán diferentes según el escenario planteado (en vigor o no del Real Decreto 661/2.007):

#### Beneficios sin primas

En este caso se obtienen beneficios por la venta de electricidad a la red sin ningún tipo de primas establecidas por el Real Decreto 661/2.007, y por la venta de energía térmica a las explotaciones (véase tabla 49).

BENEFICIOS sin prima	€/año
Venta electricidad	83.620,45
Venta calor	34.615,76
<b>Total</b>	<b>118.236,21</b>

Tabla 49: Beneficios en euros obtenidos sin primas RD 661/2.007 al año.

#### Beneficios con primas

Conseguimos beneficios por la venta de electricidad a la red con primas establecidas por el Real Decreto 661/2.007 ya que la planta de biogás se encuentra dentro del grupo 1.3, subgrupo b.7.2 (0,148131 €/kWe, valor obtenido del IET/3.586/2.011) y por otro lado se recibe otro tipo de prima por el Complemento a la Eficiencia Energética que se basa en el Rendimiento eléctrico equivalente (REE) (se calcula a través de una fórmula incluida en dicho RD pero para este caso estimamos un valor medio de 0,025 €/kWe) y también viene establecido en el Real Decreto 661/2.007. Se añaden los beneficios por venta de energía térmica a las explotaciones (véanse tablas 50 y 51).

BENEFICIOS con prima (15 años)	€/año
Venta electricidad+ prima CEE	289.545,86
Venta calor	34.615,76
<b>Total</b>	<b>324.161,62</b>

Tabla 50: Beneficios en euros obtenidos con primas RD 661/2.007 anuales durante los primeros 15 años.

<b>BENEFICIOS con prima (15 años)</b>	<b>€/año</b>
Venta electricidad+ prima CEE	165.367,81
Venta calor	34.615,76
<b>Total</b>	<b>199.983,57</b>

Tabla 51: Beneficios en euros obtenidos con primas RD 661/2.007 anuales durante a partir de los 15 años.

### 8.2.4 Resultados obtenidos

Después de los cálculos necesarios (véase “Anejo X: Cálculos del estudio económico”) se muestran seguidamente el VAN, TIR a 20 años (vida útil) obtenidos para cada uno de los escenarios en las tablas 52 y 53:

#### Sin primas

<i>Sin subvención</i>		<i>Subvención del 20%</i>	
TIR (20 años)	<b>NEGATIVO</b>	TIR (20 años)	<b>NEGATIVO</b>
<b>VAN</b>	<b>-1.718.072,06 €</b>	<b>VAN</b>	<b>-1.303.632,18 €</b>

<i>Subvención del 40%</i>		<i>Subvención del 60%</i>	
TIR (20 años)	<b>NEGATIVO</b>	TIR (20 años)	<b>NEGATIVO</b>
<b>VAN</b>	<b>-889.192,30 €</b>	<b>VAN</b>	<b>-474.752,42 €</b>

<i>Subvención del 80%</i>	
TIR (20 años)	<b>7%</b>
<b>VAN</b>	<b>-60.312,55 €</b>

Tabla 52: VAN y TIR para los escenarios sin primas del RD 661/2.007.

#### Con primas

<i>Sin subvención</i>		<i>Subvención del 20%</i>	
TIR (20 años)	<b>9%</b>	TIR (20 años)	<b>15%</b>
<b>VAN</b>	<b>-77.602,64 €</b>	<b>VAN</b>	<b>336.837,24 €</b>

<i>Subvención del 40%</i>		<i>Subvención del 60%</i>	
TIR (20 años)	<b>23%</b>	TIR (20 años)	<b>38%</b>
<b>VAN</b>	<b>751.277,12 €</b>	<b>VAN</b>	<b>1.165.717,00 €</b>

<i>Subvención del 80%</i>	
TIR (20 años)	<b>83%</b>
<b>VAN</b>	<b>1.580.156,88 €</b>

Tabla 53: VAN y TIR para los escenarios con primas del RD 661/2.007.

Tras analizar los resultados obtenidos llegamos a la conclusión de que a días de hoy, tras el establecimiento del Real Decreto 1/2.012, la construcción de la planta de biogás en el polígono ganadero de Funes es totalmente inviable sea con o sin subvenciones a la inversión inicial. Es más, este proyecto empezaría a ser rentable si siguiesen en vigor las primas establecidas por el Real Decreto 661/2.007 y aparte, obtener una subvención a la inversión inicial como mínimo del 20%.

## **Capítulo 9: ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Y GESTIÓN DEL DIGESTATO**

### ***9.1 PLAN ACTUAL DEL REPARTO DE PURINES Y ESTIÉRCOL EN LAS EXPLOTACIONES DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES***

En este apartado se detalla con precisión el plan territorial y de reparto establecido en cada una de las explotaciones que forman parte del polígono ganadero.

#### **Explotación de porcino Jesús Díaz Teres**

##### ***Plan territorial***

En el Plan de Gestión y producción de estiércol se detallan las parcelas que utilizarán para la aplicación de los purines, desglosadas en tablas, por un lado están las parcelas propiedad del dueño de la explotación y, por otro, las parcelas de terceros agricultores que aprovecharán los purines en sus tierras.

En resumen, la superficie disponible para el reparto de purines es, en total de 184,95 Has en regadío y 92,39 Has en seco, repartidas de la siguiente manera:

- 80,93 Has de maíz en regadío.
- 55,94 Has de hortalizas en regadío (principalmente brócoli, tomate...).
- 18,08 Has de trigo en regadío.
- 81,82 Has de cebada en seco.
- 0,17 Has de viña en seco.
- 10,40 Has de barbecho en seco.

##### ***Plan de reparto de purines***

Los cultivos receptores del purín, sus necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación, son los mostrados en la tabla 54:

Cultivo receptor	Necesidades nutricionales	Época de aplicación	Periodicidad de aplicación	Dosis de aplicación
<b>Maíz en regadío</b>	250 KgN/Ha	Variable	Anual	42 m <sup>3</sup> /Ha
<b>Hortícola en regadío</b>	200 KgN/Ha	Variable	Anual	33 m <sup>3</sup> /Ha
<b>Trigo de regadío</b>	180 KgN/Ha	Fondo	Anual	30 m <sup>3</sup> /Ha
<b>Cebada de secano</b>	130 KgN/Ha	Fondo	Anual	25 m <sup>3</sup> /Ha
<b>Viña en secano</b>	70 KgN/Ha	Enero-Junio	Anual	12 m <sup>3</sup> /Ha

Tabla 54: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Jesús Díaz Teres.

Para su aplicación, la explotación dispone de una cisterna con capacidad de 15 m<sup>3</sup>, con una única boca-esparcidora para salida del purín.

### Explotación de porcino Ursua Sobejano

#### *Plan territorial*

En el Plan de Gestión y producción de estiércol se detallan las parcelas que utilizarán para la aplicación de los purines, desglosadas en tablas, por un lado están las parcelas propiedad del dueño de la explotación y, por otro, las parcelas de terceros agricultores que aprovecharán los purines en sus tierras.

A modo de resumen, la superficie propiedad del ganadero disponible para el reparto de purines es de:

- 7,60 Has de alfalfa en regadío.

Y la superficie propiedad de otros agricultores con los que se ha llegado a acuerdo y que se llevarán los purines para verterlos en sus tierras, es de:

- 1,95 Has de hortícolas en regadío.
- 63,37 Has de maíz en regadío.
- 5,40 Has cebada en regadío.
- 1,41 Has de trigo en regadío.
- 44,87 Has de cebada en secano.

Lo que hace un total de 79,73 Has en regadío y 44,87 Has en secano.

#### *Plan de reparto de purines*

Los cultivos receptores del purín, sus necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación, son los mostrados en la tabla 55:



Cultivo receptor	Necesidades nutricionales	Época de aplicación	Periodicidad de aplicación	Dosis de aplicación
<i>Maíz en regadío</i>	250 KgN/Ha	Variable	Anual	42 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Hortícola en regadío</i>	200 KgN/Ha	Variable	Anual	33 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Cereal de regadío</i>	180 KgN/Ha	Fondo	Anual	30 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Alfalfa en regadío</i>	80 KgN/Ha	Estado vegetativo	Anual	10 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Cereal de secano</i>	130 KgN/Ha	Fondo	Anual	25 m <sup>3</sup> /Ha

Tabla 55: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Ursua Sobejano.

Para su aplicación, la explotación dispone de una cisterna con capacidad de 15 m<sup>3</sup>, con una única boca-esparcidora para salida del purín.

### **Explotación de vacuno lechero Juan Antonio Gainza**

#### ***Plan territorial***

En el Plan de Gestión y producción de estiércol se detallan las parcelas que utilizarán para la aplicación de los purines, desglosadas en tablas, por un lado están las parcelas propiedad del dueño de la explotación y, por otro, las parcelas de terceros agricultores que aprovecharán los purines en sus tierras.

A modo de resumen, la superficie propiedad del ganadero disponible para el reparto de purines y estiércol es de:

- 24,15 Has de maíz-raigrás en regadío.

Y la superficie propiedad de otros agricultores con los que se ha llegado a acuerdo y que se llevarán los purines y estiércol para echarlos en sus tierras, es de:

- 20 Has de cebada en secano.
- 10 Has Barbecho en secano.

Lo que hace un total de 24,15 Has en regadío y 30 Has en secano.

#### ***Plan de reparto de estiércol***

Los cultivos receptores del purín y estiércol, sus necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación, son los vistos en la tabla 56:

Cultivo receptor	Necesidades nutricionales	Época de aplicación	Periodicidad de aplicación	Dosis de aplicación
<b>Maíz-raigrás en regadío</b>	250 KgN/Ha	Variable	Mayo (50%) Noviembre (50%)	56 m <sup>3</sup> /Ha
<b>Cebada de secano</b>	130 KgN/Ha	Fondo	Anual (Septiembre)	45 m <sup>3</sup> /Ha
<b>Barbecho en secano</b>	Variable	Variable	Mensual (aguas de lechería)	-

Tabla 56: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Juan Antonio Gainza.

Para su aplicación, la explotación dispone de un carro de estiércol de 12 m<sup>3</sup>.

### Explotación vacuno lechero S.A.T. Zabal Cirauqui

#### *Plan territorial*

En el Plan de Gestión y producción de estiércol se detallan las parcelas que utilizarán para la aplicación de los purines, desglosadas en tablas, por un lado están las parcelas propiedad del dueño de la explotación y, por otro, las parcelas de terceros agricultores que aprovecharán los purines en sus tierras.

A modo de resumen, la superficie propiedad del ganadero disponible para el reparto de purines y estiércol es de:

- 3,18 Has de cebada en regadío.
- 20,5 Has de cebada en secano.

Y la superficie propiedad de otros agricultores con los que se ha llegado a acuerdo y que se llevarán los purines y estiércol para echarlos en sus tierras, es de:

- 36,22 Has de hortícolas en regadío.
- 15,49 Has de maíz en regadío.

Lo que hace un total de 54,89 Has en regadío y 20,5 Has en secano.

#### *Plan de reparto de purines y estiércol*

Los cultivos receptores del purín y estiércol, sus necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación, son los vistos en la tabla 57:

Cultivo receptor	Necesidades nutricionales	Época de aplicación	Periodicidad de aplicación	Dosis de aplicación
<i>Maíz en regadío</i>	250 KgN/Ha	Variable	Anual (Febrero)	57,5 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Cebada de regadío</i>	180 KgN/Ha	Fondo	Mensual (aguas de lechería)	-
<i>Hortícola en regadío</i>	200 KgN/Ha	Variable	Anual (Junio y Octubre)	53,95 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Cebada de seco</i>	130 KgN/Ha	Fondo	Anual	-

Tabla 57: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación S.A.T. Zabal-Cirauqui.

Para su aplicación, la explotación dispone de una cisterna con capacidad de 8 m<sup>3</sup>, con una única boca-esparcidora para salida del purín.

### Explotación de vacuno carne Granja El Alto

#### *Plan territorial*

En el Plan de Gestión y producción de estiércol se detallan las parcelas que utilizarán para la aplicación de los purines, desglosadas en tablas, por un lado están las parcelas propiedad del dueño de la explotación y, por otro, las parcelas de terceros agricultores que aprovecharán los purines en sus tierras.

A modo de resumen, la superficie propiedad del ganadero disponible para el reparto de estiércol es de:

- 14,05 Has de raigrás en regadío.
- 5 Has pradera 1 corte y pastoreo en regadío.
- 5 Has hortícolas en regadío.
- 5,99 de alfalfa en regadío.
- 19,14 Has de raigrás en seco.
- 240,1 Has pradera 1 corte y pastoreo en seco.

Lo que hace un total de 30,04 Has en regadío y 259,24 Has en seco.

#### *Plan de reparto de estiércol*

Los cultivos receptores del estiércol, sus necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación, son los mostrados en la tabla 58:

Cultivo receptor	Necesidades nutricionales	Época de aplicación	Periodicidad de aplicación	Dosis de aplicación
<i>Raigrás en regadío</i>	75 KgN/Ha	Variable	Anual	-
<i>Pradera 1 corte y pastoreo de regadío</i>	120 KgN/Ha	Fondo	Anual (Septiembre)	22,4 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Hortícola en regadío</i>	200 KgN/Ha	Variable	Anual (Junio, Julio y Agosto)	31,25 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Alfalfa en regadío</i>	80 KgN/Ha	Estado vegetativo	Anual	-
<i>Raigrás en seco</i>	50 KgN/Ha	Variable	Anual	-
<i>Pradera 1 corte y pastoreo de seco</i>	90 KgN/Ha	Fondo	Anual (Septiembre)	11,2 m <sup>3</sup> /Ha

Tabla 58: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Granja El Alto.

Para su aplicación, la explotación dispone de un carro esparcidor de estiércol con capacidad de 6 m<sup>3</sup> y una anchura de 2 metros.

### Explotación vacuno lechero S.A.T. Agropecuaria Cirauqui

#### *Plan territorial*

En el Plan de Gestión y producción de estiércol se detallan las parcelas que utilizarán para la aplicación de los purines, desglosadas en tablas, por un lado están las parcelas propiedad del dueño de la explotación y, por otro, las parcelas de terceros agricultores que aprovecharán los purines en sus tierras.

A modo de resumen, la superficie propiedad del ganadero disponible para el reparto de purines y estiércol es de:

- 17,5 Has de trigo en regadío.
- 27,34 Has de maíz en regadío.
- 2,88 Has de alfalfa en regadío.
- 81,86 Has de cebada en seco.
- 77,2 Has de barbecho en seco.

Lo que hace un total de 47,72 Has en regadío y 159,06 Has en seco.

#### *Plan de reparto de estiércol*

Los cultivos receptores del purín y estiércol, sus necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación, son los vistos en la tabla 59:

Cultivo receptor	Necesidades nutricionales	Época de aplicación	Periodicidad de aplicación	Dosis de aplicación
<i>Trigo en regadío</i>	180 KgN/Ha	Fondo	Anual (Septiembre)	52,55 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Maíz en regadío</i>	250 KgN/Ha	Variable	Anual (Marzo)	52,55 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Alfalfa de regadío</i>	80 KgN/Ha	Estado vegetativo	Anual	-
<i>Cebada de secano</i>	130 KgN/Ha	Fondo	Bianual (Cada dos meses)	112 m <sup>3</sup> /Ha
<i>Barbecho de secano</i>	-	-	Triannual	-

Tabla 59: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación S.A.T. Agropecuaria Cirauqui.

Para su aplicación, la explotación dispone de una cisterna con capacidad de 12 m<sup>3</sup>, con una única boca-esparcidora para salida del purín y también tiene de un carro esparcidor de estiércol con capacidad de 12 m<sup>3</sup> y una anchura de 3 metros.

### Explotación vacuno carne Ganados Txomin

#### *Plan territorial*

En el Plan de Gestión y producción de estiércol se detallan las parcelas que utilizarán para la aplicación de los purines, desglosadas en tablas, por un lado están las parcelas propiedad del dueño de la explotación y, por otro, las parcelas de terceros agricultores que aprovecharán los purines en sus tierras.

A modo de resumen, la superficie propiedad de otros agricultores con los que se ha llegado a acuerdo y que se llevarán el estiércol para echarlos en sus tierras, es de:

- 2,15 Has de maíz en regadío.
- 20 Has de trigo en secano.

Lo que hace un total de 2,15 Has en regadío y 20 Has en secano.

#### *Plan de reparto de estiércol*

Los cultivos receptores del estiércol, sus necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación, son los vistos en la tabla 60:

Cultivo receptor	Necesidades nutricionales	Época de aplicación	Periodicidad de aplicación	Dosis de aplicación
<b>Maíz en regadío</b>	250 KgN/Ha	Variable	Anual (Abril)	57,25 m <sup>3</sup> /Ha
<b>Trigo de secano</b>	130 KgN/Ha	Fondo	Anual (Septiembre y Octubre)	29,89 m <sup>3</sup> /Ha

Tabla 60: Cultivos receptores, necesidades nutricionales, dosis y época de aplicación en las parcelas de la explotación Ganados Txomin.

Para su aplicación, la explotación dispone de un carro esparcidor de estiércol con capacidad de 10 m<sup>3</sup> y una anchura de 3 metros.

## **9.2 SUPERFICIE DISPONIBLE TOTAL PARA EL REPARTO DEL DIGESTATO**

En la siguiente tabla 61 se puede ver en forma de resumen la superficie disponible por explotación y tipo de cultivo:

	Jesús Díaz Teres	Ursua Sobejano	J.Antonio Gainza	Zabal Cirauqui	Granja El Alto	Agrop. Cirauqui	Ganados Txomin	TOTAL
<b>En regadío (Has)</b>								<b>391,48</b>
Maíz	80,93	63,37		15,49		27,34	2,15	187,13
Maíz-raigrás			24,15					24,15
Hortícola	55,94	1,95		36,22	5,00			99,11
Cebada		5,40		3,18				8,58
Raigrás					14,05			14,05
Pradera 1 corte					5,00			5,00
Alfalfa		7,60			5,99	2,88		16,47
Trigo	18,08	1,41				17,50		36,99
<b>En seco (Has)</b>								<b>626,06</b>
Viña	0,17							0,17
Cebada	81,82	44,87	20,00	20,50		81,86		249,05
Barbecho	10,40		10,00			77,20		97,60
Raigrás					19,14			19,14
Pradera 1 corte					240,10			240,10
Trigo							20,00	20,00
<b>TOTAL (Has)</b>	<b>247,34</b>	<b>124,60</b>	<b>54,15</b>	<b>75,39</b>	<b>289,28</b>	<b>206,78</b>	<b>22,15</b>	<b>1.019,69</b>

Tabla 61: Superficie disponible para el reparto del digestato según explotación y tipo de cultivo.



### 9.3 PLAN DE GESTIÓN DEL DIGESTATO PRODUCIDO EN LA PLANTA DE BIOGÁS

Es preciso realizar una correcta gestión del digestato para que se produzca un buen aprovechamiento de los nutrientes que van a ser utilizados por los cultivos.

A continuación se describe el plan de gestión y reparto del digestato que se ha establecido para la totalidad de superficie disponible.

Antes de nada, tenemos que calcular que la cantidad total de nitrógeno disponible en el digestato sea suficiente como para cubrir las necesidades de los cultivos.

Después de comprobar que las necesidades teóricas son superiores a las cantidades disponibles, se barajan dos posibles opciones hasta que ambas cantidades de nitrógeno sean similares:

- Suplir las necesidades teóricas, que conlleva reducir la superficie a repartir el digestato.
- Recalcular unas nuevas necesidades, que conlleva no cubrir la totalidad de esas necesidades, pero el digestato se reparte en la totalidad de superficie.

Considerando que todas las parcelas tienen el mismo derecho a la hora de recibir un aporte fertilizante gracias al uso del digestato se decide que es mejor optar por la segunda opción.

Así pues, conocidas las cantidades de nitrógeno disponibles (véase tabla 62), se estiman las necesidades teóricas consultando diferentes fuentes bibliográficas y a continuación establecemos las cantidades que vamos a poder aportar teniendo en cuenta la cantidad de nitrógeno total (véase tabla 63):

<b>Nitrógeno disponible</b>	<b>Digestato (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg N/ m<sup>3</sup> digestato</b>	<b>Kg totales Nitrógeno</b>
<b>Enero</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Febrero</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Marzo</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Abril</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Mayo</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Junio</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Julio</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Agosto</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Septiembre</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Octubre</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Noviembre</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Diciembre</b>	1.473,00	4,63	6.819,34
<b>Total</b>			<b>81.832,02</b>

Tabla 62: Nitrógeno disponible para el reparto de digestato.

	<b>SUPERFICIE (Has)</b>	<b>Necesidades teóricas (kg N/Ha)</b>	<b>Aporte real (kg N/Ha)</b>	<b>Aportes totales (kg N)</b>
<b>En regadío</b>				
<i>Maíz</i>	189,28	150,00	<b>140,00</b>	<b>26.499,20</b>
<i>Maíz-raigrás</i>	24,15	150,00	<b>140,00</b>	<b>3.381,00</b>
<i>Hortícola</i>	99,11	200,00	<b>170,00</b>	<b>16.848,70</b>
<i>Cebada</i>	8,58	180,00	<b>110,00</b>	<b>943,80</b>
<i>Raigrás</i>	14,05	75,00	<b>50,00</b>	<b>702,50</b>
<i>Pradera 1 corte</i>	5,00	120,00	<b>50,00</b>	<b>250,00</b>
<i>Alfalfa</i>	16,47	80,00	<b>30,00</b>	<b>494,10</b>
<i>Trigo</i>	36,99	180,00	<b>120,00</b>	<b>4.438,80</b>
<b>En seco</b>				
<i>Viña</i>	0,17	70,00	<b>50,00</b>	<b>8,50</b>
<i>Cebada</i>	249,05	130,00	<b>75,00</b>	<b>18.678,75</b>
<i>Barbecho</i>	97,60	Variable	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<i>Raigrás</i>	19,14	50,00	<b>30,00</b>	<b>574,20</b>
<i>Pradera 1 corte</i>	240,10	90,00	<b>30,00</b>	<b>7.203,00</b>
<i>Trigo</i>	20,00	130,00	<b>90,00</b>	<b>1.800,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.019,69</b>			<b>81.822,55</b>

Tabla 63: Aportes de nitrógeno según cultivo.

Visto lo anterior, a continuación se realiza un plan de abonado para conocer cuándo y cómo se debe emplear según el tipo de cultivo (véase tabla 64):

	<b>PLAN ABONADO</b>
<i>Maíz</i>	Presiembra: 1/3 dosis. Febrero o marzo.
<i>Maíz-raigrás</i>	Cobertera: 2/3 dosis. Planta con 6-8 hojas. Junio
<i>Hortícola</i>	Presiembra: 1/3 necesidades. Variable Cobertera: 2/3 necesidades. Variable
<i>Cebada</i>	Fondo: Presiembra. Septiembre Cobertera: Ahijamiento. Enero
<i>Raigrás</i>	Cobertera: Salida del invierno. Marzo-abril
<i>Pradera 1 corte y pastoreo</i>	Cobertera: Salida del invierno. Marzo-abril
<i>Alfalfa</i>	Cobertera: Inicio actividad vegetativa. Marzo-Abril
<i>Trigo</i>	Fondo: Presiembra. Octubre Cobertera: Ahijamiento. Febrero
<i>Viña</i>	Mantenimiento: Finales enero-febrero
<i>Barbecho</i>	No se abona con digestato

Tabla 64: Plan de abonado según tipo de cultivo.

Después de esto se establece un calendario por meses para fijar la cantidad concreta de digestato a repartir y el mes en el cual se debe realizar el reparto (véanse tablas 65 y 66):

Cultivo	Dosis aportada (kg N/Ha)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.
Maíz	140			47			93						
Maíz-raigrás	140			47			93						
Hortícola	170		57			113							
Cebada	110	73								37			
Raigrás	50				50								
Pradera 1 corte y pastoreo	50				50								
Alfalfa	30				30								
Trigo	120		80								40		
Viña	50	50											
Cebada	75	50								25			
Raigrás	30				30								
Pradera 1 corte y pastoreo	30				30								
Trigo	90		60							30			
<b>Extracciones totales (kg N/Ha)</b>		<b>173</b>	<b>197</b>	<b>93</b>	<b>190</b>	<b>113</b>	<b>187</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>92</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tabla 65: Aporte de nitrógeno por unidad de superficie por meses según cultivo.

Cultivo	Dosis total (Kg N)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>Maíz</i>	26.499,20			8.833,07			17.666,13						
<i>Maíz-raigrás</i>	3.381,00			1.127,00			2.254,00						
<i>Hortícola</i>	16.848,70		5.616,23			11.232,47							
<i>Cebada</i>	943,80	629,20								314,60			
<i>Raigrás</i>	702,50				702,50								
<i>Pradera 1 corte y pastoreo</i>	250,00				250,00								
<i>Alfalfa</i>	494,10				494,10								
<i>Trigo</i>	4.438,80		2.959,20								1.479,60		
<i>Viña</i>	8,50	8,50											
<i>Cebada</i>	18.678,75	12.452,50								6.226,25			
<i>Raigrás</i>	574,20				574,20								
<i>Pradera 1 corte y pastoreo</i>	7.203,00				7.203,00								
<i>Trigo</i>	1.800,00		1.200,00								600,00		
<b>Total</b>	<b>81.822,55</b>	<b>13.090,20</b>	<b>9.775,43</b>	<b>9.960,07</b>	<b>9.223,80</b>	<b>11.232,47</b>	<b>19.920,13</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>6.540,85</b>	<b>2.079,60</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Tabla 66: Aporte total de nitrógeno en kg por meses según cultivo.

Conocida la época y las cantidades a aportar, se establece un calendario de reparto teniendo en cuenta toda la información aportada anteriormente (véanse tablas 67 y 68).

Como se puede observar se ha establecido el inicio de reparto de digestato en el mes de Junio para que de esta manera al año siguiente no haya acumulaciones excesivas y, a su vez, se cubran todas las necesidades requeridas por los cultivos cada mes del año.

Mes	Aporte (Kg N)	Aporte (t. Digestato)
Enero	13.090,20	2.827,53
Febrero	9.775,43	2.111,53
Abril	9.223,80	1.992,37
Mayo	11.232,47	2.426,25
Junio	19.920,13	4.302,82
Julio	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00
Septiembre	6.540,85	1.412,85
Octubre	2.079,60	449,20
Noviembre	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00

Tabla 67: Cantidad de digestato a aportar mensualmente.

	Digestato (T.)	Almacenamiento (T.)	Aportes dig.(T.)	Aporte N(kg.)	Cultivo
Junio	1.473,00	0,00	4.302,82	19.920,13	Maíz/Maíz forrajero
Julio	1.473,00	1.473,00	0,00	0,00	
Agosto	1.473,00	2.946,00	0,00	0,00	
Septiembre	1.473,00	3.006,15	1.412,85	6.540,85	Cebada
Octubre	1.473,00	4.029,95	449,20	2.079,60	Trigo
Noviembre	1.473,00	5.502,95	0,00	0,00	
Diciembre	1.473,00	6.975,95	0,00	0,00	
Enero	1.473,00	5.621,42	2.827,53	13.090,20	Viña/Cebada
Febrero	1.473,00	4.982,90	2.111,53	9.775,43	Hortícolas/Trigo
Marzo	1.473,00	4.304,49	2.151,41	9.960,07	Maíz/Maíz forrajero
Abril	1.473,00	3.785,12	1.992,37	9.223,80	Raigrás/Pradera/Alfalfa
Mayo	1.473,00	2.831,86	2.426,25	11.232,47	Hortícolas
Junio	1.473,00	2,05	4.302,82	0,00	Maíz/Maíz forrajero

Tabla 68: Calendario de aportes de digestato.

Finalmente y no por ello menos importante, hay que tener en cuenta que el mes donde hay una mayor acumulación de digestato es en diciembre con 6.975,95 toneladas; dicha cantidad tiene que ser inferior a la capacidad de la balsa final que hemos dimensionado anteriormente, la cual tenía un volumen de 7.000 m<sup>3</sup>, por lo que efectivamente se puede almacenar el digestato durante todo el año sin problemas.

## 9.4 ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

Una de las principales ventajas del uso de energías renovables frente a las energías convencionales, es sin duda su contribución al desarrollo sostenible, no sólo por utilizar recursos no agotables, sino porque minimizan los impactos negativos, especialmente aquellos relacionados con la contaminación atmosférica, de las aguas y de los suelos, que se generan en la utilización de combustibles fósiles.

En general, los procesos asociados a un menor impacto ambiental, y de reducción o corrección de impactos, están también asociados a aspectos positivos relativos a la salud y calidad de vida, al eliminar del ambiente procesos o elementos contaminantes y/o tóxicos o peligrosos.

### 9.4.1 Evaluación de la situación actual

Esta información queda reflejada en el “Anexo II: Caracterización y valorización de impactos en el polígono ganadero de Funes”.

### 9.4.2 Impactos generados a causa de la planta de biogás

El autoabastecimiento energético no sólo supone un beneficio por la reducción de la demanda de energía procedente de fuentes no renovables, sino que además aporta una innovadora solución a la gestión de residuos, minimizando el impacto medioambiental a la hora de su reparto en el suelo.

Sin embargo, no todos los impactos de una planta de biogás son positivos, ya que el proyecto definitivo de la instalación se deberá someter a un estudio de impacto ambiental, ya que los procesos y materiales con los que se trabajará son susceptibles de causar agresiones y/o alteraciones a elementos y funciones del medio. Estos impactos deberán ser identificados para minimizarlos y/o eliminarlos.

#### Emisiones de metano a la atmósfera

La producción de biogás (y su posterior transformación en energía) supone un importante beneficio ambiental, ya que se recupera de manera controlada, el metano que se produciría espontáneamente en las fermentaciones anaerobias de los residuos orgánicos generados en las explotaciones ganaderas. El metano es una de los gases que mayor efecto invernadero producen (20 veces superior al dióxido de carbono); su contribución junto con el NO<sub>2</sub> producido por el ganado y los residuos orgánicos supone un 15% del total de dicho efecto a escala mundial. Se calcula que aproximadamente un 32% de las emisiones a la atmósfera de metano provienen de vertedero, 7% del almacenamientos de purines y estiércoles y un 3% de aguas residuales de la industria. Por tanto, si estos residuos se tratan anaeróbicamente de una manera controlada, se puede reducir las emisiones de metano (y NO<sub>2</sub>) a la atmósfera en un porcentaje significativo.

**Transporte de residuos a las instalaciones de la planta**

Este tránsito no supone un tráfico excesivo ya que la planta de biogás se encuentra ubicada en el mismo polígono ganadero de Funes, aunque es conveniente evaluar los riesgos que pueda conllevar.

**Emisión de malos olores**

La planta de digestión anaerobia, por el tipo de residuos que trata y por el proceso en sí, es susceptible de generar olores desagradables, sin embargo si se compara con la producción de olores que generan las actividades en las explotaciones ganaderas, el tratamiento controlado de estos residuos reduce eficazmente las emisiones de olores. Los malos olores se generan en los procesos naturales de fermentación y putrefacción de la materia orgánica, debido a la actuación de las bacterias descomponedoras anaerobias; al controlar el proceso de la descomposición en un medio aislado, se recogerán los gases responsables de malos olores (principalmente metano, pero también otros como el  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ...) almacenándose en el gasómetro y depurándose antes de su combustión, si fuera necesario.

En cualquier caso, la instalación de la planta de biogás contará, con sistemas de neutralización de olores (biofiltros, generadores de ozono, scrubbers, etc.).

**Emisiones en la combustión de biogás**

Como ya se ha comentado, la fermentación controlada de los residuos ganaderos evita la emisión a la atmósfera de importantes cantidades de metano, evitando así su contribución al efecto invernadero. En cuanto a las emisiones generadas en la combustión del biogás, estas serán similares a las del gas natural y por tanto inferiores a las de otros combustibles fósiles como carbón o petróleo. Las emisiones concretas se cuantificarán en función de la composición exacta del biogás y del tipo de motor de combustión, aunque se puede adelantar que la mayor parte será dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), con pequeñas fracciones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).

Las características técnicas del motor se han definido a partir de los resultados de la caracterización del biogás y una vez estudiadas las distintas opciones que han ofertado los suministradores se eligió un motor que cumpliera con toda la normativa vigente relativa a las emisiones, bien por sí mismo, o bien porque dispone de filtros asociados que absorban los gases o partículas generados en la combustión.

Todas estas consideraciones se refieren a las emisiones en la combustión del biogás desde una perspectiva local, sin embargo, si se consideran balances globales de emisión e impacto de las fuentes de energía renovables frente a las convencionales (desde la obtención de los combustibles, su transformación y transporte hasta su combustión, así como los ciclos de vida asociados a las centrales de producción de energía) el resultado es claramente más favorable a las primeras.

En el biogás, a diferencia del gas natural, el balance global de emisión de  $\text{CO}_2$  en la combustión es neutro, ya que al considerarse una fuente de energía renovable las emisiones producidas se consideran contrarrestadas con la fijación de carbono a corto plazo (primero en

los pastos y después en el ganado a través de las cadenas tróficas), es decir, se emite lo que previamente se ha fijado.

### **Gestión y reparto de digestato**

Estos procesos no tienen asociados grandes impactos si se realiza de la manera correcta, es decir, se aportan las cantidades adecuadas a las necesidades de los cultivos y teniendo en cuenta la sensibilidad del suelo en la cual se aplican.

En verano además se deberá prestar atención a las posibles concentraciones de insectos (moscas, mosquitos y otros grupos) que puedan verse atraídos por la acumulación de grandes cantidades de materia orgánica en proceso de transformación.

### **9.4.3 Resumen**

Los resultados que arroja este estudio previo de evaluación ambiental son muy positivos, ya que en el mejor de los casos se conseguiría una valorización casi íntegra de los residuos, obteniendo energía con valor comercial y el propio autoabastecimiento energético de la planta. Esta valorización reduce de manera muy importante el actual impacto ambiental que producen los purines y estiércoles y el uso de fuentes de energía no renovables.

Por todos estos motivos, basado en el análisis de todos los factores expuestos en este capítulo, la evaluación ambiental del proyecto es totalmente favorable; el balance global reduce sustancialmente los impactos negativos actuales, generando impactos muy positivos, relacionados con la gestión de residuos y con la producción energética. Asimismo, los posibles impactos negativos de los procesos negativos se pueden controlar y evitar con las actuaciones adecuadas.



# *Parte IV.*

# ***CONCLUSIONES***

## **Capítulo 10: CONCLUSIONES OBTENIDAS**

En este último capítulo se detallan las conclusiones a las que se ha llegado con la realización de este Trabajo Final de Carrera:

- La planta de biogás del polígono ganadero de Funes es inviable económicamente con la supresión, mediante el Real Decreto-ley /2.012, de las primas establecidas por el Real Decreto 661/2.007.
- El biogás es una energía renovable con un componente medioambiental de reducción de gases de efecto invernadero, lo que facilita el cumplimiento de los compromisos de España en relación con el Protocolo de Kyoto.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio económico, la planta de biogás tan solo comienza a ser viable con ayuda de las primas establecidas por el Real Decreto 661/2.007 y con una subvención del 20% de la inversión inicial.
- La cogeneración en una planta de gran capacidad, supone un modo de rentabilizar la instalación con la venta de electricidad y calor, además de proporcionar beneficios ambientales.
- El calor producido en la planta de biogás se puede consumir en las explotaciones ganaderas cercanas y así obtener unos beneficios económicos extras.
- Se ha comprobado que es posible realizar la codigestión de otros residuos procedentes de industrias agroalimentarias cercanas al polígono ganadero, lo que permitiría aumentar la producción de biogás y mejorar la rentabilidad del proyecto.
- Las granjas ya existentes, con grandes cantidades de residuos que gestionar, se encuentran ante una gran posibilidad de negocio debido a que el objetivo de Potencia en España para estas instalaciones está todavía muy lejos de alcanzarse.

Para finalizar, solo queda destacar de este trabajo, debido a todos los conocimientos adquiridos en su desarrollo, las importantes ventajas medioambientales de estas instalaciones, animando desde estas líneas a la implantación en las explotaciones agropecuarias en las que sea rentable y posible.

# *REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

**LITERATURA:**

- Campos Pozuelo, A.E. (2001). “Optimización de la digestión anaerobia de purines de cerdo mediante codigestion con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria”. Tesis Doctoral, Universidad de Lleida. 372 p.
- Cuantificación de materias primas de origen ganadero. Consorcio PROBIOGÁS. Ministerio de Ciencia e Innovación Octubre de 2009.
- IDAE. (2005a). “Plan de energías renovables en España (2005-2010)”. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Madrid.
- Pavlostathis, S.G., Giraldo-Gómez, E. (1991). “Kinetics of anaerobic treatment: a critical review”. *Critical Reviews in environmental control*, 21 (5,6): 411-490 p.
- Hernández Muñoz, A. Gestión y tratamiento de los residuos generados en las explotaciones ganaderas. Residuos ganaderos y medio ambiente. 1996
- Hidalgo, M.D., Alamo, J., Hernández, M. e Irusta R. Degradación de Biológica de purines en reactores anaerobios de lecho fluidizado con aprovechamiento agrario y energético de los productos residuales. Jornadas sobre Tratamientos Biológicos de Residuos Urbanos. Octubre de 2000
- de la Torre, A. Martínez-Almela, J, Muñoz, M.J. Estado del arte en las tecnologías de tratamiento, depuración y valorización de los purines. PORCI septiembre 2001, nº 65.
- E. Buijsman 1987 citado por M. Batlló en Residuos Ganaderos, Fundación la Caixa
- Seminario sobre recuperación de recursos de residuos. (INIA) 1.980
- Van Lier J. (1993). “Digestión anaerobia termofílica: aspectos relacionados con la temperatura”. Proc. V Seminario de depuración anaerobia de aguas residuales, Valladolid.
- Hwang, K., Shin, E. y Choi, H. (1997). “A mechanical pretreatment of waste activated sludge for improvement of anaerobic digestion system”. *Water Science and Technology*. 36, 12, 111 – 116 p.
- Fannin, K. F. Biljetina, R. (1987). “Reactor designs: anaerobic digestion of biomass”. Elsevier applied Science, New York.
- Ahring, B. K., Sandberg, M., Angelidaki, I. (1995). “Volatile fatty acids as indicator of process imbalance in anaerobic digestion”. *Applied Microbiological Biotechnology*, 43(3), 559-565 p.

- Angelidaki I., Ahring B.K. (1993). "Thermophilic anaerobic digestion of livestock waste: effect of ammonia". *Applied Microbiology and Biotechnology*, 38, 560-564.
- Hansen K. H., Angelidaki I.; Ahring, B. K. (1998). "Anaerobic digestion of swine manure: inhibition by ammonia". *Water Research* 32(1), 5-12.
- Nelson, L. Nemerow, Avijit Dasgupta. (1998). "Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos". Ed. Díaz de Santos, Madrid. 842 p.
- Rodríguez, L., Vicente, M.A., Gil, A. (2007). "Situación de la gestión de residuos agrícolas en la provincial de Salamanca". *Residuos*, 96: 82-93 p.
- De Mes, T.Z.D., Stams, A.J.M., Reitch, J.H., Zeeman G. (2003) "Methane production by anaerobic digestion of wastewater and solid wastes". In: *Bio-Methane & Bio-Hydrogen - Status and perspectives of biological methane and hydrogen production*, Dutch Biological Hydrogen Foundation. 168 p.
- De Baere, L. (2000). "Anaerobic digestion of solid waste: state-of-the-art". *Water Science & Technology*, 41(3): 283-290.
- Vandevivere, P., De Baere, L., Verstraete, W. (2002). "Types of anaerobic digester for solid wastes". In: *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes*. Ed. J. Mata-Álvarez. 111-140 p.
- Elias Castells, X. (2005). "Tratamiento y valorización energética de residuos". Ed. Díaz de Santos. Madrid. 1.228 p.
- Coombs, J. (1990). "The present and future of anaerobic digestion". *Anaerobic digestion: a waste treatment technology*. Editado por Wheatley, A. *Critical reports on applied chemistry*. 31: 93-138 p.
- Bonmatí Blasi, A. (2001) "Usos de l'energia tèrmica per a la millora del procés de digestió anaeròbia de purins de porc i per a la recuperació de productes d'interès". Tesis doctoral. 145 p. Universidad de Lleida.

***PÁGINAS WEB:***

- [www.villadefunes.com](http://www.villadefunes.com)
- [sitna.navarra.es](http://sitna.navarra.es) (Sistema de Información Territorial de Navarra)
- <http://www.textoscientificos.com/energia/biogas>
- [www.navarra.es](http://www.navarra.es)
- [www.aemet.es](http://www.aemet.es) (Agencia Estatal de Meteorología)
- [www.gestion-calidad.com](http://www.gestion-calidad.com)
- [www.intiasa.es](http://www.intiasa.es) (Instituto Navarro de tecnologías e infraestructuras agroalimentario)
- [www.landia.com](http://www.landia.com)
- [www.meinsberg.de](http://www.meinsberg.de)
- [www.esters.de](http://www.esters.de)

# *ANEXOS*

## ÍNDICE ANEXOS

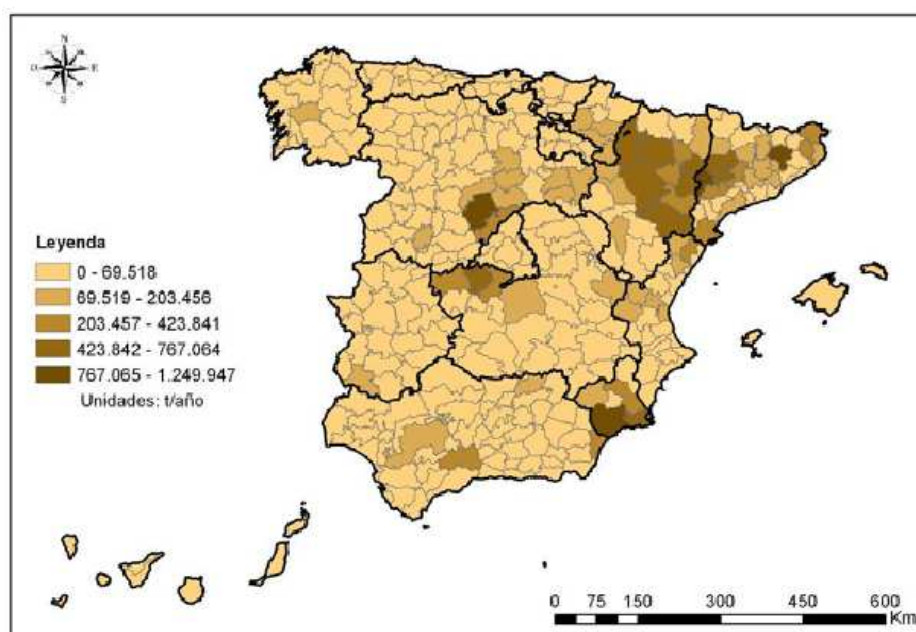
<i>Anexo I: MAPAS TEMÁTICOS COMARCALES.....</i>	<i>2</i>
<i>Anexo II: CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS EN EL POLÍGONO GANADERO DE FUNES.....</i>	<i>9</i>
<i>Anexo III: MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....</i>	<i>18</i>
<i>Anexo IV: PLANTILLA CUESTIONARIO GANADEROS.....</i>	<i>22</i>
<i>Anexo V: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS EXPLOTACIONES DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES.....</i>	<i>24</i>
<i>Anexo VI: METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS GANADEROS DE LAS EXPLOTACIONES.....</i>	<i>91</i>
<i>Anexo VII: TABLA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.....</i>	<i>143</i>
<i>Anexo VIII: ESTUDIO PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE BIODIGESTOR... </i>	<i>145</i>
<i>Anexo IX: CATÁLOGOS DE MAQUINARIA Y ELEMENTOS DE LA PLANTA DE BIOGÁS DEL POLÍGONO GANADERO DE FUNES.....</i>	<i>162</i>
<i>Anexo X: CÁLCULOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO.....</i>	<i>190</i>
<i>Anexo XI: PLANOS.....</i>	<i>201</i>



*Anexo I:*  
***MAPAS TEMÁTICOS***  
***COMARCALES***

A continuación se exponen los mapas gráficos de distribución para cada categoría de residuos ganaderos junto con las cifras numéricas indicadas por provincias (véanse figuras 1, 2, 3 y 4):

Tipo: G Ganaderos	Categoría: G1 Purín de cerdo	Subcategorías: G1.01 Lechones G1.02 Recría, cebo G1.03 Cerdas, verracos
----------------------	---------------------------------	--



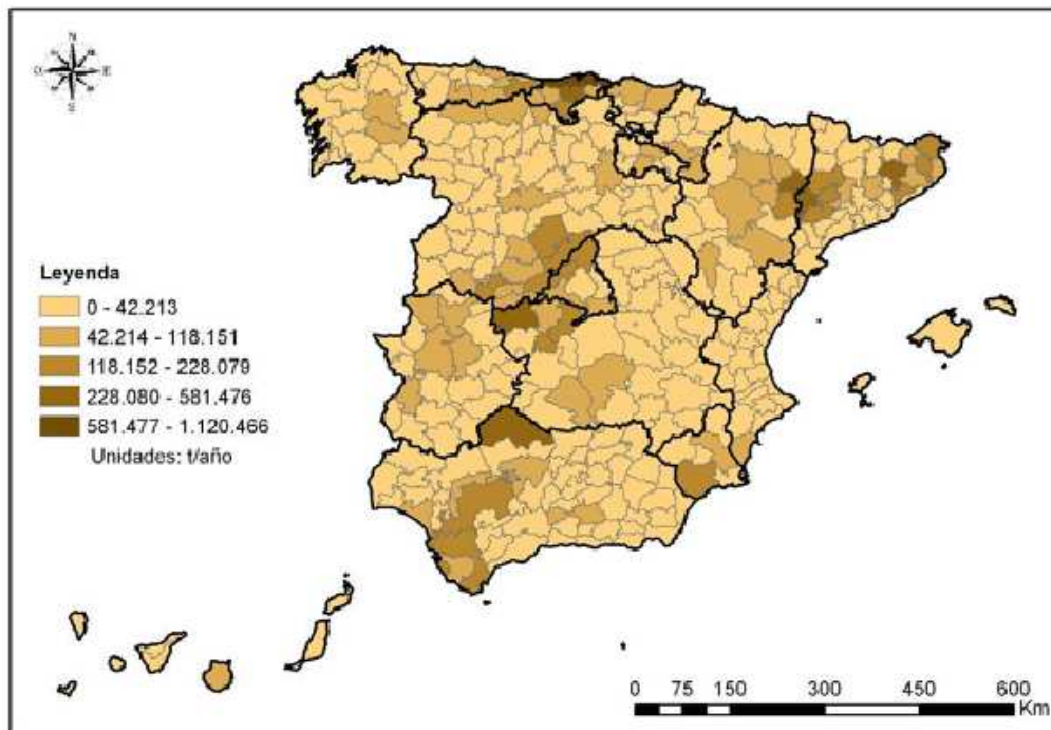
Id	Provincia	G1 (t/año)
01	Álava	8.889
02	Albacete	173.172
03	Alicante	80.537
04	Almería	415.666
05	Ávila	82.473
06	Badajoz	283.649
07	Balears (Illes)	13.641
08	Barcelona	1.545.650
09	Burgos	375.885
10	Cáceres	11.426
11	Cádiz	123.953
12	Castellón	676.174
13	Ciudad Real	42.881
14	Córdoba	50.945
15	Coruña (A)	71.360
16	Cuenca	180.323
17	Girona	817.375
18	Granada	120.698

Id	Provincia	G1 (t/año)
19	Guadalajara	10.015
20	Guipúzcoa	696
21	Huelva	26.022
22	Huesca	2.667.769
23	Jaén	208.834
24	León	78.189
25	Lleida	3.096.829
26	Rioja (La)	121.937
27	Lugo	33.145
28	Madrid	38.933
29	Málaga	361.134
30	Murcia	2.332.210
31	Navarra	613.205
32	Ourense	103.811
33	Asturias	1.591
34	Palencia	64.465
35	Palmas (Las)	25.209

Id	Provincia	G1 (t/año)
36	Pontevedra	118.890
37	Salamanca	229.958
38	S. C. Tenerife	46.134
39	Cantabria	7.928
40	Segovia	1.636.335
41	Sevilla	289.975
42	Soria	424.387
43	Tarragona	594.567
44	Teruel	795.433
45	Toledo	1.524.989
46	Valencia	524.299
47	Valladolid	302.021
48	Vizcaya	5.373
49	Zamora	138.600
50	Zaragoza	1.932.587
51	Ceuta	-
52	Melilla	-
<b>Total España</b>		<b>23.430.166</b>

Figura I.1: Categoría G1- Purín de cerdo. Mapa de distribución de materias primas. (Fuente: PROBIOGAS).

Tipo: G Ganaderos	Categoría: G2 Estiércol de vaca	Subcategorías: G2.01 Cebo G2.02 Reposición hembra G2.03 Reposición macho
----------------------	------------------------------------	---



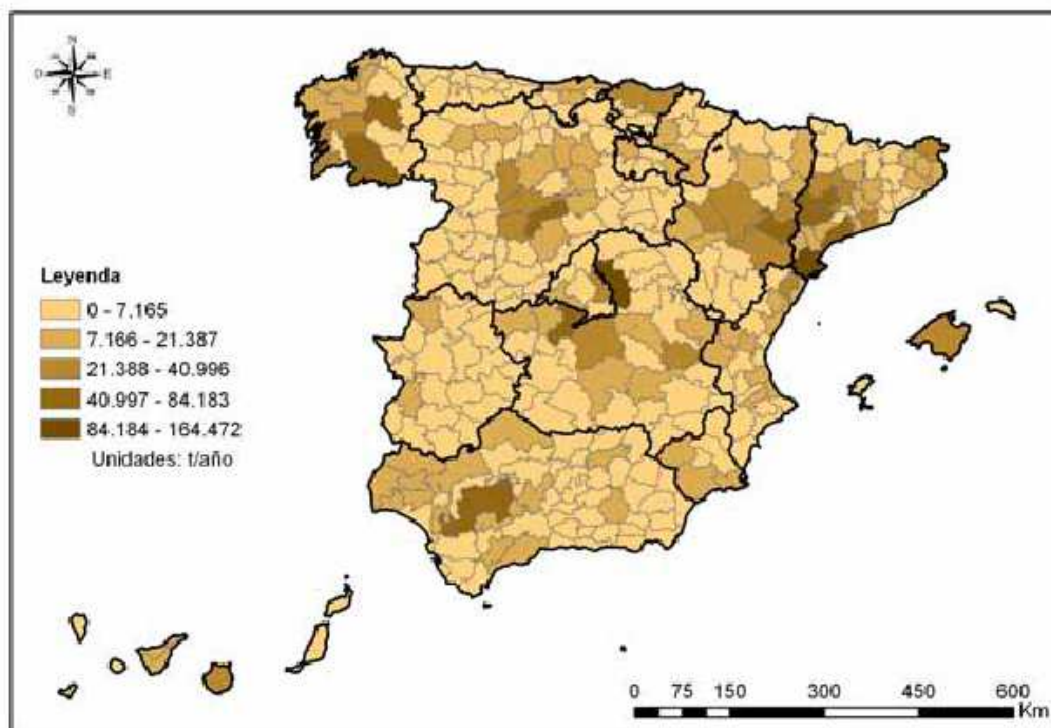
Id	Provincia	G2 (t/año)
01	Álava	34.257
02	Albacete	43.038
03	Alicante	70.664
04	Almería	10.663
05	Ávila	704.309
06	Badajoz	157.946
07	Balears (Illes)	31.956
08	Barcelona	699.670
09	Burgos	81.379
10	Cáceres	446.235
11	Cádiz	570.063
12	Castellón	92.597
13	Ciudad Real	245.368
14	Córdoba	422.499
15	Coruña (A)	39.662
16	Cuenca	13.485
17	Girona	511.420
18	Granada	153.432

Id	Provincia	G2 (t/año)
19	Guadalajara	47.336
20	Guipúzcoa	46.214
21	Huelva	75.195
22	Huesca	929.608
23	Jaén	72.070
24	León	221.760
25	Lleida	1.271.560
26	Rioja (La)	294.439
27	Lugo	162.201
28	Madrid	477.096
29	Málaga	60.400
30	Murcia	280.473
31	Navarra	306.365
32	Ourense	23.180
33	Asturias	526.922
34	Palencia	155.488
35	Palmas (Las)	76.708

Id	Provincia	G2 (t/año)
36	Pontevedra	63.237
37	Salamanca	196.019
38	S. C. Tenerife	48.764
39	Cantabria	1.844.392
40	Segovia	452.136
41	Sevilla	373.405
42	Soria	85.840
43	Tarragona	100.500
44	Teruel	170.714
45	Toledo	795.921
46	Valencia	153.486
47	Valladolid	123.440
48	Vizcaya	89.818
49	Zamora	73.898
50	Zaragoza	218.836
51	Ceuta	-
52	Melilla	-
<b>Total España</b>		<b>14.146.063</b>

Figura I.2: Categoría G2- Estiércol de vaca. Mapa de distribución de materias primas. (Fuente: PROBIOGAS).

Tipo: G Ganaderos	Categoría: G3 Gallinaza	Subcategorías: G3.01 Gallinas ponedoras G3.02 Pollos de carne y otros
----------------------	----------------------------	---



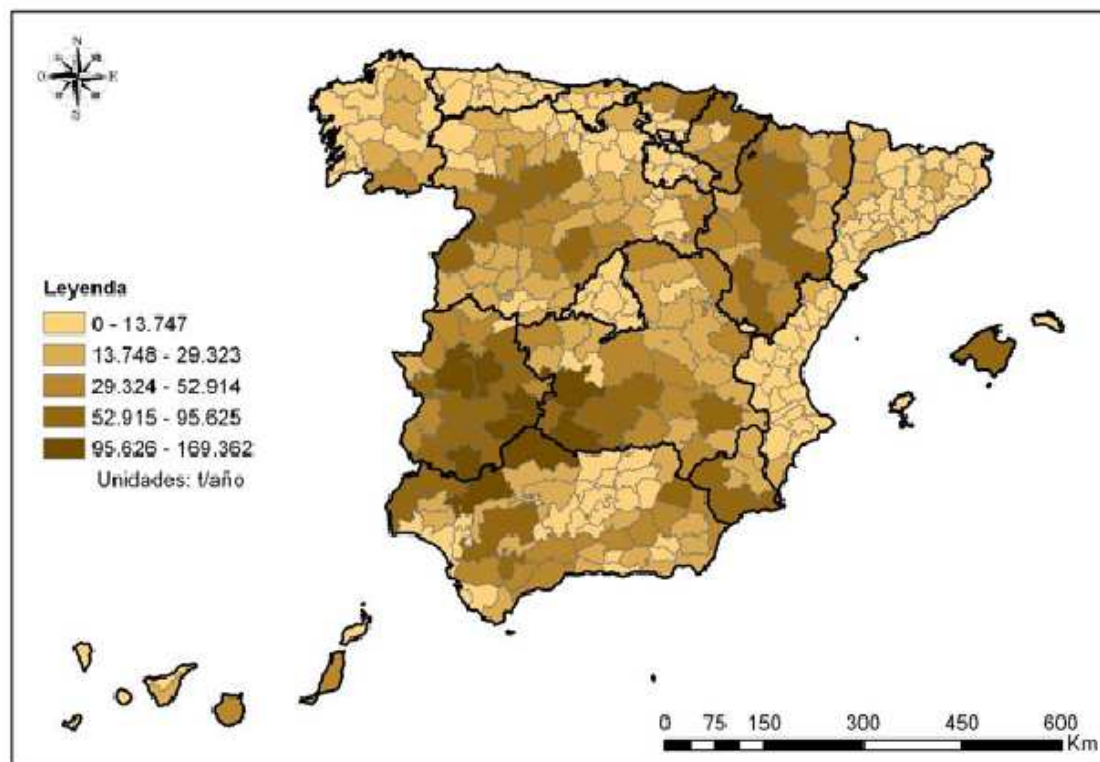
Id	Provincia	G3 (t/año)
01	Álava	4.810
02	Albacete	16.708
03	Alicante	15.369
04	Almería	17.418
05	Ávila	8.962
06	Badajoz	33.933
07	Balears (Illes)	26.415
08	Barcelona	82.332
09	Burgos	67.020
10	Cáceres	17.200
11	Cádiz	14.216
12	Castellón	101.433
13	Ciudad Real	11.062
14	Córdoba	31.855
15	Coruña (A)	35.925
16	Cuenca	60.068
17	Girona	95.022
18	Granada	33.742

Id	Provincia	G3 (t/año)
19	Guadalajara	168.445
20	Guipúzcoa	27.335
21	Huelva	68.638
22	Huesca	82.140
23	Jaén	21.388
24	León	34.629
25	Lleida	301.426
26	Rioja (La)	30.241
27	Lugo	64.787
28	Madrid	53.819
29	Málaga	41.976
30	Murcia	45.195
31	Navarra	45.091
32	Ourense	110.712
33	Asturias	24.139
34	Palencia	15.524
35	Palmas (Las)	32.698

Id	Provincia	G3 (t/año)
36	Pontevedra	91.041
37	Salamanca	7.334
38	S. C. Tenerife	31.791
39	Cantabria	19.188
40	Segovia	25.337
41	Sevilla	120.952
42	Soria	3.901
43	Tarragona	269.261
44	Teruel	31.205
45	Toledo	143.324
46	Valencia	82.189
47	Valladolid	164.371
48	Vizcaya	24.842
49	Zamora	10.983
50	Zaragoza	157.400
51	Ceuta	39
52	Melilla	-
<b>Total España</b>		<b>3.024.831</b>

Figura I.3: Categoría G3- Gallinaza. Mapa de distribución de materias primas. (Fuente: PROBIOGAS).

Tipo: G Ganaderos	Categoría: G4 Restos de otras especies	Subcategorías: G4.01 Corderos y chivos G4.02 Ovejas y cabras G4.03 Equinos
----------------------	---	---



Id	Provincia	G4 (t/año)
01	Álava	34.076
02	Albacete	239.732
03	Alicante	50.170
04	Almería	169.191
05	Ávila	108.331
06	Badajoz	954.225
07	Balears (Illes)	104.985
08	Barcelona	84.811
09	Burgos	122.303
10	Cáceres	553.163
11	Cádiz	123.718
12	Castellón	65.209
13	Ciudad Real	491.306
14	Córdoba	228.341
15	Coruña (A)	36.880
16	Cuenca	184.591
17	Girona	44.049
18	Granada	274.719

Id	Provincia	G4 (t/año)
19	Guadalajara	120.469
20	Guipúzcoa	69.324
21	Huelva	170.732
22	Huesca	277.095
23	Jaén	69.233
24	León	181.572
25	Lleida	110.530
26	Rioja (La)	61.769
27	Lugo	58.078
28	Madrid	42.437
29	Málaga	130.968
30	Murcia	242.480
31	Navarra	272.005
32	Ourense	62.175
33	Asturias	72.553
34	Palencia	117.898
35	Palmas (Las)	111.522

Id	Provincia	G4 (t/año)
36	Pontevedra	31.082
37	Salamanca	214.076
38	S. C. Tenerife	47.763
39	Cantabria	60.109
40	Segovia	143.983
41	Sevilla	261.050
42	Soria	130.489
43	Tarragona	56.818
44	Teruel	302.022
45	Toledo	165.090
46	Valencia	62.831
47	Valladolid	135.214
48	Vizcaya	44.356
49	Zamora	320.984
50	Zaragoza	306.549
51	Ceuta	-
52	Melilla	-
<b>Total España</b>		<b>8.323.058</b>

Figura I.4: Categoría G4- Restos de otras especies. Mapa de distribución de materias primas. (Fuente: PROBIOGAS).

Los residuos totales de origen ganadero, como ya hemos visto anteriormente se agrupan las siguientes categorías (véase figura 5):

- □ G1: Purín de cerdo.
- □ G2: Estiércol de vaca.
- G3: Gallinaza.
- G4: Estiércol de otras especies.

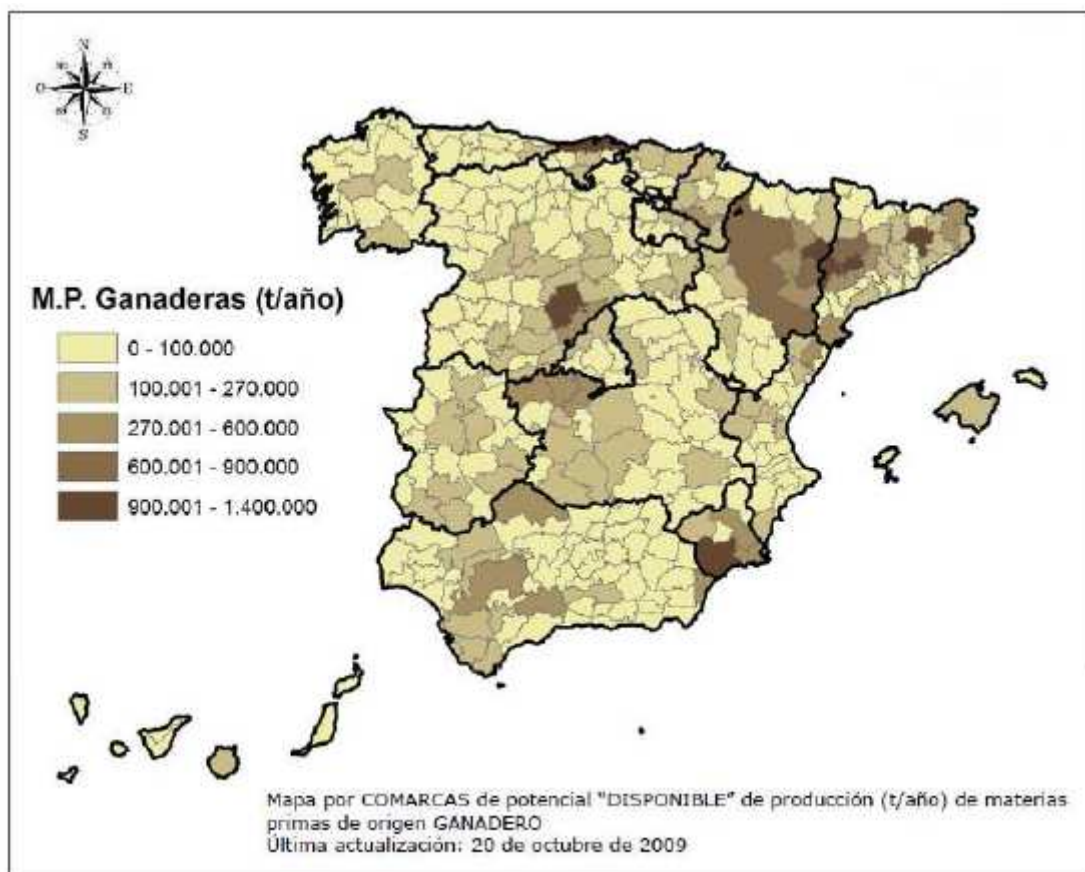
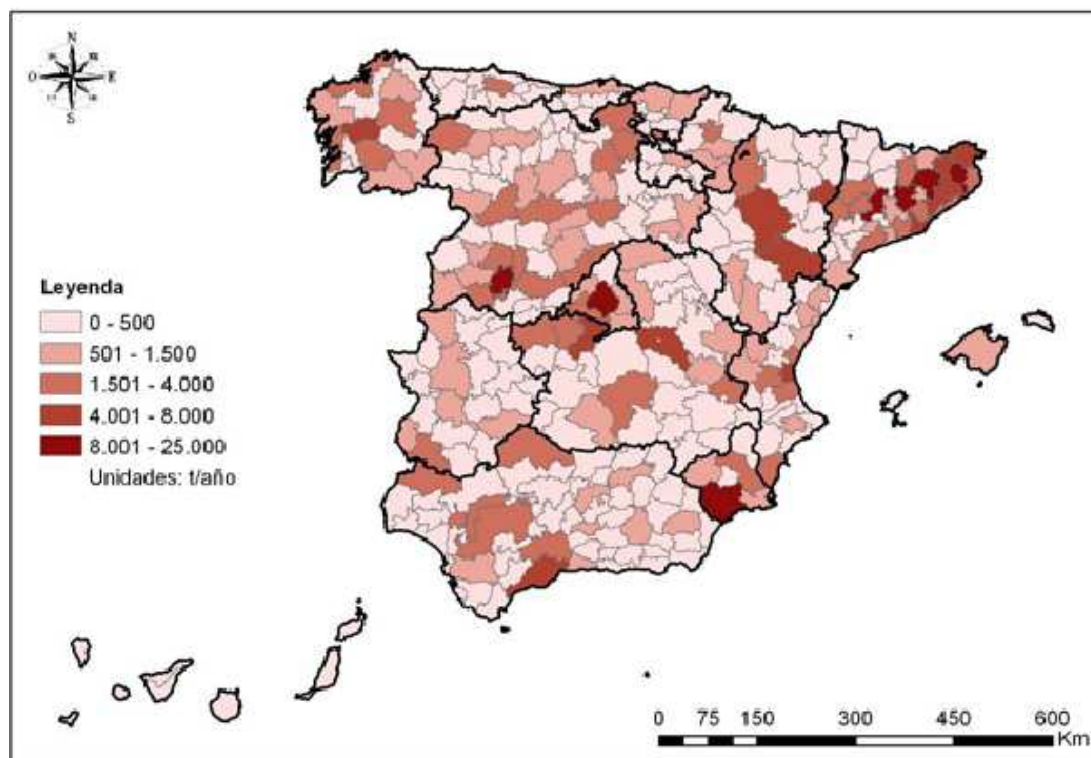


Figura I.5: Potencial disponible de residuos ganaderos totales actualizado a octubre de 2009.(Fuente: PROBIOGÁS).

Por último se muestra el mapa gráfico donde se muestra la cuantificación y distribución de los residuos de estabulación generados en las explotaciones ganaderas ya que estos pasan a formar parte del digestato junto con los estiércoles y purines de los animales (véase figura 6).

<p>Tipo: An Alimentarios de origen animal</p>	<p>Agrupación: An1_C Residuos de estabulación</p>	<p>Subcategorías: An1.21 RE-Porcino; An1.22 RE-Ovin. An1.23 RE-Bovino; An1.24 RE-Equin. An1.25 RE-Caprino; An1.26 RE-Aves An1.27 RE-Conejos</p>
---	---	---



Id	Provincia	An1_C (t/año)
01	Álava	538
02	Albacete	1.964
03	Alicante	3.062
04	Almería	1.041
05	Ávila	2.689
06	Badajoz	6.051
07	Balears (Illes)	1.143
08	Barcelona	55.115
09	Burgos	9.078
10	Cáceres	3.486
11	Cádiz	889
12	Castellón	2.585
13	Ciudad Real	4.616
14	Córdoba	2.190
15	Coruña (A)	4.694
16	Cuenca	9.921
17	Girona	34.966
18	Granada	2.378

Id	Provincia	An1_C (t/año)
19	Guadalajara	1.362
20	Guipúzcoa	1.180
21	Huelva	3.521
22	Huesca	6.616
23	Jaén	2.379
24	León	5.290
25	Lleida	18.041
26	Rioja (La)	1.403
27	Lugo	2.876
28	Madrid	12.507
29	Málaga	8.666
30	Murcia	20.054
31	Navarra	6.707
32	Ourense	5.190
33	Asturias	3.190
34	Palencia	1.366
35	Palmas (Las)	605

Id	Provincia	An1_C (t/año)
36	Pontevedra	8.876
37	Salamanca	22.237
38	S. C. Tenerife	782
39	Cantabria	890
40	Segovia	2.700
41	Sevilla	7.989
42	Soria	2.841
43	Tarragona	6.430
44	Teruel	6.728
45	Toledo	12.434
46	Valencia	15.020
47	Valladolid	5.199
48	Vizcaya	1.194
49	Zamora	3.625
50	Zaragoza	9.846
51	Ceuta	N.D.
52	Melilla	N.D.
<b>Total España</b>		<b>354.150</b>

Figura I.6: Residuos de estabulación. Mapa de distribución. (Fuente: PROBIOGAS).

***Anexo II:***  
***CARACTERIZACIÓN Y***  
***VALORACIÓN DE IMPACTOS***  
***EN EL POLÍGONO***  
***GANADERO DE FUNES***



La presencia de las explotaciones, su aprovechamiento y los residuos que genera llevan asociadas una serie de acciones con capacidad de generar afecciones medioambientales.

Los elementos del medio con capacidad de afección que se han considerado son los siguientes: residuos, molestias (ruidos y olores), afecciones a la atmósfera, a las aguas, al suelo, a la vegetación y los hábitats, a la fauna, al paisaje, a los usos del suelo, y al patrimonio histórico-cultural y socio-económico.

Del enfrentamiento por un lado de las acciones con capacidad de generar afección y de los elementos con capacidad de ser afectados, se obtiene la matriz de identificación de impactos.

### **Impacto por residuos ganaderos**

#### ***Residuos diferentes de los estiércoles y purines***

Se consideran en este apartado los residuos diferentes de los estiércoles y purines considerando como tales:

- Envases (de piensos, desinfectantes, medicamentos, etc.).
- Restos de sustancias tóxicas (desinfectantes, medicamentos, etc.), cuyo destino está, o bien asociado a los purines (limpiezas con agua que son canalizadas por las fosas de recogida de purines) o bien asociado a los envases.
- Ropa de trabajo desechable.
- Chatarra derivada del uso de maquinaria.
- Aceites derivados del uso de maquinaria.
- Cadáveres de animales.

Este tipo de residuos son, todos ellos, recogidos y tratados por gestores externos especializados (mancomunidades de recogida de residuos, institutos técnicos de gestión, etc.), con lo cual, el impacto generado por ellos desde el punto de vista exclusivo de la explotación, se considera como compatible. Las afecciones que puedan originar su tratamiento o vertido corresponden a los gestores externos.

Es necesario, eso sí, una rigurosa atención en que efectivamente sean recogidos por dichos gestores externos.

#### ***Estiércoles y purines***

En este caso, los estiércoles y purines generados y aprovechados como fertilizante agrícola, son tratados en detalle en las diferentes afecciones que originan en la atmósfera, suelo, aguas, etc., así como las molestias que pueden generar.

## **Emisión de malos olores**

### ***Explotación***

En el caso de las explotaciones propiamente dichas, los malos olores vienen generados principalmente por la presencia de balsas de purines y estercoleros y por los olores que por sí mismas generan las actividades ganaderas de las explotaciones.

Se considera éste como un impacto negativo, directo, extenso y a largo plazo, aunque de escasa intensidad, totalmente reversible y recuperable en caso de desaparecer los elementos que lo provocan.

En el caso de las naves del polígono ganadero, su utilización y las barreras naturales hacen que se considere como compatible.

### ***Aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines***

Los malos olores son generados en el momento de aplicar los purines en los campos de cultivo, así como en los días posteriores.

Al igual que en el caso anterior, se considera un impacto negativo, directo, extenso a largo plazo mientras se mantenga la actividad, aunque de escasa intensidad, totalmente reversible y recuperable en caso de desaparecer los elementos que lo provocan. Se considera este impacto como moderado.

## **Emisiones de ruidos**

### ***Explotación***

En el caso de las explotaciones propiamente dichas, los ruidos son generados sobre todo por la maquinaria operante. También se podría considerar el sonido generado por los propios animales, pero este queda muy limitado al interior de las naves.

Su incidencia es local, ceñida al área de la explotación y de baja intensidad, afectando únicamente a los trabajadores de la propia explotación o las cercanas, quizás también a los agricultores que laboren en parcelas contiguas, aunque siempre dentro de un entorno y unas actividades también generadoras de ruidos de características similares. Se considera como impacto no significativo para las naves del polígono ganadero.

### ***Aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines***

En este caso, la generación de ruidos se debe a la maquinaria agrícola utilizada para el reparto de los estiércoles y purines. Su incidencia es de intensidad muy baja,

duración muy limitada y enmarcada en un entorno de generación de ruidos similares. Se considera como impacto no significativo

### **Impacto en la atmósfera**

#### ***Explotación***

Se considera aquí los polvos y contaminantes químicos gaseosos producidos por la actividad.

Los polvos se generan principalmente por el tránsito de vehículos. Los contaminantes químicos gaseosos en este caso proceden de los gases producidos por la actividad ganadera (metano, amoníaco, etc.), así como los desprendidos por la maquinaria de trabajo.

Todas esas acciones tienen como efecto el incremento de la contaminación atmosférica. Tanto la producción de polvo como la de gases nocivos para la atmósfera será asumible en relación a la capacidad de absorción y dispersión de contaminantes de la atmósfera en esta zona. También hay que considerar que esta contaminación tan solo incidiría en el entorno inmediato, no quedaría afectada ninguna población y no tiene efectos acumulativos de consideración, al no existir una densidad elevada de explotaciones similares en las cercanías.

El impacto por todo ello se considera de incidencia baja, compatible.

#### ***Aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines***

Se consideran los polvos generados por el tránsito de la maquinaria; y los contaminantes químicos gaseosos derivados de la misma maquinaria y de los purines aplicados en los campos de labor. Al igual que en el caso anterior, la producción de polvo y la de contaminantes gaseosos es muy dispersa y asumible por la atmósfera. El impacto se considera como compatible.

### **Impacto en el suelo**

#### ***Explotación***

Los agentes causantes de impactos son derivados de las instalaciones: construcciones (naves, almacenes), caminos internos, fosas de hormigón y balsas de purines. Implica la desaparición o alteración total del suelo, compactación por el paso de maquinaria y contaminación por posibles vertidos (por ejemplo, aceites, productos sanitarios o incluso pequeñas cantidades de purín en su manejo).

El impacto es negativo, de alta intensidad y reversible a medio plazo en el supuesto de acabar la actividad. En cualquier caso, afecta a una superficie pequeña y la explotación ya está realizada, con lo cual no se producirá ninguna pérdida o alteración adicional del suelo.

Se considera este impacto como compatible.

### ***Aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines***

En este caso, el impacto en el suelo es causado por el aporte artificial de nutrientes.

Es un impacto en principio negativo, aunque hay que considerar otros factores adicionales. En primer lugar, señala sobre tierras con aprovechamiento agrícola y no existe una cobertura vegetal espontánea que realice estos aportes de forma natural, además de que estos aportes artificiales son posteriormente extraídos del suelo por los cultivos desarrollados. Por otro lado, el aporte de estos nutrientes sustituye a otros aportes artificiales que se realizarían de igual forma si no se hiciese este aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines. Por ello, se considera este impacto como compatible.

### **Impacto en las aguas**

#### ***Explotación***

El en caso de las naves del polígono, el abastecimiento de agua se realiza por la red general de abastecimiento del polígono.

Los posibles aportes a las aguas, tanto superficiales como subterráneas, son prácticamente nulos, ya que todo posible aportes es canalizado por el sistema de recogida y almacenamiento de estiércoles y purines, todo ello impermeable.

Se considera este impacto como no significativo.

### ***Aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines***

En el caso del aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines, hay que considerar los lixiviados, básicamente nitrogenados, que generan estos aportes. Estos lixiviados pueden llegar a afectar a aguas subterráneas y también, de forma indirecta, a aguas superficiales.

Es un impacto negativo, acumulativo, de duración temporal larga mientras no cese la actividad generadora, de afección extensa, y de elevada importancia debido, sobre todo, a su efecto acumulativo con el mismo tipo de impacto generado por la actividad agrícola en las zonas afectadas.

Al igual que en el caso de los impactos en el suelo, estos lixiviados serían igualmente generados si no se realizasen estos aportes, ya que el agricultor siempre realizaría un aporte artificial de una u otra forma. Sin embargo, no hay que perder de vista el efecto acumulativo con los lixiviados generados en otras parcelas agrícolas de las mismas zonas.

Se considera este impacto como moderado.

### **Impacto en los usos**

#### ***Explotación***

Las explotaciones se encuentran en funcionamiento desde hace varios años. Además, están ubicadas, por un lado, en una zona clasificada como polígono ganadero y, por otro, en una zona con abundantes construcciones agrícolas y ganaderas. Por lo tanto, la explotaciones en sí mismas no generan ningún tipo de impacto sobre los usos. Es, por tanto, un impacto no significativo.

#### ***Aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines***

El aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines ayuda a la fertilización del suelo, con el apoyo al uso agrícola de las parcelas donde se aporta. Es un aprovechamiento que, además, permite ahorrar al agricultor en fertilizantes inorgánicos. Es, por lo tanto, un impacto positivo para la actividad agrícola.

Otros posibles impactos sobre los usos, como la circulación de maquinaria por las vías pecuarias, no se consideran, ya que se realizaría en cualquier caso, y el aprovechamiento agrícola de los purines no supone ninguna afección añadida.

### **Impacto en la fauna**

#### ***Explotación***

El uso de sustancias tóxicas (desinfectantes, medicamentos, etc.), se considera como negativo, aunque se ciña al interior de las naves.

Por otro lado, hay que considerar que las desinfecciones consisten precisamente en la eliminación de seres vivos, tanto dañinos como inocuos, de la explotación.

Se considera como no significativo.

#### ***Aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines***

La única afección que podría originar sobre la fauna serían las molestias causadas por el tránsito de maquinaria y los malos olores generados temporalmente. Se considera como impacto no significativo.

### **Impacto en la vegetación y en los hábitats**

Al igual que ocurre con otro tipo de afecciones, las explotaciones ya se encuentran en funcionamiento desde hace ya tiempo, con lo cual no se afecta ningún tipo de vegetación o hábitat naturales.

El aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines es un aporte que se realiza exclusivamente en parcelas de cultivo, con lo cual tampoco afecta a ningún tipo de vegetación o hábitats naturales.

### **Impacto en la geología y geomorfología**

Las explotaciones ya se encuentran en funcionamiento desde hace tiempo, con lo cual, cualquier posible movimiento de tierras causante de un impacto sobre la geología y la geomorfología queda descartado.

El aprovechamiento agrícola de los estiércoles y purines tampoco supone ninguna afección geológica o geomorfológica.

### **Impacto en el paisaje**

Por otro lado, la parte principal de la explotación se ubica en un polígono ganadero junto con otras instalaciones ganaderas de diversos tipos, entre las que también se encuentran granjas de porcino. Este polígono tiene, por su ubicación y características geomorfológicas, una visibilidad prácticamente nula desde todo el entorno. Se considera impacto compatible.

El aprovechamiento de los purines no supone ningún impacto en el paisaje, aparte de las posibles molestias, tratadas en sus capítulos correspondientes.

### **Impacto en el patrimonio histórico-cultural**

No existe impacto de este tipo.

### **Valoración global de los impactos**

La lista de los impactos identificados, con su valoración de acuerdo a la metodología empleada, se exponen en la siguiente tabla resumen (*véase tabla 1*)

FACTORES AMBIENTALES	IDENTIFICACIÓN	VALORACIÓN	
		EXPLOTACIÓN GANADERA	APROV. PURINES
<b>RESIUDOS</b>	Generación de envases, restos de sustancias tóxicas, ropa de trabajo, etc.	Compatible	-
<b>OLORES</b>	Generación de malos olores	Compatible	Moderado
<b>RUIDOS</b>	Generación de ruidos	No significativo	No significativo
<b>ATMÓSFERA</b>	Emisión de polvos y contaminantes gaseosos	Compatible	Compatible
<b>SUELOS</b>	Pérdida de suelo, alteración de características físico-químicas, erosión	Compatible	Compatible
	Aporte artificial de nutrientes	-	Compatible
<b>AGUAS</b>	Extracciones	No significativo	-
	Lixiviados	No significativo	Moderado
<b>USOS</b>	Uso agrícola	-	Positivo
	Afecciones de los usos	No significativo	No significativo
<b>FAUNA</b>	Alteraciones de la fauna	No significativo	No significativo
<b>VEGETACIÓN Y HÁBITATS</b>	Alteraciones de la vegetación y/o hábitats naturales	-	-
<b>GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA</b>	Alteraciones en la geología y/o la geomorfología	-	-
<b>PAISAJE</b>	Impacto en el paisaje	Compatible	-
<b>PATRIMONIO</b>	Impacto en el patrimonio	-	-

Tabla II.1: Valoración global de los impactos ambientales.

***Impacto final residual***

El valor final de parte de los impactos queda reducido tras la aplicación de las medidas preventivas y correctoras que se indican en el punto anterior (*véase tabla 2*):

El mayor riesgo de la explotación viene derivado de los residuos, tanto los estiércoles y purines como los diferentes de éstos, incluyendo también los cadáveres de animales. Las afecciones que pudieran generar son fáciles de evitar simplemente cumpliendo la normativa vigente y prestando atención en la realización de las labores cotidianas de la explotación.

En el caso de las aplicaciones de los estiércoles y purines en parcelas agrícolas, también son fácilmente evitables las afecciones que pudieran generar si se presta atención a realizarlo según la legislación vigente y utilizando las dosis de aplicación correctas.

<b>VALORACIÓN GLOBAL FINAL</b>	<b>EXPLOTACIÓN</b>	<b>APROVECHA- MIENTO DE PURINES</b>
IMPACTO GLOBAL ANTES DE LA APLICACIÓN	<b>COMPATIBLE</b>	<b>COMPATIBLE</b>
IMPACTO FINAL RESIDUAL TRAS LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS	<b>COMPATIBLE</b>	<b>COMPATIBLE</b>

*Tabla II.2: Valoración global de los impactos. Fuente: elaboración propia*



***Anexo III:***  
***MEDIDAS PREVENTIVAS Y***  
***CORRECTORAS***

A continuación se exponen las medidas preventivas y/o correctoras que se llevan a cabo actualmente en las explotaciones ganaderas. Los objetivos de estas medidas son prevenir, minimizar o eliminar los impactos ambientales que conllevan las actividades ganaderas.

Existen medidas correctoras y/o preventivas en relación a las explotaciones y en relación a la aplicación de estiércoles y purines.

### ***Medidas correctoras y/o preventivas respecto a las explotaciones***

- Cualquier tipo de residuo distinto de los estiércoles y purines (envases, plásticos, restos de sustancias tóxicas, ropa de trabajo, etc.) será recogido y tratado por algún gestor externo autorizado (mancomunidad, ayuntamiento, etc.).
- Los residuos de medicamentos y tratamientos sanitarios producidos se recogerán y gestionarán por un gestor autorizado de residuos peligrosos, de acuerdo con la legislación vigente.
- Los cadáveres de animales muertos serán recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1774/2002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra, en particular y, muy especialmente, la Orden Foral 213/2006 y la normativa que la desarrolle.
- La gestión de los purines será tal que nunca sea completado el 10% superior de la capacidad total de almacenaje de los depósitos de almacenamiento de estiércoles y purines.
- Se prestará especial atención a que se mantenga sin completar ese 10% superior de la capacidad total de almacenaje en los periodos en los que se realiza la limpieza de las instalaciones, en los que el aporte puede ser puntualmente muy elevado, debido no a los estiércoles líquidos, sino al agua utilizada para las tareas de limpieza.
- Se evitará los vertidos de aceites lubricantes, combustibles y cualquier otro producto tóxico procedente de la maquinaria o de las instalaciones. Cualquier operación de mantenimiento de los vehículos y equipos se realizará de forma que se recojan los productos tóxicos en contenedores adecuados para su posterior entrega a los gestores autorizados.
- Las labores de mantenimiento de la maquina se realizarán, siempre que sea posible, en los talleres autorizados de ello. Si fuera necesario alguna labor *in situ* se evitará el vertido de líquidos combustibles y lubricantes en el terreno.
- Se prestará especial atención a que tanto el cerramiento de la explotación como el cerramiento de las balsas de purines estén siempre en buenas condiciones.
- De acuerdo con la normativa en vigor, especialmente el Decreto Foral 148/2003, en ningún caso se utilizarán pozos filtrantes, balsas de

evaporación de estiércol líquido, aliviaderos y cualquier tipo de salidas directas y a colectores o cursos de agua.

***Medidas correctoras y/o preventivas respecto a la aplicación de los estiércoles y purines en parcelas de cultivo***

- La explotación poseerá y mantendrá actualizado el Libro de Registro de Gestión de Estiércol, que, de acuerdo con el Decreto Foral 148/2003 y modificada por el Decreto Foral 76/2006, de condiciones ambientales de las instalaciones ganaderas, contendrá la siguiente información:
  - a) Cantidad de estiércol y purín producida.
  - b) Cantidad de estiércol y purín utilizada como fertilizante directamente por el ganadero.
  - c) Identificación de las parcelas agrícolas destinatarias del estiércol y purín, señalando fecha, cantidad aplicada y porcentaje de la parcela utilizado para la valoración.
  - d) Cantidad de estiércol y purín entregada para su aplicación como fertilizante a otra explotación agraria cuyo titular sea distinto al de la explotación ganadera productora.
  - e) Cantidad de estiércol y purín entregada a los centros de distribución que puedan establecerse e identificación de los destinatarios.
  - f) Cantidad de estiércol y purín entregada para tratamiento de compostaje, digestión anaerobia y secado térmico, identificando los centros responsables de los tratamientos.
- Los estiércoles y purines se aplicarán única y exclusivamente en las parcelas de cultivo autorizadas para ello.
- Los aportes totales de nitrógeno no deberán sobrepasar en ningún caso los 250 Kg por hectárea y año en zonas no vulnerables y 170-210 Kg por hectárea y año en zonas declaradas vulnerables.
- La instalación deberá, en todo momento, acreditar superficie agraria suficiente, propia o contratada, para cumplir con el Plan de Producción y Gestión de Estiércoles aprobado para cada explotación ganadera.
- No se aplicarán los estiércoles y purines en las parcelas de cultivo cuando las condiciones meteorológicas sean adversas, cuando el suelo se encuentre helado o cubierto de nieve, encharcado o saturado de agua, en terrenos llecós o eriales permanentes o cuando la pendiente sea mayor del 20% o, en general, con cualquier limitación que imponga la legislación vigente en el momento.
- La aplicación de los estiércoles y purines en parcelas de cultivo se realizará respetando las distancias reflejadas en el Decreto Foral 148/2003 y modificado por el Real Decreto 76/2006, que son las siguientes:
  - a) A caminos: 5 metros. (3)
  - b) A carreteras: 15 metros. (3)

- c) A núcleos de población menores de 300 habitantes: 100 metros, 200 metros para porcino. (2)
- d) A núcleos de población mayores de 300 habitantes: 200 metros. (2)
- e) A cauces de agua, lagos y embalses: 35 metros, pero se incrementa a 50 metros si la pendiente del terreno es mayor del 10%. (1)
- f) A pozos, manantiales y embalses para abastecimiento público: 250 metros, siempre respetando el perímetro de protección de los mismos.
- g) A tuberías de conducción de agua y depósitos para abastecimiento público: 15 metros.
- h) A zonas de baño tradicionales: 200 metros.

*(1) Sin perjuicio de las competencias de las Confederaciones Hidrográficas. Se consideran cauces de agua, a estos efectos, aquellos que incluso conduzcan únicamente aguas de escorrentía pluvial.*

*(2) La mitad si se aplica con un sistema de enterramiento.*

*(3) Excepto en el caso de sistemas de reparto localizado que impidan el aporte de residuos al camino y sus cunetas*

- No podrá utilizarse estiércol líquido en fincas donde exista potencial elevado de contaminación de corrientes de agua por escorrentía. Tampoco podrá utilizarse en terrenos donde los acuíferos sean muy permeables, presentando alto riesgo de contaminación. En terrenos donde la contaminación de los acuíferos pueda revestir características variables (areniscas, margas, etc.), deberá comprobarse en cada caso la imposibilidad de la contaminación.
- Los estiércoles y purines se aplicarán de forma uniforme por toda la parcela.
- La aplicación de estiércoles y purines en terrenos sin cultivo o cuando el cultivo lo permita, se realizarán mediante enterramiento de éstos en un plazo de 24 horas, excepto cuando las condiciones climáticas sean desfavorables e impidan esta operación.
- Se evitará cualquier posible escape o fuga en el proceso de llenado de la cuba de purines, así como en su traslado a los campos de cultivo.
- La aplicación de los estiércoles y purines se realizará siempre en las dosis correctas.
- No se podrá limpiar la maquinaria empleada para la aplicación de purines sobre aguas corrientes o estancadas.

***Anexo IV:***  
***PLANTILLA CUESTIONARIO***  
***GANADEROS***

- **IDENTIFICACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN**
  - Titular.
  - Domicilio social.
  - C.I.F.
  - Código de explotación.
  - Emplazamiento.
  - Referencia cartográfica.
  - Coordenadas UHT.
  - Referencia catastral.
  - Clasificación catastral.
  
- **DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**
  - Características generales.
  - Naves de alojamiento del ganado.
  - Fosas exteriores para almacenamiento de purines y estiércoles.
  - Zonas pavimentadas.
  - Sistema de gestión de purines.
  
- **FUNCIONAMIENTO DE LA EXPLOTACIÓN**
  - Objeto de la explotación.
  - Sistema de la explotación.
  - Funcionamiento de la explotación detallado.
    - a) Capacidad.
    - b) Capacidad nominal UGM.
    - c) Producción anual máxima esperada.
    - d) Peso de los animales a la entrada (cebo).
    - e) Peso de los animales a la salida (cebo).
    - f) Ganancia media diaria GMD (cebo)
    - g) Días de vacío sanitario (porcino).
  - Producción y gestión de estiércoles y purines.
  - Gestión de cadáveres.
  - Alimentación.
    - a) Composición.
    - b) Cantidad aportada.
  
- **CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA**
- **OLORES Y HUMOS**
- **RUIDOS Y VIBRACIONES**
- **TRÁFICO GENERADO**

*Anexo V:*  
***DESCRIPCIÓN DETALLADA DE  
LAS EXPLOTACIONES  
GANADERAS DEL POLÍGONO  
GANADERO DE FUNES***

## ***Explotación de cebo de porcino Jesús Díaz Terés***

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Jesús Díaz Terés.
- Domicilio social: Ctra. Peralta, 78; CP: 31360-Funes.
- C.I.F.: 018.202.552-F
- Código de Explotación: 107NA05
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.300; Y= 4.686.475.
- Referencia catastral: Polígono 4; Parcela 587.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de porcino.

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

A modo de introducción, la explotación está conformada por dos naves que alojan ganado, cada una con una capacidad de 1560 plazas.

Cabe decir que la explotación está dividida en dos partes, englobadas por dos naves bajo el mismo código de explotación. La más importante está ubicada en el lugar descrito, y tiene una capacidad de 3120 plazas. Otra nave, más antigua y con capacidad para 900 plazas, está ubicada en un lugar diferente.

Las características indicadas a continuación se referirán a las naves principales de la explotación, es decir, las ubicadas en el polígono ganadero.

No existen regatas ni cauces fluviales cercanos. El polígono ganadero y, por lo tanto, la explotación, se encuentran en una zona alejada de posibles elementos susceptibles de contaminación. El entorno está formado por más explotaciones ganaderas (sobre todo de porcino y vacuno de leche), así como campos de labor en secano y eriales.

El acceso se realiza por la carretera NA-6631, que enlaza el núcleo urbano de Falces con la carretera NA-115 Tafalla-Peralta-Rincón.



El área de estudio se localiza en la hoja 244 (25-11), Alfaro, de la cartografía oficial Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50000.

### **Descripción de las instalaciones**

#### ***Características generales***

El objeto de la actividad es el engorde de ganado porcino.

Las naves principales de la explotación se dedican a la actividad mencionada desde el año 1998, en el que se concede la Licencia de Apertura por el Ayuntamiento de Funes.

La explotación consta de los siguientes elementos:

- Dos naves de 90x14 m (1260 m<sup>2</sup>) en planta dedicadas al alojamiento y engorde del ganado.
- Tres fosas exteriores de purines con una dimensión unitaria en planta de 20x5 m (100 m<sup>2</sup>).
- Caseta para personal (oficina, cambio de ropa, baños, refugio para almuerzo, etc.), con una dimensión en planta de 5x5 m (25 m<sup>2</sup>).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 5340 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 2520 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las fosas de purines: 300 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la caseta de servicios: 25 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente cercada con una valla de malla metálica de 2,5 metros de altura, con postes metálicos anclados al terreno con base de hormigón.

#### ***Naves de alojamiento del ganado***

Son naves de una dimensión en planta de 90x14 metros, construidas con pórticos de hormigón separados 5 metros. El cerramiento está realizado a base de bloque de hormigón celular blanco.

La cubierta es a dos aguas con pendiente de 30°. Está formada por viguetas pretensadas de hormigón, con placas de fibrocemento dejando un caballete corrido en la cumbrera para facilitar la aireación.

La solera de las naves es de hormigón con emparrillado de hormigón armado para recogida de purines y residuos.

Bajo los emparrillados se sitúan las fosas interiores para recogida de residuos y purines, en forma de fosa de 1,5 metros de profundidad y 2,0 metros de anchura, de sección rectangular.

La ventilación se produce mediante ventanales automáticos controlados por el ordenador.

El sistema de alimentación es automático, con tolvas cilíndricas de PVC a las que le llega el pienso por una cinta sinfín embebida en una tubería de PVC.

Los bebederos son del tipo tolva húmeda holandesa, es decir, en una misma tolva se suministra el pienso y el agua.

Cada nave posee dos silos para almacenamiento de pienso así como sus correspondientes fosas para recogida de purines, en hormigón armado.

El abastecimiento de agua y de luz se realiza por medio de una red de abastecimiento general.



*Figura V.1: Interior de las naves de la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: elaboración propia).*



Figura V.2: Corral de la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: elaboración propia)

### ***Fosas exteriores para almacenamiento de purines***

La explotación posee tres fosas de purines con una dimensión unitaria en planta de 20x5 metros (100 m<sup>2</sup>) y una profundidad de 3 metros, construidas en hormigón armado. Su ubicación se refleja en la siguiente imagen. Estas fosas son descubiertas, y están valladas de forma individual con red metálica de 2,5 metros de altura con postes metálicos anclados al suelo con bloques de hormigón.



Figura V.3: Situación de las fosas exteriores de purines en la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: SITNA).



Figura V.4: Fosa de purines nº1 en la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: elaboración propia).



Figura V.5: Fosa de purines nº2 en la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: elaboración propia).



*Figura V.6: Fosa de purines nº3 en la granja de Jesús Díaz Terés. (Fuente: elaboración propia).*

### ***Zonas pavimentadas***

Esta explotación no posee zonas pavimentadas, si bien toda la superficie transitada está recubierta con zahorra artificial (“todo-1”) compactada.

### ***Sistema de gestión de purines***

El purín producido en cada nave es almacenado provisionalmente en las fosas bajo emparrillado de las naves y en depósitos externos de hormigón armado.

Las fosas de la misma nave poseen una longitud de 90 metros (la longitud de la nave), una anchura de dos metros y una profundidad de 1,5 metros. Existen 4 por nave, con una capacidad total para las dos naves de 2160 m<sup>3</sup>.

Estas fosas interiores descargan, de forma controlada manualmente con arqueta, a los depósitos externos de hormigón armado, mediante tubo de PVC de 25 mm de diámetro interno.

Los tres depósitos externos de hormigón armado, tienen unas dimensiones de 20x5x3 metros con una capacidad de 300 m<sup>3</sup> por depósito (900 m<sup>3</sup> en total). Estos depósitos están vallados convenientemente de forma individual.

La capacidad de recogida de purines de las naves del polígono ganadero es, por lo tanto de 3060 m<sup>3</sup>.

## **Funcionamiento de la explotación**

### ***Objeto de la explotación***

La explotación se dedica al engorde de ganado porcino para el abastecimiento de carne en el mercado. El número de plazas es de 1560 en cada una de las dos naves de las instalaciones, lo que hace un total de 3120 plazas.

### ***Sistema de explotación***

La explotación funciona mediante contrato con “integradora”.

Este tipo de gestión de explotaciones ganaderas, mediante contrato con integradora, se caracteriza por:

- La integradora aporta los animales: se encarga de su entrega al ganadero en forma de lechones y se encarga de la recogida y transporte a matadero de los cerdos ya engordados.
- El ganadero aporta las instalaciones y la mano de obra para engordar a los animales.
- La integradora aporta al ganado los piensos y productos veterinarios necesarios para el correcto desarrollo de la actividad. La integradora cobra por ello.
- El ganadero aporta y cubre los gastos de abastecimiento eléctrico y el agua de la explotación.
- El ganadero es responsable de la eliminación de los desechos y residuos que genere la actividad, desde envases y recipientes hasta los purines.

Cabe hacer un comentario relacionado con el pienso y con los productos veterinarios: estos son aportados por la integradora al ganadero, de tal forma que el ganadero no ejerce control sobre sus características. Conoce su composición, pero no puede decidir sobre ella.

Este sistema de gestión de una explotación ganadera tiene sus ventajas y sus inconvenientes.

Entre las ventajas, la principal es el disponer de cierta seguridad en la salida del “producto” (los cerdos ya engordados) y de la comodidad que supone el limitarse al cuidado de los animales y de las instalaciones, despreocupándose de las gestiones previas (entrada de lechones) y posteriores (salida de cerdos al matadero).

Entre los inconvenientes, el principal es resultante de estar “atado” a una empresa integradora, dependiendo de ésta en la entrada y salida de los animales, en la calidad del pienso y los productos veterinarios, en la limitación de las retribuciones económicas, etc. Estos factores se agudizan en época de crisis.

Este sistema de gestión de explotaciones mediante contrato con integradora es el más utilizado por las explotaciones navarras.



*Figura V.7: Otra foto del uno de los corrales en la granja de Jesús Díaz Terés.(Fuente: elaboración propia).*

### **Funcionamiento de la explotación**

De forma esquemática, el proceso de la explotación es el siguiente:

- 1) Se introducen los lechones de 18-20 kg de peso en las instalaciones.
- 2) Estos lechones son alimentados, cuidados y engordados, durante aproximadamente 5 meses, hasta alcanzar un peso aproximado de 112-115 kg.
- 3) Los cerdos ya crecidos se sacan de la explotación con destino al matadero.
- 4) Las instalaciones se limpian y desinfectan para prepararlas para la siguiente entrada de lechones.

El funcionamiento básico es del tipo “todo dentro-todo fuera”. Es decir, en una misma nave se introducen los lechones de un mismo peso a la vez, son engordados de forma simultánea, y cuando alcanzan el peso para ser llevados al matadero, se sacan todos a la vez de la nave.

En el caso de esta explotación, este sistema “todo dentro-todo fuera”, es llevado para cada nave y no para el conjunto de la explotación. Es decir, si bien todos los animales de una misma nave son iguales en edad y peso, los de una nave son diferentes a los de la otra nave. Así logra una producción más escalonada y una mejor gestión de la explotación de acuerdo con los intereses particulares del ganadero.

De acuerdo con este sistema, el número de rotaciones (camadas) anuales es de 2,2.

El suministro de energía eléctrica y el abastecimiento de agua se realizan mediante conexión a las redes eléctricas generales del polígono ganadero.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos tipo tolva holandesa, con comedero incorporado.

El sistema de ventilación es estática, con regulación de entrada y salida de aire en cada nave en función de la temperatura interior. Los ventanales están controlados mediante un sistema informático central y están convenientemente protegidos por malla para evitar la entrada de pájaros.

Las naves disponen de emparrillado de hormigón armado sobre fosas interiores de hormigón, para la evacuación de purines, con sistema de vaciado por gravedad a través de una red de canalización de los mismos hasta las fosas exteriores.

No se utiliza cama de paja ni ningún otro tipo de cama.

La eliminación de los residuos (purines, restos de medicamentos y productos de limpieza, cadáveres de animales, envases, etc.), se describe en los capítulos correspondientes.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación son los siguientes:

- Capacidad: 3120 plazas.
- Capacidad nominal en UGM: 480 UGMs.
- Producción anual máxima esperada: 6864 cerdos de 113 Kg (2,2 camadas).
- Peso de los lechones a la entrada: 18-20 Kg.
- Peso de los cerdos a la salida: 112-115 Kg.
- Ganancia media diaria: 626, 67 gr.
- Días de vacío sanitario: 7 días.





*Figura V.8: Otra foto del interior de la nave de la granja de Jesús Díaz Terés. (Fuente: elaboración propia).*

### ***Producción y gestión de purines***

La producción, gestión, caracterización analítica, etc., de los estiércoles generados (purines), se trata en el capítulo siguiente.

### ***Gestión de cadáveres***

Por término medio, la cantidad de animales muertos por cada camada es de un 3%, es decir alrededor 94 cerdos por camada.

Por edades, el número medio aproximado de bajas es el siguiente:

- Primer mes: 27 (0,87%)
- Segundo mes: 18 (0,58%)
- Tercer mes: 27 (0,87%)
- Cuarto mes: 22 (0,68%)

Este es un valor medio estimado. El valor exacto de cada manada depende de muchos factores, y en una camada puede ser menor o puede ser mayor. En cualquier caso, éste es un valor medio real.

Los cadáveres de animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1774/2002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra, en particular y muy especialmente, la Orden Foral 213/2006 y la normativa que la desarrolla.

### ***Alimentación***

En la alimentación de los cerdos se utilizan cuatro tipos de piensos, todos ellos a base de cereales y soja, como es habitual para este tipo de ganado:

- Un tipo de pienso para el período que va entre la entrada de los lechones en la explotación (19 Kg) hasta que estos alcanzan los 40 Kg.
- Un tipo de pienso para el periodo que va entre que los cerdos tienen 40 Kg y 60 Kg.
- Un tipo de pienso para el período que va entre que los cerdos tienen 60 Kg y 80 Kg.
- Un pienso para el periodo que va entre que los cerdos tiene 80 Kg, hasta que se llevan al sacrificio (con 112-115 Kg).

De forma concreta, las características en cuanto a composición y analítica de estos piensos son las siguientes:

	<b>PIENSO INICIO</b>	<b>PIENSO 40-60 KG</b>	<b>PIENSO 60-80 KG</b>	<b>PIENSO FINAL</b>
<b>MATERIAS PRIMAS</b>				
<b>Cebada</b>	28,85 %	40,00 %	43,23 %	35,87 %
<b>Trigo</b>	30,00 %	33,28 %	30,00 %	35,00 %
<b>Harina de soja tostada</b>	23,22 %	18,71 %	18,39 %	12,43 %
<b>Manteca</b>	4,00 %	4,57 %	5,63 %	4,00 %
<b>Carbonato cálcico</b>	1,23 %	1,34 %	1,28 %	1,14%
<b>Cloruro de sodio</b>	0,45 %	0,45 %	0,45 %	0,65 %
<b>Fosfato monocálcico</b>	0,61 %	0,36 %	0,20 %	0,24 %
<b>Maíz</b>	10,00 %	-	-	2,45 %
<b>Pulpa remolacha azucarera</b>	-	-	-	7,59 %
<b>Lisina 50% líquida</b>	0,73 %	-	-	-
<b>Metionina</b>	0,15 %	-	-	-
<b>Treonina</b>	0,15 %	-	-	-
<b>ANALÍTICA</b>				

<b>Proteína bruta</b>	17,93 %	16,71 %	16,22 %	14,22 %
<b>Materias grasas brutas</b>	5,99 %	6,20 %	7,25 %	5,66 %
<b>Cenizas brutas</b>	5,20 %	4,69 %	4,52 %	4,73 %
<b>Celulosa bruta</b>	3,85 %	3,89 %	3,94 %	4,71 %
<b>Lisina</b>	1,22 %	1,11 %	0,95 %	0,76 %
<b>ADITIVOS</b>				
<b>Vitamina A</b>	10000 UI/Kg	7500 UI/Kg	7500 UI/Kg	7500 UI/Kg
<b>Vitamina D3</b>	2000 UI/Kg	1500 UI/Kg	1500 UI/Kg	1500 UI/Kg
<b>Vitamina E</b>	70,0 mg/Kg	20,0 mg/Kg	20,0 mg/Kg	20,0 mg/Kg
<b>Butilhidroxitolueno</b>	5,0 mg/Kg	4,0 mg/Kg	4,0 mg/Kg	4,0 mg/Kg
<b>Cobre</b>	155,0 mg/Kg	10,0 mg/Kg	10,0 mg/Kg	10,0 mg/Kg
<b>Cloruro de L-lisina (%)</b>	-	0,70 %	0,39 %	0,27 %
<b>Metionina (%)</b>	-	0,12 %	0,04 %	0,01 %
<b>L-Treonina (%)</b>	-	0,12 %	0,04 %	0,01 %
<b>Endo-1,4 beta-xilanasa n° CEE17</b>	-	1500 EPU/Kg	1500 EPU/Kg	1500 EPU/Kg
<b>Endo-1,3(4)-beta- glucanasa n° CEE 30</b>	20000 UAGL	-	-	-
<b>Endo-1,3(4)-beta-xilanasa n° CEE 30</b>	14000 Uvisc/Kg	-	-	-
<b>3-Fitasa EC 3.1,3.8-n° CEE 1600</b>	-	500 FTU/Kg	500 FTU/Kg	500 FTU/Kg
<b>Ácido propiónico E280</b>	680 gr/Tm	680 gr/Tm	680 gr/Tm	340 gr/Tm
<b>Formiato de amonio E295</b>	520 gr/Tm	520 gr/Tm	520 gr/Tm	260 gr/Tm
<b>Ácido fórmico E236</b>	300 gr/Tm	300 gr/Tm	300 gr/Tm	150 gr/Tm
<b>Propionato de amonio E284</b>	100 gr/Tm	100 gr/Tm	100 gr/Tm	50 gr/Tm

Tabla V.1: Composición y analítica de los piensos suministrados en la granja Jesús Díaz Terés.

La cantidad media que consumen los cerdos por día es:

- Entre 18-20 Kg y 40 Kg: 1,2 Kg por cerdo y día.
- Entre 40 Kg y 60 Kg: 1,5 Kg por cerdo y día.
- Entre 60 Kg y 80 KG: 2,0 Kg por cerdo y día.
- Entre 80 Kg y 112-115 Kg: 2,5 Kg por cerdo y día.

El pienso es proporcionado por la empresa integradora, de forma que el ganadero no puede elegir ni decidir sobre su composición. Este aspecto es importante sobre todo en cuanto al estudio de Mejores Técnicas Disponibles (MTDs).

El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.



Figura V.9: Tolva tipo húmeda holandesa en la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: elaboración propia).

### Agua

El abastecimiento de agua se produce mediante la tubería de abastecimiento general del polígono ganadero.

De acuerdo con el “Documento Técnico sobre Mejoras Técnicas Disponibles (Mods) para el sector de ganadería intensiva de cerdos”, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el consumo medio de los animales es de 8,3 litros por animal y día como valor medio para los cerdos de engorde. De acuerdo con este dato, el consumo de agua por los animales sería, según esta fuente, de 5025000 de litros (o lo que es lo mismo, 5025 m<sup>3</sup>).

Según la misma fuente, el consumo medio de agua de limpieza varía entre 19,5 y 246 litros por cerdo y periodo productivo.

La explotación utiliza una máquina limpiadora con agua a presión, lo que reduce considerablemente el gasto en agua utilizada en limpieza. Considerando 25 litros por cerdo y periodo productivo, un número de 3120 plazas y dos periodos productivos al año, el total gastado en agua de limpieza sería, según esta fuente, de 75 m<sup>3</sup> al año).

La forma de aporte de agua a los cerdos es *ad limitum*, es decir, no se realiza un ajuste manual del caudal del bebedero, sino que éste se ajusta al consumo del animal.

Por otro lado, teniendo en cuenta que se utilizan bebederos de tipo tolva holandesa y que se lleva un control de las posibles fugas, el consumo de agua se ve considerablemente reducido respecto al dato teórico oficial indicado.

Los datos de consumo real de agua por la explotación son los siguientes:

- Producción: 5025 m<sup>3</sup> anuales.
- Limpieza: 75 m<sup>3</sup> anuales.
- Total: 5100 m<sup>3</sup>.

### **Energía**

En el estudio de la energía consumida, cabe hacer varias diferenciaciones.

- Por un lado, está la energía eléctrica consumida por la explotación para la actividad de engorde de ganado propiamente dicha, cuya fuente es la red de abastecimiento general eléctrico.
- Por otro lado, está el combustible consumido por la maquinaria (fundamentalmente el tractor).

La potencia contratada por la parte de la explotación ubicada en el polígono ganadero es de 9,9 kW. El consumo anual medio es de 585 Kwh.

El consumo en combustible en la maquinaria es alrededor de 2500 litros de gasóleo diesel al año.

### **Productos químicos**

Entre cada salida de ganado al matadero y cada entrada de lechones, se realiza el llamado vacío sanitario, tiempo en el cual se realiza la desinfección de las instalaciones.

Para esta desinfección se utiliza un producto a la vez bactericida, fungicida y viricida.

Su composición es la siguiente:

- Glutaraldehído: 15 %
- Cloruro de didecildimetilamonio: 10%
- Disolventes y excipientes : 100%

Este producto tiene los siguientes números de registro:

- 02-20/40-02776
- 02-20/40-02776 HA

### ***Olores y humos***

Los malos olores propios de este tipo de explotaciones se concentran específicamente en dos aspectos: la explotación propiamente dicha, con la presencia de las fosas, tanto interiores como exteriores, de purines; y la valorización agronómica de los purines en el campo.

El análisis de los olores y el impacto generado por ellos se estudia en el estudio de afecciones medioambientales.

En este aspecto es necesario hacer una referencia a que la ubicación del polígono ganadero en una zona separada de núcleos urbanos por relieves topográficos hace que no se generen molestias por los malos olores producidos en la explotación en sí misma.

En cuanto a los humos, no se producen en la explotación propiamente dicha, ya que el aporte de energía es eléctrico. El único aporte de humos que cabría considerar es el de la maquinaria utilizada para la valorización agrícola de los purines.

### ***Ruidos y vibraciones***

Este tipo de actividad no genera ruido o vibraciones considerables. Los únicos a considerar son los generados por el tráfico de vehículos (tractor, camiones de traslado de animales, camiones de abastecimiento de pienso, camiones de recogida de cadáveres de animales, etc.)

En mucha menor medida, se podría citar el generado por el reparto automático del pienso desde los silos; el generado por la máquina de lavado a presión y el generado por los propios animales.

### ***Tráfico generado***

La actividad no genera un tráfico considerable. El principal es el relacionado con el traslado de los animales (lechones que llegan a la explotación y cerdos que se sacan de ésta hacia el matadero), que se produce dos veces al año.

También se podría citar el tráfico generado por los camiones de abastecimiento de pienso, de los camiones de recogida de cadáveres, del tractor, del vehículo del trabajador, etc., pero son muy poco significativos.

## ***Explotación de cebo de porcino Ursua Sobejano S.L.***

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Ursúa Sobejano S.L.
- Domicilio social: Avda. La Sardilla, 16 ; CP: 31360-Funes.
- C.I.F.: B-31255250
- Código de Explotación: 107NA05
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.450; Y= 4.686.410.
- Referencia catastral: Polígono 4; Parcelas 588 y 602.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de porcino.

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

A modo de introducción, la explotación está conformada por cuatro naves que alojan ganado, dos con una capacidad de 1500 plazas cada una que están localizadas al lado sur del camino del polígono ganadero y otras dos más pequeñas, situadas en el lado norte del camino, con una capacidad de 750 plazas cada una, ya que sus dimensiones son la mitad que la de las otras naves.

No existen regatas ni cauces fluviales cercanos. El polígono ganadero y, por lo tanto, la explotación, se encuentran en una zona alejada de posibles elementos susceptibles de contaminación. El entorno está formado por más explotaciones ganaderas (sobre todo de porcino y vacuno de leche), así como campos de labor en seco y eriales.

El acceso se realiza por la carretera NA-6631, que enlaza el núcleo urbano de Falces con la carretera NA-115 Tafalla-Peralta-Rincón.

El área de estudio se localiza en la hoja 244 (25-11), Alfaro, de la cartografía oficial Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50000.



Figura V.10: Vista general de la explotación de porcino Ursua Sobejano S.L. (Fuente: SITNA).

### **Descripción de las instalaciones**

#### ***Características generales***

El objeto de la actividad es el engorde de ganado porcino.

Las naves principales de la explotación se dedican a la actividad mencionada desde el año 1995, en el que se concede la Licencia de Apertura por el Ayuntamiento de Funes.

La explotación consta de los siguientes elementos:

- Cuatro naves: dos de ellas de 90x14 m (1260 m<sup>2</sup>) y otras dos de 45x14 m (630 m<sup>2</sup>) en planta dedicadas al alojamiento y engorde del ganado.
- Tres fosas exteriores de purines:
  - 1) Una de 21x7 m en planta (147 m<sup>2</sup>), de planta rectangular.
  - 2) Una de 21x6 m en planta (126 m<sup>2</sup>), de planta elíptica.
  - 3) Una de 20x5 m en planta (100 m<sup>2</sup>), de planta rectangular.
- Almacén para maquinaria y oficinas, de 30x14 m (420 m<sup>2</sup>).
- Pequeña caseta accesoria, con unas dimensiones de 4x4 m (16 m<sup>2</sup>).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 12400 m<sup>2</sup>, divididos en dos parcelas.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 3780 m<sup>2</sup>.



- Superficie ocupada por las fosas de purines: 373 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por el almacén: 420 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la caseta de servicios: 16 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente vallada con valla de malla metálica de 2,5 metros de altura, con postes metálicos anclados al terreno con base de hormigón.

La explotación posee un trabajador, además del propio titular.

### ***Naves de alojamiento del ganado***

Son naves de bloques de hormigón celular, solución que se adoptó como la más económica, duradera y funcional. Tienen una dimensión en planta de 90x14 metros y 45x14 metros, construidas con pórticos de hormigón separados 6 metros. El cerramiento está realizado a base de bloque de hormigón celular blanco.

La cubierta es a dos aguas con pendiente de 30°. Está formada por viguetas pretensadas de hormigón, con placas de fibrocemento dejando un caballete corrido en la cumbrera para facilitar la aireación.

La solera de las naves es de hormigón con emparrillado de metálico para recogida de purines y residuos. Los canales de deyección son también de hormigón.

Bajo los emparrillados se sitúan las fosas interiores para recogida de residuos y purines, en forma de fosa de 1,5 metros de profundidad y 2,0 metros de anchura, de sección rectangular.

La ventilación se produce mediante ventanales automáticos controlados por el ordenador.



*Figura V.11: Sistema de ventilación en las naves de la granja de Ursua Sobejano S.L. (Fuente: elaboración propia).*

Las dos naves del lado sur tienen el acceso y los silos a los extremos, mientras que en las naves del lado norte tiene el acceso y los silos situados entre ambas naves.

El sistema de alimentación es automático, con tolvas cilíndricas de PVC a las que le llega el pienso por una cinta sinfín embebida en una tubería de PVC de 63 mm.

Los bebederos son del tipo chupete, independiente de los comederos.

Cada nave posee los silos para almacenamiento de pienso así como sus correspondientes fosas para recogida de purines, en hormigón armado.



*Figura V.12: Silos de pienso en la granja de Ursua Sobejano S.L. (Fuente: elaboración propia).*

El abastecimiento de agua y de luz se realiza por medio de una red de abastecimiento general.

### ***Otras instalaciones***

El almacén agrícola tiene unas dimensiones de 14x30 metros, con pórticos cada 5 metros; de características constructivas similares a las de las naves para el ganado.

Este almacén se dedica a la maquinaria de la explotación y otras actividades asociadas al titular de la explotación (tractor, maquinaria agrícola, cisterna de purines, etc.).

### ***Fosas exteriores para almacenamiento de purines***

La explotación posee tres fosas exteriores de purines cuyas características se describen a continuación.



*Figura V.13: Situación de las fosas exteriores de purines en la granja Ursua Sobejano. (Fuente: SITNA).*

Una fosa tiene 21x7 metros en planta con forma rectangular (147 m<sup>2</sup>) y una profundidad de 3 metros, construida en hormigón armado. Esta fosa recoge los purines de dos de las naves situadas al sur del camino y su capacidad es de 441 m<sup>3</sup>.

Las otras dos fosas están situadas en el lado norte del camino. Una de ellas tiene forma elíptica, no está construida en hormigón armado, sino que está excavada en el suelo, con paredes inclinadas y revestidas de hormigón. Sus dimensiones en ejes son de 21x6 metros, con una profundidad en el punto central de 3 metros y su capacidad es de 300 m<sup>3</sup>.



Figura V.14: Fosa de purines nº2 en la granja Ursua Sobejano. (Fuente: elaboración propia).

La otra fosa tiene 20x5 metros en planta (100 m<sup>2</sup>) y una profundidad de 5 metros. Su forma en planta es rectangular, pero posee una rampa de acceso a la maquinaria, lo que le incrementa la capacidad de almacenamiento y su capacidad es de 500 m<sup>3</sup>.



Figura V.15: Fosa de purines nº3 en la granja Ursua Sobejano. (Fuente: elaboración propia).

Estas fosas son descubiertas, y están valladas de forma individual con red metálica de 2,5 metros de altura con postes metálicos anclados al suelo con bloques de hormigón.

### ***Zonas pavimentadas***

Esta explotación no posee zonas pavimentadas, si bien toda la superficie transitada está recubierta con zahorra artificial (“todo-1”) compactada.

### ***Sistema de gestión de purines***

El purín producido en cada nave es almacenado provisionalmente en las fosas bajo emparrillado de las naves y en depósitos externos de hormigón armado.

Las fosas de la misma nave poseen una longitud de 90 metros (la longitud de la nave), una anchura de 2 metros y una profundidad de 1,5 metros. Existen 4 por nave, con una capacidad unitaria de 270 m<sup>3</sup> (1080 m<sup>3</sup> por nave) y una capacidad total para las cuatro naves de 3240 m<sup>3</sup>.

Las fosas interiores son de sección rectangular, de forma que recogen conjuntamente tanto las deyecciones sólidas como las líquidas y el agua. Están conectadas entre sí por tubos de PVC de 250 mm de diámetro interno.

Estas fosas interiores descargan, de forma controlada manualmente con arqueta, a los depósitos externos de hormigón armado, mediante tubo de PVC de 250 mm de diámetro interno.

Las tres fosas externas, tienen una capacidad de 441, 300 y 500 m<sup>3</sup>, es decir, una capacidad total de almacenamiento exterior de 1240 m<sup>3</sup>.

De acuerdo con estas explicaciones, la capacidad total de recogida de la explotación es:

- Capacidad de recogida de purines en las fosas interiores: 3240 m<sup>3</sup>.
- Capacidad de recogida de purines en las fosas exteriores: 1240 m<sup>3</sup>.
- Capacidad total de la explotación: 4480 m<sup>3</sup>.

La gestión de los estiércoles (purines) es independiente para las dos naves ubicadas al sur del camino del polígono ganadero y las ubicadas al norte del camino.

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta:

- Capacidad de recogida de purines en las dos naves ubicadas al sur del camino:
  - a) 2160 m<sup>3</sup> en las fosas interiores.
  - b) 441 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
  - c) 2601 m<sup>3</sup> en total (fosas interiores y fosas exteriores)
- Capacidad de recogida de purines en la nave ubicada al norte del camino:

- a) 1080 m<sup>3</sup> en las fosas interiores.
- b) 800 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- c) 1880 m<sup>3</sup> en total (fosas interiores y fosas exteriores)

## **Funcionamiento de la explotación**

### ***Objeto de la explotación***

La explotación se dedica al engorde de ganado porcino para el abastecimiento de carne en el mercado. El número de plazas total es de 4500.

### ***Sistema de explotación***

La explotación funciona mediante contrato con “integradora”.

Este tipo de gestión de explotaciones ganaderas, mediante contrato con integradora, se caracteriza por:

- La integradora aporta los animales: se encarga de su entrega al ganadero en forma de lechones y se encarga de la recogida y transporte a matadero de los cerdos ya engordados.
- El ganadero aporta las instalaciones y la mano de obra para engordar a los animales.
- La integradora aporta al ganado los piensos y productos veterinarios necesarios para el correcto desarrollo de la actividad. La integradora cobra por ello.
- El ganadero aporta y cubre los gastos de abastecimiento eléctrico y el agua de la explotación.
- El ganadero es responsable de la eliminación de los desechos y residuos que genere la actividad, desde envases y recipientes hasta los purines.

Cabe hacer un comentario relacionado con el pienso y con los productos veterinarios: estos son aportados por la integradora al ganadero, de tal forma que el ganadero no ejerce control sobre sus características. Conoce su composición, pero no puede decidir sobre ella.

Este sistema de gestión de una explotación ganadera tiene sus ventajas y sus inconvenientes.

Entre las ventajas, la principal es el disponer de cierta seguridad en la salida del “producto” (los cerdos ya engordados) y de la comodidad que supone el limitarse al cuidado de los animales y de las instalaciones, despreocupándose de las gestiones previas (entrada de lechones) y posteriores (salida de cerdos al matadero).

Entre los inconvenientes, el principal es resultante de estar “atado” a una empresa integradora, dependiendo de ésta en la entrada y salida de los animales, en la calidad del pienso y los productos veterinarios, en la limitación de las retribuciones económicas, etc. Estos factores se agudizan en época de crisis.

Este sistema de gestión de explotaciones mediante contrato con integradora es el más utilizado por las explotaciones navarras.



*Figura V.16: Corral del interior de las naves en la granja Ursua Sobejano. (Fuente: elaboración propia).*

### ***Funcionamiento de la explotación***

De forma esquemática, el proceso de la explotación es el siguiente:

1. Se introducen los lechones de 20 kg de peso en las instalaciones.
2. Estos lechones son alimentados, cuidados y engordados, durante aproximadamente 5 meses, hasta alcanzar un peso aproximado de 115 kg.
3. Los cerdos ya crecidos se sacan de la explotación con destino al matadero.
4. Las instalaciones se limpian y desinfectan para prepararlas para la siguiente entrada de lechones.

El funcionamiento básico es del tipo “todo dentro-todo fuera”. Es decir, en una misma nave se introducen los lechones de un mismo peso a la vez, son engordados de forma simultánea, y cuando alcanzan el peso para ser llevados al matadero, se sacan todos a la vez de la nave.

En el caso de esta explotación, este sistema “todo dentro-todo fuera”, es llevado para cada nave y no para el conjunto de la explotación. Es decir, si bien todos los animales de una misma nave son iguales en edad y peso, los de una nave son diferentes a los de la otra nave. Así logra una producción más escalonada y una mejor gestión de la explotación de acuerdo con los intereses particulares del ganadero.

De acuerdo con este sistema, el número de rotaciones (camadas) anuales es de 2,2.

El suministro de energía eléctrica y el abastecimiento de agua se realizan mediante conexión a las redes eléctricas generales del polígono ganadero.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos chupete, independientes de los comederos.

El sistema de ventilación es estática, con regulación de entrada y salida de aire en cada nave en función de la temperatura interior. Los ventanales están controlados mediante un sistema informático central y están convenientemente protegidos por malla para evitar la entrada de pájaros.

Las naves disponen de emparrillado de hormigón armado sobre fosas interiores de hormigón, para la evacuación de purines, con sistema de vaciado por gravedad a través de una red de canalización de los mismos hasta las fosas exteriores.

No se utiliza cama de paja ni ningún otro tipo de cama.

La eliminación de los residuos (purines, restos de medicamentos y productos de limpieza, cadáveres de animales, envases, etc.), se describe en los capítulos correspondientes.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación son los siguientes:

- Capacidad: 4500 plazas.
- Capacidad nominal en UGM: 540 UGMs.
- Producción anual máxima esperada: 9900 cerdos de 115 Kg (2,2 camadas).
- Peso de los lechones a la entrada: 20 Kg.
- Peso de los cerdos a la salida: 115 Kg.
  
- Ganancia media diaria: 633,34 gr.
- Días de vacío sanitario: 7-10 días.



*Figura V.17: Interior de las naves de la granja Ursua Sobejano. (Fuente: elaboración propia).*

### ***Producción y gestión de purines***

La producción, gestión, caracterización analítica, etc., de los estiércoles generados (purines), se trata en el capítulo siguiente.

### ***Gestión de cadáveres***



Por término medio, la cantidad de animales muertos por cada camada es de un 3%, es decir alrededor 136 cerdos por camada.

Por edades, el número medio aproximado de bajas es el siguiente:

- Primer mes: 40 (0,90%)
- Segundo mes: 22 (0,50%)
- Tercer mes: 40 (0,90%)
- Cuarto mes: 34 (0,75%)

Este es un valor medio estimado. El valor exacto de cada manada depende de muchos factores, y en una camada puede ser menor o puede ser mayor. En cualquier caso, éste es un valor medio real.

Los cadáveres de animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1774/2002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra, en particular y muy especialmente, la Orden Foral 213/2006 y la normativa que la desarrolla.

### **Alimentación**

En la alimentación de los cerdos se utilizan dos tipos de piensos, todos ellos a base de cereales y soja, como es habitual para este tipo de ganado:

- Un tipo de pienso para el período que va entre la entrada de los lechones en la explotación (19 Kg) hasta que estos alcanzan los 70 Kg.
- Un pienso para el periodo que va entre que los cerdos tiene 70 Kg, hasta que se llevan al sacrificio (con 115 Kg).

De forma concreta, las características en cuanto a composición y analítica de estos piensos son las siguientes:

	<b>Pienso desde entrada en cebadero hasta 70 Kg</b>	<b>Pienso desde 70 Kg hasta salida de cebadero</b>
<b>Materias primas</b>		
<b>Cebada</b>	56,68 %	74,05 %
<b>Trigo</b>	8,45 %	5,00 %
<b>Soja</b>	23,04 %	16,59 %
<b>Manteca</b>	5,29 %	2,00 %
<b>Diasol Mo.</b>	2,00 %	1,13 %

<b>Bicarbonato sódico</b>	0,30 %	0,25 %
<b>Fosfato bicálcico</b>	1,51 %	0,30 %
<b>Sal marina</b>	0,15 %	0,15 %
<b>L-lisina</b>	0,14 %	0,10 %
<b>L-trenina</b>	0,03 %	0,02 %
<b>Analítica</b>		
<b>Proteína bruta</b>	16,50 %	14,50 %
<b>Materias grasas brutas</b>	6,20 %	6,10 %
<b>Cenizas brutas</b>	6,88 %	6,37 %
<b>Celulosa bruta</b>	5,25 %	5,50 %
<b>Lisina</b>	0,85 %	0,64 %
<b>Aditivos</b>		
<b>Vitamina A</b>	6000 UI/Kg	6000 UI/Kg
<b>Vitamina D3</b>	1200 UI/Kg	1200 UI/Kg
<b>Vitamina E</b>	25,0 mg/Kg	25,0 mg/Kg
<b>Microminerales (Cobre)</b>	10,0 mg/Kg	10,0 mg/Kg

*Tabla V.2: Composición y analítica de los piensos suministrados en la grana Ursua Sobejano. (Fuente: elaboración propia).*

La cantidad media que consumen los cerdos por día es:

- Entre 20 Kg y 40 Kg: 1,2 Kg por cerdo y día.
- Entre 40 Kg y 60 Kg: 1,5 Kg por cerdo y día.
- Entre 60 Kg y 80 KG: 2,0 Kg por cerdo y día.
- Entre 80 Kg y 115 Kg: 2,5 Kg por cerdo y día.

En el caso de procesos entéricos en la primera parte del proceso (lechones entre 20 Kg a 70 Kg), se aporta, siempre bajo prescripción veterinaria, un tipo de pienso con premezclas medicamentosas que incluyen colistina, doxiciclina, óxido de cinc y levamisol clorhidrato.

El pienso es proporcionado por la empresa integradora, de forma que el ganadero no puede elegir ni decidir sobre su composición. Este aspecto es importante sobre todo en cuanto al estudio de Mejores Técnicas Disponibles (Mods).

El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.



*Figura V.18: Tolva de cemento para suministro de pienso en la granja Ursua Sobejano. (Fuente: elaboración propia).*



*Figura V.19: Tolva de PVC para el suministro de pienso en la granja Ursua Sobejano. (Fuente: elaboración propia).*

### **Agua**

El abastecimiento de agua se produce mediante la tubería de abastecimiento general del polígono ganadero, con dos contadores: uno para las dos naveas ubicadas al sur del camino y otro contador para la navea ubicada al norte del camino.

De acuerdo con el “*Documento Técnico sobre Mejoras Técnicas Disponibles (Mods) para el sector de ganadería intensiva de cerdos*”, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el consumo medio de los animales es de 8,3 litros por animal y día como valor medio para los cerdos de engorde. De acuerdo con este dato, y la capacidad de la explotación de 4500 plazas, el consumo de agua por los animales sería, según esta fuente, de 12,9 millones de litros (o lo que es lo mismo, 12900 m<sup>3</sup>).

Según la misma fuente, el consumo medio de agua de limpieza varía entre 19,5 y 246 litros por cerdo y periodo productivo.

La explotación utiliza una máquina limpiadora con agua a presión, lo que reduce considerablemente el gasto en agua utilizada en limpieza. Considerando 25 litros por cerdo y periodo productivo, un número de 4500 plazas y dos periodos productivos al año, el total gastado en agua de limpieza sería, según esta fuente, de 225 m<sup>3</sup> al año.

La forma de aporte de agua a los cerdos es *ad limitum*, es decir, no se realiza un ajuste manual del caudal del bebedero, sino que éste se ajusta al consumo del animal.

Por otro lado, teniendo en cuenta que se utilizan bebederos de tipo chupete y que se lleva un control de las posibles fugas, el consumo de agua se ve considerablemente reducido respecto al dato teórico oficial indicado.



Figura V.20: Bebedero tipo chupete-cazoleta de cemento en la granja Ursua Sobejano.  
(Fuente: elaboración propia).

Los datos de consumo real de agua por la explotación son los siguientes:

- Producción: 7000 m<sup>3</sup> anuales.
- Limpieza: 100 m<sup>3</sup> anuales.
- Total: 7100 m<sup>3</sup>.

### **Energía**

En el estudio de la energía consumida, cabe hacer varias diferenciaciones.

- Por un lado, está la energía eléctrica consumida por la explotación para la actividad de engorde de ganado propiamente dicha, cuya fuente es la red de abastecimiento general eléctrico.
- Por otro lado, está el combustible consumido por la maquinaria (fundamentalmente el tractor).

La potencia contratada por la parte de la explotación ubicada en el polígono ganadero es de 13,2 kW. El consumo anual es de alrededor de 5000 Kwh.

El consumo en combustible en la maquinaria es alrededor de 3000 litros de gasóleo diesel al año.

### **Productos químicos**

Entre cada salida de ganado al matadero y cada entrada de lechones, se realiza el llamado vacío sanitario, tiempo en el cual se realiza la desinfección de las instalaciones.

Para esta desinfección se utiliza un producto a la vez bactericida, fungicida y viricida.

Su composición es la siguiente:

- Glutaraldehído: 15 %
- Cloruro de didecildimetilamonio: 10%
- Disolventes y excipientes : 100%

Este producto tiene los siguientes números de registro:

- 02-20/40-02776
- 02-20/40-02776 HA

### **Olores y humos**

Los malos olores propios de este tipo de explotaciones se concentran específicamente en dos aspectos: la explotación, propiamente dicha, con la presencia de las fosas, tanto interiores como exteriores de purines; y la valorización agronómica de los purines en el campo.

El análisis de los olores y el impacto generado por ellos se estudia en el estudio de afecciones medioambientales.

En este aspecto es necesario hacer una referencia a que la ubicación del polígono ganadero en una zona separada de núcleos urbanos por relieves topográficos hace que no se generen molestias por los malos olores producidos en la explotación en sí misma.

En cuanto a los humos, no se producen en la explotación propiamente dicha, ya que el aporte de energía es eléctrico. El único aporte de humos que cabría considerar es el de la maquinaria utilizada para la valorización agrícola de los purines.

### ***Ruidos y vibraciones***

Este tipo de actividad no genera ruido o vibraciones considerables. Los únicos a considerar son los generados por el tráfico de vehículos (tractor, camiones de traslado de animales, camiones de abastecimiento de pienso, camiones de recogida de cadáveres de animales, etc.)

En mucha menor medida, se podría citar el generado por el reparto automático del pienso desde los silos; el generado por la máquina de lavado a presión y el generado por los propios animales.

### ***Tráfico generado***

La actividad no genera un tráfico considerable. El principal es el relacionado con el traslado de los animales (lechones que llegan a la explotación y cerdos que se sacan de ésta hacia el matadero), que se produce dos veces al año.

También se podría citar el tráfico generado por los camiones de abastecimiento de pienso, de los camiones de recogida de cadáveres, del tractor, del vehículo del trabajador, etc., pero son muy poco significativos.

## ***Explotación de vacuno de leche Juan Antonio Gainza***

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: Sociedad Civil Cascales Lopez M. Fernández Gainza y otro.
- Domicilio social: Avda. Navarra, 19; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: G-31269160
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.625; Y= 4.686.358.
- Referencia catastral: Polígono 4; Parcelas 560.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de vacuno de leche.

Las parcelas ocupadas por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

A modo de introducción, la explotación está dividida en dos partes; una de ellas situada al norte del camino del polígono ganadero, donde se encuentran las vacas en ordeño, los terneros y las novillas hasta los 8 meses de edad.

En el sur del camino del polígono ganadero, se encuentra la otra parte de la explotación donde se alojan las novillas desde los 8 meses hasta la edad adulta, las vacas inseminadas, preñadas y secas.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número aproximado de 200 cabezas de ganado, de las cuales 100 son vacas de ordeño (33-35 más en primavera), 15 son vacas secas y entre 70 y 80 son novillas (0-24 meses).

La sala de ordeño se encuentra ubicada al lado de la zona donde se alojan las vacas en ordeño y es del tipo espina de pescado 6x2 y se estima un producción de 8000 litros por vaca y año.

No existen regatas ni cauces fluviales cercanos. El polígono ganadero y, por lo tanto, la explotación, se encuentran en una zona alejada de posibles elementos susceptibles de contaminación. El entorno está formado por más explotaciones ganaderas, así como campos de labor en secano y eriales.

El acceso se realiza por la carretera NA-6631, que enlaza el núcleo urbano de Falces con la carretera NA-115 Tafalla-Peralta-Rincón.

El área de estudio se localiza en la hoja 244 (25-11), Alfaro, de la cartografía oficial Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50000.



*Figura V.21: Vista general de la explotación de porcino Juan Antonio Gainza. (Fuente: SITNA).*

### **Descripción de las instalaciones**

#### ***Características generales***

El objeto de la actividad es la cría y producción de leche de vacas frisonas.

La explotación como hemos dicho anteriormente se halla dividida en dos partes diferenciadas, que se detallan a continuación.

La zona situada al norte del camino se halla estructurada de la siguiente forma, la cual se puede ver en la siguiente figura:





Figura V.22: Vista general de los corrales al lado norte del camino en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: SITNA).

- Una nave de 105x11 metros (1155 m<sup>2</sup>), la cual atraviesa la totalidad de la explotación de la zona norte de lado a lado. Gran parte de su superficie (980 m<sup>2</sup> aproximadamente) se encuentra dentro del corral donde se alojan las vacas de ordeño. En el resto de nave se ubica la sala de ordeño y sala del tanque de almacenamiento de la leche y la caseta para los trabajadores de la granja. Esta nave tan solo tiene una pared lateral tanto en el corral de las vacas como en la sala de ordeño para una fácil y libre accesibilidad del ganado al interior. Además esta pared tiene una serie de puertas abiertas permanentemente para que las vacas puedan salir al patio de tierra de la zona oeste donde se encuentra ubicado el pesebre.
- Corral de aproximadamente 9300 m<sup>2</sup> donde se alojan las vacas que están en ordeño. Como ya se ha dicho este corral está atravesado de lado a lado por la nave descrita anteriormente y que sirve como zona de descanso y protección para las vacas ya que está cubierta en su totalidad por cama de paja. Este corral se halla dividido por unas vallas metálicas para separar las vacas de alta producción de las de baja producción. En el lado este de la nave hay un patio exterior cuyo suelo es de hormigón (790 m<sup>2</sup>) y en el lado oeste se encuentra un gran patio (unos 7150 m<sup>2</sup>) cubierto por una mezcla de tierra y estiércol que las vacas usan también como zona de cama y en cuyo extremo oeste se ubica el pesebre cubierto de lado a lado del patio por un cobertizo para la protección de las vacas y del alimento a aportar.

- En el resto de la superficie están los corrales de menor tamaño donde se alojan los terneros y novillas hasta los 8 meses:
  - c) Terneros de 2 semanas a 2 meses: Corrales individuales con iglú y con cama de paja.
  - d) Terneros de 2 a 4 ó 5 meses: Corral único con cobertizo y patio y cama de paja.
  - e) Terneros de 5 a 8 meses: Corral cubierto totalmente por un cobertizo y cama de paja.
- Cobertizo de 160 m<sup>2</sup> donde aparte de ubicarse el corral en el cual se alojan los terneros de edades comprendidas entre 5 y 8 meses, se utiliza como almacén de maquinaria y otras herramientas.
- Caseta para uso de oficina y vestuario para el ganadero y empleados. Se halla en el interior de la nave.
- Sala de ordeño, situada debajo de la nave y contigua al corral de las vacas de ordeño. Como ya se ha dicho es de tipo espina de pescado 6x2. Contigua a la sala de ordeño, se encuentra la sala del tanque de almacenamiento de la leche producida.
- Dos fosas exteriores de estiércoles:
  - 1) Una de 10x5 m en planta (50 m<sup>2</sup>), de planta rectangular y contigua al patio de hormigón de la zona este del corral de las vacas de ordeño.
  - 2) Una de 8x5 m en planta (40 m<sup>2</sup>), de planta rectangular y que se ubica justo al norte del pesebre.
- Explanada de 1000 m<sup>2</sup> con una superficie de hormigón con función de estercolero.

La zona situada al sur del camino se halla estructurada de la siguiente forma, la cual se puede ver en la siguiente figura:



Figura V.23: Vista general de los corrales al lado sur del camino en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: SITNA).

- Se ubica una nave de 80x10 (800 m<sup>2</sup>) de las mismas características que la nave de la zona norte. La mayor parte de su superficie sirve para dar alojamiento al ganado y el resto sirve para proteger los silos de pienso.
- Hay un corral con una superficie total de 3000 m<sup>2</sup> atravesado por la nave de lado a lado. El interior de la nave está formado por cama de paja en su totalidad. La pared de la nave también tiene puertas abiertas permanentemente para que los animales puedan acceder libremente al patio suroeste de unos 2000 m<sup>2</sup> de superficie en total y el cual está cubierto por tierra. Al noreste de la nave hay otro patio de menor superficie, 400 m<sup>2</sup>, cubierto por una mezcla de tierra, estiércol y paja, y en el cual se ubica el pesebre para la alimentación del ganado. Este corral se halla dividido en tres corrales mediante un vallado metálico que se nombran a continuación:
  - a) Corral para las novillas de 10-12 meses.
  - b) Corral para las novillas de 12-15 meses (justo antes de su primera inseminación) y las vacas que van a ser y han sido inseminadas (pendientes de diagnosticar si están preñadas o no).
  - c) Corral para las vacas que han sido diagnosticadas como preñadas y vacas secas.
- Otro corral donde se alojan las novillas comprendidas entre los 8 y 10 meses de edad de 125 m<sup>2</sup>. Este corral se encuentra en el extremo suroeste de la nave y parte está cubierto por esta creando una zona de alojamiento y protección con cama de paja para las novillas y el resto del corral está al descubierto, existiendo de esta forma un patio exterior cuyo suelo está cubierto por una mezcla de estiércol, tierra y paja.

- Una fosa exterior de estiércoles de 10x5 m en planta (50 m<sup>2</sup>) de forma rectangular y situada al extremo norte del corral de mayor tamaño.
- Almacén para los silos de pienso situado en el interior de la nave y ubicados entre los dos corrales de 240 m<sup>2</sup>.
- Zona de almacenaje para los silos de paja al descubierto de 800 m<sup>2</sup> en total y dividida en 4 partes mediante muros de hormigón de 200 m<sup>2</sup> cada una. Los montones de paja están cubiertos con plásticos.

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 23400 m<sup>2</sup>, divididos en dos parcelas.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 1955 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por los corrales del ganado: 12400 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la sala de ordeño: 30 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las fosas de estiércoles: 140 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por el almacén de maquinaria: 80 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la caseta de oficina y servicios: 40 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente delimitada y protegida con un muro de hormigón.

La explotación posee un trabajador, además del propio titular.

### ***Naves de alojamiento del ganado***

La explotación está provista por dos naves diferentes, una de ellas situadas en la zona norte del camino y la otra al sur del camino.

La nave de la zona norte donde es donde se alojan las vacas en ordeño. Bajo su techo también está la sala de ordeño, la sala de almacenamiento de la leche y la caseta de servicios y oficinas.

Esta nave es de tipo abierto, ya que solo dispone de una pared de hormigón y un techo de uralita. Tiene una dimensión en planta de 105x11 metros.

Aunque la pared que forma parte de la nave es la misma, esta nave queda dividida en dos, una parte de la nave (71 metros de largo) con cubierta a dos aguas con pendiente de 30° y pórticos de hormigón. Y la otra parte (34 metros) con cubierta a un agua y pórticos metálicos de acero.

La solera de las naves es de hormigón, pero su suelo está cubierto totalmente por cama de paja para el descanso de las vacas. Tan solo el suelo del patio pequeño situado al este de la nave se conserva sin ningún tipo de cubierta.

La pared de la nave tiene una especie de pequeñas ventanas para la circulación del aire y ventilación, a esto hay que sumarle que la pared no llega en altura hasta la cubierta del techo, sino que deja una abertura para una mejor ventilación.



*Figura V.24: Vista general de los corrales al lado sur del camino en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: SITNA).*

La nave situada al sur del camino, da alojamiento a las novillas desde los 8 meses hasta que su inseminación, a las vacas adultas que van a ser y han sido inseminadas, y las vacas preñadas y secas.

Bajo el techo de esa nave también se encuentran los silos de pienso para la alimentación del ganado.

Esta nave tiene unas dimensiones en planta de 80x10 metros, y como la otra nave, es de tipo abierto, ya que solo dispone de una pared de hormigón y un techo de uralita.

Su techo metálico está formado por una cubierta a un agua y los pórticos son metálicos de acero.

La ventilación es igual que en la otra nave, mediante pequeñas ventanas en la pared y la abertura que queda entre esta y la cubierta del techo.

El abastecimiento de agua y de luz se realiza por medio de una red de abastecimiento general.

### ***Otras instalaciones***

En la zona norte del camino, aparte de la nave citada se encuentran los corrales de las vacas en ordeño (el cual es atravesado por la nave) que queda dividido en dos

para separar las vacas de alta y de baja producción. Este corral posee en al este de la nave un patio de menor tamaño con suelo al descubierto de hormigón y al oeste de la nave otro patio de mayores dimensiones con el suelo cubierto de una mezcla de tierra y estiércol que también pueden usar las vacas como zona de descanso. El pesebre se halla en el extremo oeste de este gran patio y está cubierto por un cobertizo metálico a un agua y vigas de acero. La nave que forma parte de este corral está cubierta totalmente con cama de paja.

Se ubican los corrales individuales con iglú para los terneros de 2 semanas hasta los 2 meses. Otro corral para los animales con edades comprendidas entre los 2 y 5 meses y otro corral para los que tienen entre 5 y 8 meses. Todos ellos están formados en su totalidad por cama de paja.

Encontramos también un cobertizo con cubierta metálica a un agua, en cuyo interior se ubica el corral para las terneras desde los 5 hasta los 8 meses. Y donde también está el almacén de maquinaria y herramientas y otras actividades asociadas los trabajadores de la explotación.

La casta de servicios, vestuarios y oficina para los trabajadores y las salas de ordeño y almacén de la leche se sitúan en el interior de la nave.

Fuera de las limitaciones del muro de la zona norte, se ubica una explanada de 2000 m<sup>2</sup> de hormigón armado y una pendiente del 8% que el titular emplea como estercolero.

En la zona norte, están también los corrales donde se ubican las novillas desde los 8 hasta los 10 meses, otro corral para la de 10 a 12 meses, otro para las novillas y vacas que van a ser inseminadas y las que ya lo han sido y están pendientes de diagnóstico de su estado de preñez y por último otro corral para las vacas preñadas y secas.

Estos corrales están atravesados por la nave y bajo su techo el suelo está formado en su totalidad por cama de paja. Exceptuando el corral donde se ubican los animales desde los 8 hasta los 10 meses que disponen de un pequeño patio exterior con suelo de tierra y estiércol; el resto de corrales disponen por un lado, de un patio exterior al este de de nave donde se ubica el pesebre para la alimentación de los animales y cuyo suelo está formado por tierra y estiércol; y al otro lado de la nave (oeste) un patio de tierra de gran extensión. La pared de la nave tiene una serie de puertas para el acceso libre de los animales al patio de tierra.

En el interior de la nave se encuentra el silo de pienso para la alimentación de los animales y parte de la maquinaria de la explotación.



*Figura V.25: Vista general de los corrales al lado sur del camino en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: SITNA).*

También hay una explanada de hormigón y dividida en cuatro partes iguales mediante muros para el almacenaje de los silos de paja.

#### ***Fosas exteriores para almacenamiento de estiércoles y purines***

La explotación posee tres fosas exteriores de estiércoles y purines, cuyas características se describen a continuación:

- 1) Una de 10x5 m en planta (50 m<sup>2</sup>), de planta rectangular y contigua al patio de hormigón de la zona este del corral de las vacas de ordeño.
- 2) Una de 8x5 m en planta (40 m<sup>2</sup>), de planta rectangular y que se ubica justo al norte del pesebre.
- 3) Una de 10x5 m en planta (50 m<sup>2</sup>) de forma rectangular y situada al extremo norte del corral, contigua al pesebre



Figura V.26: Situación de las fosas en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: SITNA).

Dos de ellas están ubicadas en la parte de la explotación situada al norte del camino, como se puede ver en la anterior fotografía:

La primera fosa de 10x5 m en planta ( $50 \text{ m}^2$ ), de planta rectangular y una profundidad de dos metros, construida en hormigón armado. Recoge los residuos generados por las terneras principalmente y parte de las vacas de ordeño. Tiene una capacidad de  $100 \text{ m}^3$ .





Figura V.27: Fosa de purines n°1 en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: elaboración propia).

La segunda es de 8x5 m en planta (40 m<sup>2</sup>), de planta rectangular, profundidad de dos metros y construida en hormigón armado. Recoge los estiércoles y purines de las vacas en ordeño. Tiene una capacidad de 80 m<sup>3</sup>.



Figura V.28: Fosa de purines n°2 en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: elaboración propia).

Una tercera en la zona sur del camino, de 10x5 m en planta (50 m<sup>2</sup>) de forma rectangular, profundidad de dos metros y construida en hormigón armado. Recoge los residuos de todo el ganado presente en esa parte de la explotación.



*Figura V.29: Fosa de purines n°3 en la granja Juan Antonio Gainza. (Fuente: elaboración propia).*

Estas fosas son descubiertas, y están protegidas por 3 paredes laterales de hormigón, es decir tiene forma de “U” para poder acceder de manera más fácil a la maquinaria y poder depositar los estiércoles y purines. Tiene una capacidad de 100 m<sup>3</sup>.

### ***Sistema de gestión de purines***

El estiércol y purines generados en cada corral son almacenados en las fosas descritas anteriormente. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo.

Las tres fosas externas, tienen una capacidad de 100, 80 y 100 m<sup>3</sup>, es decir, una capacidad total de almacenamiento exterior de 280 m<sup>3</sup>.

La gestión de los estiércoles es independiente para los corrales ubicados al sur del camino del polígono ganadero y los ubicados al norte del camino.

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta:

- Capacidad de recogida de purines en los corrales ubicados al sur del camino: 180 m<sup>3</sup>.
- Capacidad de recogida de purines en los corrales ubicados al norte del camino: 100 m<sup>3</sup>.

Como la capacidad total de estas fosas no es suficiente como para mantener almacenados los residuos que se van generando durante mucho tiempo, lo que se hace es, esperar un corto periodo de tiempo para que pierdan parte de su humedad y de ahí parte son vertidos en los cultivos (si son necesarios en ese momento) y otra parte van al estercolero (explanada de hormigón situada al norte de la explotación) para su compostaje donde permanecen un periodo largo de tiempo y transcurrido ese periodo de tiempo se utilizará como abono para los cultivos y también para cama del ganado en los patios exteriores.

### **Funcionamiento de la explotación**

#### ***Objeto de la explotación***

La explotación se dedica a la producción de leche de vacas de la raza frisona y posterior comercialización. También se ocupan de la cría de vacas para su propia reposición mediante inseminación artificial. Actualmente cuenta con un total de 200 animales pero este valor no es fijo y puede ir variando. En estos momentos cuentan con 100 vacas en ordeño, 15 vacas secas, y 75 novillas de 0-24 meses.

#### ***Sistema y funcionamiento de explotación***

La explotación se dedica a la producción de leche y su posterior comercialización.

La inseminación es de forma artificial, de tal forma que una vez que nacen los terneros, si son machos son vendidos a los 15-20 días de nacer a una cooperativa para cebarlos y la totalidad de hembras que nacen se quedan en la explotación como reposición.

Desde su nacimiento hasta los dos meses, las terneras están amamantando la leche materna.

Las dos primeras semanas están junto a la madre, pero de las dos semanas a los dos meses son trasladadas a corrales individuales con iglú, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

Desde los dos meses hasta que llegan a edad adulta son agrupadas en distintos corrales:

- Corral de 2 a 4 ó 5 meses.
- Corral de 5 a 8 meses.
- Corral de 8 a 10 meses.
- Corral de 10 a 12 ó 13 meses.
- Corral de inseminación.
- Corral de preñadas y vacas secas.

Una vez que paren son trasladadas al corral de las vacas de ordeño donde son separadas en dos lotes, por un lado el lote de alta producción y por otro el de baja producción. Una vez que dejan de producir leche son llevadas al corral de vacas secas hasta que se vuelven a inseminar.

Cabe hacer un comentario relacionado con los piensos de alimentación ya que estos son aportados por una cooperativa, de tal forma que el ganadero no ejerce control sobre sus características. Conoce su composición, pero no puede decidir sobre ella.

El suministro de energía eléctrica y el abastecimiento de agua se realizan mediante conexión a las redes eléctricas generales del polígono ganadero.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

Se utiliza cama de paja en el interior de las naves y en los corrales de las terneras hasta los 10 meses de edad. A partir de ahí, en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usado como zona de descanso.

La eliminación de los residuos (purines, restos de medicamentos y productos de limpieza, cadáveres de animales, envases, etc.), se describe en los capítulos correspondientes.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 200 plazas (puede variar de un año a otro)
- Capacidad nominal en UGM: 157 UGMs.
- Producción anual de leche máxima esperada: 8000 litros por vaca y año.
- Peso medio de las novillas a los 12 meses: 325 Kg.
- Peso medio de las novillas y vacas a partir de los 26 meses: 600 Kg.

### ***Producción y gestión de purines***

La producción, gestión, caracterización analítica, etc., de los estiércoles generados (purines), se trata en el capítulo siguiente.

### ***Gestión de cadáveres***

Por término medio, la tasa de mortandad de terneros nacidos es del 10%, dándose en estadios tempranos.

Este es un valor medio estimado. El valor exacto va variando ya depende de muchos factores, y en unas épocas puede ser menor o puede ser mayor. En cualquier caso, éste es un valor medio real.

Los cadáveres de animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1774/2002 y a sus trasposiciones en

España y en la Comunidad Foral de Navarra, en particular y muy especialmente, la Orden Foral 213/2006 y la normativa que la desarrolla.

### **Alimentación**

En la alimentación de los animales se utilizan cuatro tipos de piensos, como se puede ver a continuación:

- 0- 4 meses: leche materna y a las dos semanas se empieza a suministrar un pienso de destete, con poca proteína y leche en polvo.
- 4- 12 meses: Pienso especial con alfalfa.
- 12-24 meses y vacas secas: Otro tipo de pienso.
- Ordeño: Pienso, ración equilibrada

De forma concreta, las características en cuanto a composición y analítica de estos piensos son las siguientes:

	<b>Pienso 0-4 meses</b>	<b>Pienso de 4-12 meses</b>	<b>Pienso vacas secas y novillas primerizas</b>	<b>Pienso vacas ordeño</b>
<b>Materias primas</b>				
<b>Maíz aplastado</b>	38,75 %	28,76 %	35,22 %	14,89 %
<b>Harina de alfalfa deshidratada</b>	-	27,21%	-	32,54 %
<b>Harinillas de trigo</b>	16,26 %	8,81%	14,88 %	8,00 %
<b>Harina de extracción de semilla de girasol</b>	6,10 %	6,35%	14,20 %	7,00 %
<b>Harina de extracción de soja tostada (44%)</b>	12,23 %	5,28%	5,20 %	5,42 %
<b>Harina de extracción se semilla de colza</b>	5,00 %	5,00%	15,00 %	7,00 %
<b>Gluten maíz feed</b>	5,00 %	4,80%	-	8,00 %
<b>Gluten maíz meal</b>	1,30 %	-	-	1,30 %
<b>DDG de maíz</b>	5,00 %	3,73%	4,03 %	4,70 %
<b>Cebada aplastada</b>	3,00 %	3,00%	7,00 %	3,00 %
<b>Melaza remolacha</b>	1,04 %	3,00%	1,00 %	2,00 %

<b>Alfalfa en gránulo</b>	-	2,00 %	-	2,00 %
<b>Pienso mineral “vacas producción”</b>	5,42 %			3,68 %
<b>Pienso mineral “vacas secas y recria”</b>	-	1,76 %	2,47 %	-
<b>Núcleo mineral-vitamínico</b>	0,40 %	0,30 %	-	0,27 %
<b>Levadura Diamond</b>	0,50 %	-	-	-
<b>Magnafoscal</b>	-	-	-	0,30 %
<b>Analítica</b>				
<b>Proteína bruta</b>	17,80 %	16,30 %	17,80 %	18,00 %
<b>Fibra bruta</b>	7,50 %	14,40 %	9,50 %	15,00 %
<b>Humedad</b>	12,00 %	12 %	12,00 %	12,00 %
<b>Cenizas</b>	7,27 %	7,20 %	6,25 %	9,10 %
<b>Aceites y grasas brutos</b>	3,80 %	3,05 %	3,01 %	3,43 %
<b>Magnesio</b>	0,30 %	0,30 %	0,40 %	0,33 %
<b>Fósforo total</b>	0,50 %	0,45 %	0,55 %	0,45 %
<b>Sodio</b>	0,73 %	0,20 %	0,21 %	0,55 %
<b>Calcio</b>	0,90 %	0,90 %	0,70 %	1,00 %
<b>Aditivos nutricionales</b>				
<b>Vitamina A (E-672)</b>	10000 UI/Kg	7500 UI/Kg	25000 UI/Kg	6700 UI/Kg
<b>Vitamina D3 (E-671)</b>	2000 UI/Kg	1500 UI/Kg	5000 UI/Kg	1300 UI/Kg
<b>Vitamina E (<math>\alpha</math>-tocoferol)</b>	40 mg/Kg	30 mg/Kg	100 mg/Kg	25 mg/Kg
<b>Cobre (sulfato cúprico pentahidratado) (E-4)</b>	20 mg/Kg	15 mg/Kg	45 mg/Kg	13 mg/Kg

<b>Manganeso (óxido manganeso) (E-5)</b>	80 mg/Kg	60 mg/Kg	200 mg/Kg	50 mg/Kg
<b>Yodo (yoduro de potasio) (E-2)</b>	1 mg/Kg	0,75 mg/Kg	2,50 mg/Kg	0,65 mg/Kg
<b>Cobalto (sulfato de cobalto pentahidratado) (E-3)</b>	0,60 mg/Kg	0,45 mg(Kg	1,50 mg/Kg	0,35 mg/Kg
<b>Selenio (selenito sódico) (E-8)</b>	0,33 mg/Kg	0,25 mg/Kg	0,83 mg/Kg	0,2 mg/Kg
<b>Zinc (óxido de zinc) (E-6)</b>	-	65 mg/kg	216,66 mg/Kg	55 mg/Kg
<b>Hierro (E-1)</b>	100 mg/Kg	75 mg/Kg	250 mg/kg	65 mg/Kg
<b>Aditivos tecnológicos</b>				
<b>E-558 Bentonita Montmorillonita</b>	370 mg/Kg	186 mg/Kg	261 mg/Kg	246 mg/Kg
<b>E-562 Sepiolita</b>	370 mg/Kg	186 mg/Kg	261 mg/Kg	246 mg/Kg

Tabla V.3: Composición pienso

Estos piensos llevan asociados un modo de empleo:

- Pienso 0-4 meses: Utilizarlo desde las dos semanas hasta el destete acompañado de un sustitutivo lácteo y después del destete acompañarlo de forrajes hasta los 4 meses de edad.
- Pienso 4-12 meses: Suministrar acompañado de forrajes, entre 4 y 6 Kg por animal y día.
- Pienso 12-24 meses y vacas secas: Suministrar acompañado de forrajes entre 2-4 Kg por animal y día.
- Pienso vacas de ordeño: Suministrar acompañado de forrajes, entre 4 y 6 Kg por animal y día.

En este el caso de esta explotación los piensos son mezclados con forraje de paja. El pienso y el forraje se mezclan en el unifit y se distribuye en el pesebre correspondiente que hay en los corrales de las novillas y vacas adultas. Mientras que a las terneras hasta que alcanzan los 8 meses de edad se les suministra el alimento en tolvas galvanizadas.

El pienso es proporcionado por una cooperativa, de forma que el ganadero no puede elegir ni decidir sobre su composición. El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.

Los datos de consumo real de agua por la explotación son los siguientes:

- Producción: 4941370 m<sup>3</sup> anuales.
- Limpieza: 100 m<sup>3</sup> anuales.
- Total: 7100 m<sup>3</sup>.

### ***Energía***

En el estudio de la energía consumida, cabe hacer varias diferenciaciones.

- Por un lado, está la energía eléctrica consumida por la explotación para la actividad productiva de esta, cuya fuente es la red de abastecimiento general eléctrico. El mayor gasto energético se da en la sala de ordeño y tanque de almacenamiento de refrigeración de la leche.
- Por otro lado, está el combustible consumido por la maquinaria (fundamentalmente el tractor).

La potencia contratada por la parte de la explotación ubicada en el polígono ganadero es de 13,2 kW. El consumo anual es de alrededor de 5000 Kwh.

El consumo en combustible en la maquinaria es alrededor de 3000 litros de gasóleo diesel al año.

### ***Olores y humos***

Los malos olores propios de este tipo de explotaciones se concentran específicamente en dos aspectos: la explotación, propiamente dicha, con la presencia de los corrales y las fosas de purines y estiércoles; y la valorización agronómica de los purines y estiércoles en el campo.

En este aspecto es necesario hacer una referencia a que la ubicación del polígono ganadero en una zona separada de núcleos urbanos por relieves topográficos hace que no se generen molestias por los malos olores producidos en la explotación en sí misma.

En cuanto a los humos, no se producen en la explotación propiamente dicha, ya que el aporte de energía es eléctrico. El único aporte de humos que cabría considerar es el de la maquinaria utilizada para la limpieza de la de los corrales y valorización agrícola de los estiércoles.

### ***Ruidos y vibraciones***

Este tipo de actividad no genera ruido o vibraciones considerables. Los únicos a considerar son los generados por el tráfico de vehículos (tractor, camiones de traslado de animales, camiones de abastecimiento de pienso, camiones de recogida de cadáveres de animales, etc.)

En mucha menor medida, se podría citar el generado por el reparto automático del pienso desde los silos; el generado por la máquina de lavado a presión y el generado por los propios animales.



### ***Tráfico generado***

La actividad no genera un tráfico considerable. El principal es el relacionado con el traslado de los animales (terneros que se sacan de ésta hacia el matadero).

También se podría citar el tráfico generado por los camiones de abastecimiento de pienso, de los camiones de recogida de cadáveres, del tractor, del vehículo del trabajador, etc., pero son muy poco significativos.

El acceso a los silos de forraje y pienso están situados en la parte de la explotación situada al sur del camino.

### ***Explotación de vacuno de leche SAT Zabal-Cirauqui.***

#### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: S.A.T. Nº 667 Na Zabal Cirauqui
- Domicilio social: Avda. Navarra, 9; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: F-31812589
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X=597.672; Y= 4.686.191.
- Referencia catastral: Polígono 4; Parcelas 575 y 607.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de vacuno de leche y nave de fabricación de productos lácteos.

Las parcelas ocupadas por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

La explotación está dividida en tres zonas diferenciadas, una de ellas donde se alojan las vacas en ordeño; otra situada justo detrás de esta, donde se encuentran por un lado las vacas secas, los machos para la cubrición, vacas preñadas y terneros hasta los dos meses de edad (sea su destino el matadero o para reposición en la misma explotación) y por último una más apartada ubicada en otra parcela, en la que están las novillas desde los 2 meses hasta los 14-15 meses de edad cuando ya están lo suficientemente desarrolladas para su primera cubrición.

La explotación cuenta con una capacidad total para unas 160 plazas de ganado. Todas ellas están localizadas al lado sur del camino del polígono ganadero.

Dentro del mismo recinto de la granja, se encuentra ubicada una pequeña nave donde, a partir de la leche obtenida en la misma granja, se fabrican diferentes productos lácteos (quesos, yogures...) para la venta y consumo humano.

No existen regatas ni cauces fluviales cercanos. El polígono ganadero y, por lo tanto, la explotación, se encuentran en una zona alejada de posibles elementos susceptibles de contaminación. El entorno está formado por más explotaciones ganaderas, así como campos de labor en secano y eriales.

El acceso se realiza por la carretera NA-6631, que enlaza el núcleo urbano de Falces con la carretera NA-115 Tafalla-Peralta-Rincón.

El área de estudio se localiza en la hoja 244 (25-11), Alfaro, de la cartografía oficial Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50000.



### **Descripción de las instalaciones**

#### ***Características generales***

El objeto de la actividad es la producción de leche para su posterior venta y transformación en productos lácteos destinados para la venta y consumo humano.

Las naves principales de la explotación se dedican a la actividad mencionada desde el año 1996, en el que se concede la Licencia de Apertura por el Ayuntamiento de Funes, excepto la nave destinada a la elaboración de productos lácteos que comienza su actividad en el año 2006.

La explotación consta de los siguientes elementos:

- Cuatro naves, todas ellas, a excepción de la última, tienen al menos un lado sin cerramiento para que las vacas puedan acceder al patio exterior.
  - a) La más grande de ellas, con unas dimensiones de 120x10 metros, aunque en la zona media se ensancha a 41x15 metros, lo que hace que tenga una superficie en planta de 1405 m<sup>2</sup>, queda dividida en dos longitudinalmente, una parte es la destinada al alojamiento de las vacas en producción y la otra es donde se encuentran a las vacas secas, vacas preñadas, machos para la cubrición y terneros hasta los dos meses de edad. Esta zona posee un patio exterior de 880 m<sup>2</sup> sin excluir la sala de ordeño en la zona de vacas de ordeño y otro patio de 4375 m<sup>2</sup> para el resto de animales.
  - b) Otra nave bajo la cual está la sala de ordeño, de 25x7 metros y una superficie de 175 m<sup>2</sup>, que está instalada dentro del patio exterior donde se ubican las vacas en ordeño.
  - c) Otra nave más apartada, de 42x11 metros y superficie de 462 m<sup>2</sup> donde están las terneras desde los 2 meses hasta los 14 meses, justo antes de su primera cubrición y que cuenta con un patio exterior de unos 280 m<sup>2</sup>.
  - d) Por último la nave donde se fabrican los productos lácteos, de 30x10 metros y una superficie de 300 m<sup>2</sup>.
- Tres fosas exteriores de estiércoles y purines, todos ellos de planta rectangular:
  - a) Una de 13x5 m en planta (65 m<sup>2</sup>), donde van a parar los estiércoles líquidos producidos por las vacas de ordeño
  - b) Una de 45x5 m en planta (225 m<sup>2</sup>), para los estiércoles sólidos de la explotación
  - c) Una de 40x6 m en planta (240 m<sup>2</sup>), también para los estiércoles sólidos.
- Almacén para maquinaria y oficinas, de 10x5 m (50 m<sup>2</sup>).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 20370 m<sup>2</sup>, divididos en dos parcelas.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 2042 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las naves de elaboración productos lácteos: 300 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las fosas de estiércol y purines: 530 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por el almacén: 50 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

### ***Zonas de alojamiento del ganado***

Son naves muy sencillas ya que son de estabulación libre con cama caliente formada de paja. El cerramiento está realizado a base de hormigón hasta una altura aproximada de 1,5 metros y a partir de ahí van colocados unos paneles metálicos

## ***Explotación de vacuno de carne Granja El Alto S.L.***

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

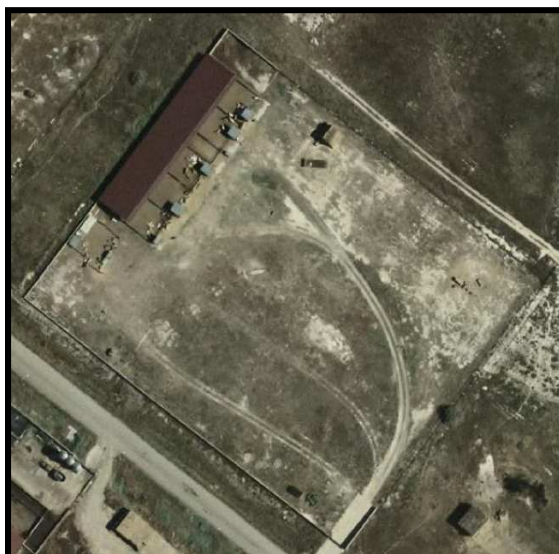
- Titular: Granja El Alto S.L.
- Domicilio social: C/ Olite, 4; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: B31907470
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X= 597.75; Y= 4.686.278.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 600.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas.
- Uso actual: Explotación ganadera de cebo de vacuno de carne

### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero (*véase figura 40*).

La explotación está situada al norte del camino del polígono ganadero, donde se ubica la totalidad del ganado e instalaciones.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número aproximado de 110 cabezas de ganado.



*Figura 40: Vista general de la explotación de vacuno de carne Granja El Alto. (Fuente: SITNA).*

La explotación se dedica al cebo de terneros de raza Pirenaica, Blondas y cruces para obtención de carne para el consumo humano. Actualmente cuenta con un total de 110 animales pero este valor no es fijo y puede ir variando.

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 12.700 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la nave ganadera: 132 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la fosa de estiércol: 180 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

La fosa exterior de estiércol es de planta rectangular (20 x 9 metros) y situada a un lado de la nave donde se ubican los terneros.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica al cebo de terneros de carne y su posterior comercialización.

La explotación cuenta con madres para la cría de terneros pero están ubicadas en otra explotación fuera del polígono ganadero de Funes, así que una vez que las crías son destetadas se trasladan a estos corrales. Los partos se producen al aire libre a lo largo de todo el año aunque se intentan evitar en verano.

Los 4 primeros meses están junto a la madre, pero a partir de ahí son trasladados a otro corral, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

Desde los cuatro meses hasta que llegan a la edad de sacrificio (11 meses) son agrupados en distintos corrales:

- Corral de 4 a 6 meses.
- Corral de 6 a 8 meses.
- Corral de 8 a 10 meses.
- Corral de 10 hasta sacrificio

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

Se utiliza cama de paja en el interior de las naves y en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usados como zona de descanso.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 110 plazas (puede variar de un año a otro)
- Capacidad nominal en UGM: 70 UGMs.
- Producción anual de terneros: 110 (en el polígono ganadero de Funes)
- Peso medio de los machos para el sacrificio: 330-350 kg.
- Peso medio de las hembras para el sacrificio: 260-280 kg (se sacrifican algo antes).

### **Alimentación**

El forraje que alimenta a todo nuestro ganado se produce íntegramente en nuestra explotación. Se trata principalmente de forraje de maíz, guisante henificado y alfalfa. También los piensos se fabrican en la propia explotación, lo que les permite controlar íntegramente lo que come el ganado.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

## Gestión de residuos

### *Gestión del estiércol*

El estiércol generado en cada corral es almacenado en la fosa descrita anteriormente. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo.

En la figura 41 se ve que a fosa de estiércol, la cual tiene una capacidad de 270 m<sup>3</sup>.



*Figura 41: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja El Alto. (Fuente: SITNA).*

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad total de recogida de purines y estiércol en las naves es:

- 270 m<sup>3</sup> en las fosas exteriores.
- Producción estimada de estiércol: 317 m<sup>3</sup>/año.
- Capacidad de almacenamiento de diez meses aproximadamente.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los estiércoles cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas. En todo caso, nunca se dejan llenar del todo estas fosas.

En el “Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato” se describe el plan de gestión y reparto del estiércol actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

## ***Explotación de vacuno de leche Agropecuaria Cirauqui S.L.***

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

- Titular: S.A.T. Agropecuaria Cirauqui S.L.
- Domicilio social: C/ Parroquia; CP: 31360-Funes.
- C.I.F: F-31683527
- Emplazamiento: Funes.
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaró.
- Coordenadas UTM: X=597.926; Y= 4.686.121.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 599.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas, silos.
- Uso actual: Explotación ganadero de vacuno de leche.

### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero (*véase figura 42*).



La explotación está situada al norte del camino del polígono ganadero, donde se la ubica la totalidad del ganado e instalaciones.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número aproximado de 240 cabezas de ganado, de las cuales 70 son vacas de ordeño, 25 son vacas secas, 60 son novillas (0-24 meses) y 85 son terneros macho que se ceban para su posterior comercialización al matadero para obtención de carne.

La sala de ordeño, tipo espina de pescado 8x2 y foso para las aguas de lechería, se encuentra ubicada junto al corral donde se alojan las vacas en ordeño y se estima una producción de 7.500 litros por vaca y año.



*Figura 42: Vista general de la explotación de vacuno de leche S.A.T. Agropecuaria Cirauqui.  
(Fuente: SITNA).*

La explotación se dedica a la producción de leche de vacas de la raza frisona y posterior comercialización además del cebo de los terneros macho hasta su venta para sacrificio (300-350 kg.). Se ocupan de la cría de vacas para su propia reposición mediante la reproducción por monta natural.

La granja se halla distribuida de la siguiente forma, la cual se puede ver en la siguiente figura 43:



Figura 43: Distribución general de la explotación S.A.T. Agropecuaria Cirauqui. (Fuente: SITNA).

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada en la parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 13.300 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por las naves ganaderas: 2.325 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la fosa de estiércol: 300 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

La explotación posee un pozo exterior para purines y una fosa de estiércol, cuyas características se describen a continuación:

- 1) Un pozo con capacidad de 7.000 m<sup>3</sup> para los purines que se recogen, mediante sistema de arrobadera en la zona del pesebre en el corral de las vacas secas y de ordeño.
- 2) Una fosa para estiércol de 30x10 m en planta (300 m<sup>2</sup>), de planta rectangular para los estiércoles sólidos de la explotación situada enfrente del corral de las vacas de ordeño.

## **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica a la producción de leche y su posterior comercialización.

La reproducción es por monta natural, y una vez que nacen los terneros, si son machos son separados a otros corrales para cebarlos y destinarlos al matadero al año de edad aproximadamente y la totalidad de hembras que nacen se quedan en la explotación como reposición.

Desde su nacimiento hasta los dos meses, las terneras están amamantando la leche materna.

Las dos primeras semanas están junto a la madre, pero de las dos semanas a los dos meses son trasladadas a otro corral, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

Desde los dos meses hasta que llegan a edad adulta (primera cubrición) son agrupadas en distintos corrales:

- Corral de 2 a 4 ó 5 meses.
- Corral de 5 a 8 meses.
- Corral de 8 a 10 meses.
- Corral de 10 a 12 ó 13 meses.
- Corral de monta, vacas preñadas y vacas secas.

Una vez que paren son trasladadas al corral de las vacas de ordeño y cuando dejan de producir leche son llevadas al corral de vacas secas hasta para que sean montadas de nuevo.

Se utiliza cama de paja en el interior de las naves y en los corrales de las terneras hasta los 10 meses de edad. A partir de ahí, en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usado como zona de descanso.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 240 plazas (puede variar de un año a otro).
- Capacidad nominal en UGM: 165 UGMs.
- Producción anual de leche máxima esperada: 7.500 litros por vaca y año.
- Peso medio de las novillas a los 12 meses: 325 Kg.
- Peso medio de las novillas y vacas a partir de los 26 meses: 600 Kg.

### **Alimentación**

En la alimentación de los animales se utilizan cuatro tipos de piensos, como se puede ver a continuación:

- 0- 4 meses: leche materna y a las dos semanas se empieza a suministrar un pienso de destete, con poca proteína y leche en polvo.
- 4- 12 meses: Pienso especial con alfalfa.
- 12-24 meses y vacas secas: Otro tipo de pienso.
- Ordeño: Pienso, ración equilibrada.

En este el caso de esta explotación los piensos son mezclados con forraje de paja. El pienso y el forraje se mezclan en el unifit y se distribuye en el pesebre correspondiente que hay en los corrales de las novillas y vacas adultas. Mientras que a las terneras hasta que alcanzan los 8 meses de edad se les suministra el alimento en tolvas galvanizadas.

El pienso es proporcionado por una cooperativa, de forma que el ganadero no puede elegir ni decidir sobre su composición. El pienso es proporcionado a granel, con lo que no se generan residuos de envases.

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

### **Gestión de residuos**

### Gestión del estiércol

El estiércol y purín generado en cada corral son almacenados en las fosas descritas anteriormente. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo y el purín mediante arrobadera.

La fosa de estiércol líquido y aguas de lechería tiene una capacidad de 7.000 m<sup>3</sup>. La fosa externa para estiércol, tiene una capacidad de 450 m<sup>3</sup>, es decir, una capacidad total de almacenamiento exterior de 7.450 m<sup>3</sup>.



Figura 44: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja S.A.T. Agropecuaria Cirauqui. (Fuente: SITNA).

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad total de recogida de purines y estiércol en las naves es:

- 7.450 m<sup>3</sup> en la fosa exterior de estiércol.
- 7.000 m<sup>3</sup> en la fosa de estiércol líquido y aguas de lechería.
- Producción estimada de purines y estiércol respectivamente: 2.999 m<sup>3</sup>/año.
- Capacidad de almacenamiento de más de 4 meses.

La frecuencia de retirada no es homogénea, se retiran los purines y estiércol cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas.

En el “Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato” se describe el plan de gestión y reparto del estiércol y aguas de lechería actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) nº 1.774/2.002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra.

## ***Explotación de vacuno de carne Ganados Txomin S.L.***

### **Identificación de la explotación**

Los datos de identificación de la explotación son los siguientes:

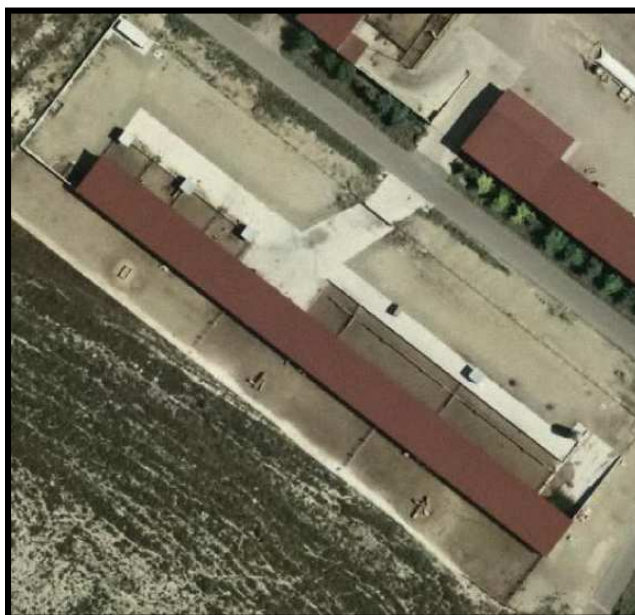
- Titular: Ganados Txomin S.L.
- Domicilio social: C/ Sangüesa, 4; CP: 31003-Pamplona.
- C.I.F: B-31670557
- Emplazamiento: Funes
- Referencia cartográfica MTN50: Hoja 244 (25-11); Alfaro.
- Coordenadas UTM: X= 597.881; Y= 4.686.029.
- Referencia catastral: Polígono 4; parcela 604.
- Clasificación catastral: Urbana (polígono ganadero).
- Uso catastral: granjas.
- Uso actual: Explotación ganadera de cría y cebo de vacuno de carne.

### **Descripción de las instalaciones**

La parcela ocupada por la explotación se encuentra situada al norte del término municipal de Funes y al oeste del núcleo urbano, en una superficie destinada por el Ayuntamiento a polígono ganadero.

La explotación está situada al sur del camino del polígono ganadero, donde se ubica la totalidad del ganado e instalaciones.

La explotación, cuenta en su totalidad con un número de 175 cabezas de ganado en la actualidad.



*Figura 45: Vista general de la explotación de vacuno de carne Ganados Txomin. (Fuente: SITNA).*

La explotación se dedica a la cría y cebo de terneros de raza Pirenaica para su sacrificio y obtención de carne para el consumo humano. Actualmente cuenta con un total de 175 animales pero este valor no es fijo y puede ir variando.

De acuerdo con estos datos, la superficie ocupada por parte de la explotación es la siguiente:

- Superficie total de la explotación: 8.800 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la nave ganadera: 1.600 m<sup>2</sup>.
- Superficie ocupada por la fosa de estiércol: 175 m<sup>2</sup>.

Toda la explotación se encuentra convenientemente rodeada con un muro de hormigón de 2 metros de altura.

La fosa exterior de estiércol es de planta rectangular (18,5 x 9,5 metros) y situada a un lado de la nave donde se ubican los terneros.

### **Funcionamiento de la explotación**

La explotación se dedica a la cría y cebo de terneros de carne para su sacrificio y obtención de carne.

La explotación cuenta con madres para la cría de terneros, así que una vez que las crías son destetadas se trasladan a los corrales donde serán alimentadas hasta alcanzar la edad de sacrificio. Los partos se producen al aire libre a lo largo de todo el año aunque se intentan evitar en verano. El 10% de las hembras nacidas son utilizadas para la reposición de las madres.

Los 5-6 primeros meses están junto a la madre, pero a partir de ahí son trasladados a otro corral, donde se les empieza a dar un pienso de destete mezclado con leche en polvo, para que se vayan adaptando al tipo de alimentación que se les suministrará conforme vayan avanzando en edad.

A partir de los 6-7 meses se separan machos y hembras en distintos corrales y son alimentados con pienso hasta que alcanzan el peso adecuado para ser sacrificados. En machos es unos 330-350 kg. y en hembras 260-280 kg (se sacrifican un mes antes).

La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

Se utiliza cama de paja en el interior de las nave y en los patios exteriores se usan una mezcla de tierra y estiércol que también son usados como zona de descanso.

De forma esquemática, los datos básicos del funcionamiento de la explotación actualmente son los siguientes:

- Capacidad: 175 plazas (puede variar de un año a otro)
- Capacidad nominal en UGM: 130 UGMs.
- Producción anual de terneros: 75
- Peso medio de los machos para el sacrificio: 330-350 kg.
- Peso medio de las hembras para el sacrificio: 260-280 kg (se sacrifican un mes antes).

### **Alimentación**

El pienso de cebo para los terneros está compuesto por maíz, cebada, harina de soja, aceite de palma, carbonato cálcico y cloruro sódico (proteína bruta 13,5%, cenizas brutas 4,8%, fibra bruta 4,4% y aceite y grasas 4,4%).

El pienso destinado a la alimentación de las madres se trata de un pienso de mantenimiento de parecido al que consumen los terneros pero con un menor porcentaje de proteína (8%).

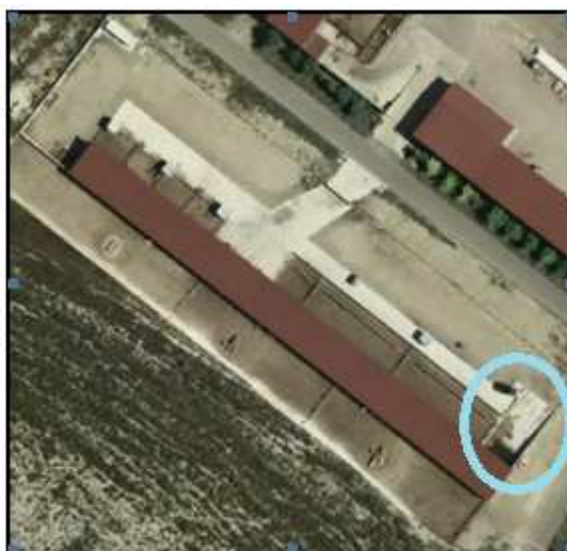
La distribución del agua a los animales se realiza mediante bebederos de boya de acero inoxidable.

### **Gestión de residuos**

#### ***Gestión del estiércol***

El estiércol generado es almacenado en una fosa exterior con una capacidad 263 m<sup>3</sup>. El transporte de los estiércoles se realiza con tractor y pala para facilitar el trabajo.





*Figura 46: Situación de la fosa exterior de estiércol en la granja Ganados Txomin.*

De acuerdo con esta indicación, de forma concreta, la capacidad total de recogida de purines y estiércol en las naves es:

- 263 m<sup>3</sup> en la fosa exterior.
- Producción estimada de estiércol: 647,5 m<sup>3</sup>/año.
- Capacidad de almacenamiento es de más de 4 meses.

La frecuencia de retirada es de una vez al año, se retiran los estiércoles cuando el cultivo receptor está disponible para recibirlos y cuando el ganadero aprecia que las fosas empiezan a estar llenas y son vertidos con un carro esparcidor. En todo caso, nunca se dejan llenar del todo estas fosas.

En el “*Capítulo 9: Estudio medioambiental y gestión del digestato*” se describe el plan de gestión y reparto del estiércol actual de esta explotación.

### **Otros residuos**

Todo residuo distinto de los mencionados expresamente, tales como envases (desinfectantes, piensos y complementos alimenticios, medicamentos, etc.), ropa de trabajo (incluyendo guantes, calzas, etc.), chatarra, aceites, etc., son recogidos y tratados mediante gestores externos.

Los cadáveres de los animales muertos son recogidos y tratados mediante gestores externos, de acuerdo con el reglamento (CE) n° 1774/2002 y a sus trasposiciones en España y en la Comunidad Foral de Navarra



***Anejo VI:  
METODOLOGÍA PARA LA  
CUANTIFICACIÓN Y  
COMPOSICIÓN DE LOS  
RESIDUOS GANADEROS DE LAS  
EXPLOTACIONES***

## ***Emisiones generadas en la explotación de cebo de porcino Jesús Díaz Terés***

### **Producción de estiércol**

De acuerdo con el “Documento Técnico sobre Mejoras Técnicas Disponibles (Mods) para el sector de ganadería intensiva de cerdos”, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y el Fondo Estructural FEOGA-Orientación en el año 2006, y con el anexo I del Real Decreto 324/2000, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas, la producción de purines y estiércol del ganado porcino por plaza cerdo de cebo de 20 a 100 Kg es de 2,15 m<sup>3</sup> de estiércol líquido y semilíquido (purín) al año.

En base a este dato estadístico oficial y a la capacidad de la explotación, de 3120 plazas, el volumen de purines producido sería de 6708 m<sup>3</sup> por año para toda la explotación.

En cualquier caso, estos datos se consideran para el peor de los casos, sin aplicación de mejoras técnicas disponibles ni otros sistemas de gestión que influyen en la reducción de volumen generado de purines.

El principal factor a considerar es que el consumo de agua realmente registrado en la explotación frente al consumo de agua teóricamente consumido. Según los datos de la fuente indicada, la cantidad de agua consumida es el 55% del agua teóricamente consumida reflejada en la fuente indicada.

Teniendo en cuenta la forma en que directamente se relacionan el consumo de agua con la cantidad de purín generado, el volumen de purín generado es un 55% menor que el teóricamente producido según la fuente indicada.

Es decir, la producción anual estimada para la explotación es de 3685 m<sup>3</sup> al año, o expresado de otra forma, 307 m<sup>3</sup> mensuales.

Habría que tener en cuenta, además otros factores que influyen, como la relación entre la evapotranspiración media anual (1050 mm) frente a la precipitación media anual (400 mm), que originaría una evaporación, y por lo tanto, una disminución en el volumen de purín generado. Este valor es, sin embargo, difícilmente cuantificable (fosas interiores, fosas cubiertas...), por lo que no se tienen en cuenta.

Todo lo visto anteriormente, está calculado en base a los datos recogidos en el “Documento Técnico sobre Mejoras Técnicas Disponibles (Mods) para el sector de ganadería intensiva de cerdos”, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y el Fondo Estructural FEOGA-Orientación en el año 2006, pero en este estudio hemos considerado más apropiado utilizar un programa elaborado por el ITG Ganadero de Navarra para el cálculo de los residuos ganaderos de la explotación, ya que en él se tienen en cuenta más criterios y parámetros que en los cálculos anteriores; es decir, este programa permite obtener una estimación más precisa de los residuos generados para cada tipo de explotación teniendo en cuenta, además, otras características de la explotación referentes a las instalaciones, alimentación o manejo del ganado.

Para este cálculo, lo primero que tienes que indicar es el tipo de explotación ganadera, que en este caso será de cebo de porcino. El resto de datos que tenemos que aportar son los siguientes:

### ***Datos generales***

- Mayor % de purín estimado: La cantidad de purín producido va a depender sobre todo del tipo de bebedero. No obstante hay muchos otros factores: caudal medio de los bebederos, fugas, agua limpia, etc. Este comando permitirá aumentar ó disminuir la cantidad de purín en base a los resultados reales de la granja. Entonces va a ser de utilidad para ajustar estas cantidades una vez se tengan datos reales de eliminación de purines en los registros obligatorios. También puede utilizarse para aumentar la cantidad de purín si se constata que el granjero hace una mala gestión del agua.

Por defecto aparece 5% pero si la gestión del agua es adecuada y los caudales en los bebederos ajustados puede ponerse al 0%.

En nuestro caso hemos puesto un 2% ya que al utilizar tolvas húmedas se evitan grandes pérdidas de agua, pero por otro lado hay que tener en cuenta que el agua usada para la limpieza supone un gasto a considerar.

### ***Datos de cebo***

- Tipo de bebedero: Tolva húmeda.
- Plazas: 3120.
- Peso entrada: 19 Kg.
- Peso salida: 113 Kg.
- G.M.D.: ganancia media diaria en gramos: expresa el crecimiento de los lechones/cerdos. En este caso es de 626,67 gramos.
- I.C.: el índice de consumo expresa la cantidad de kg de pienso necesarios para la producción de 1 kg. de peso vivo. En nuestro caso hemos de introducir el índice de consumo económico, es decir aquel que no tiene en cuenta el peso de las bajas, por lo que hemos introducido el valor de 2,9.
- % Bajas: como se ha dicho anteriormente es del 3 %.
- Días de vacío sanitario: son los días entre la salida de los últimos cerdos de la sala y la entrada del lote siguiente. Para nuestra explotación son 7 días.

### ***Datos del pienso***

La cantidad y la composición de los piensos en proteína y fósforo influyen de forma importante en las excreciones de nitrógeno y fósforo. Aparecen datos por defecto que pueden modificarse. En cebo pueden utilizarse más de dos piensos, en éste caso es necesario hacer a mano un cálculo que lleve a introducir la cifra en solo dos tipos (crecimiento y acabado), teniendo en cuenta que el pienso de crecimiento sería un 40% y el de acabado un 60% del total consumido.

La utilización de varios piensos en cada fase productiva ajustados a las necesidades de los animales es una de las MTD (Mejores Técnicas Disponibles) contempladas para las granjas IPPC (granjas que solicitan la Autorización Ambiental Integrada). La base de datos tiene en cuenta esto y clasifica la opción introducida en la composición de los piensos en tres sistemas para la proteína y el fósforo de acuerdo a los siguientes cuadros.

	<b>ESTÁNDAR</b>	<b>BIFASE</b>	<b>AMINOACIDOS</b>
<b>Gestación</b>	16,5 %	= ó< 14,0 %	= ó< 13,0 %
<b>Lactación</b>	16,5 %	= ó< 16,5 %	= ó< 15,0 %
<b>Crecimiento</b>	17,0 %	= ó< 16,5 %	= ó< 15,0 %
<b>Acabado</b>	17,0%	= ó< 15,0 %	= ó< 13,0 %

*Tabla VI.1: Características de los piensos en relación a su contenido en proteína bruta. (Fuente: ITG Ganadero).*

	<b>PIENSO ESTÁNDAR</b>	<b>BIFASE</b>	<b>FITASAS</b>
<b>Gestación</b>	0,65	= ó< 0,50	= ó< 0,40
<b>Lactación</b>	0,65	= ó< 0,60	= ó< 0,50
<b>Prestarter</b>	0,75	= ó< 0,70	= ó< 0,65
<b>Starter</b>	0,65	= ó< 0,60	= ó< 0,55
<b>Crecimiento</b>	0,55	= ó< 0,50	= ó< 0,40
<b>Acabado</b>	0,55	= ó< 0,45	= ó< 0,40

*Tabla: Características de los piensos en relación al fósforo. (Fuente: ITG Ganadero).*

Teniendo en cuenta esto y los datos de nuestra alimentación, se han hecho los cálculos oportunos y hemos llegado a estos resultados:

	<b>% Proteína Bruta</b>	<b>% Fósforo</b>
<b>Pienso de crecimiento</b>	17,32	0,48
<b>Pienso de acabado</b>	15,22	0,22

*Tabla VI.2: Proteína bruta y fósforo del pienso suministrado en la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: ITG Ganadero).*

### **Agua de lluvia**

Si la explotación dispone de depósitos ó balsas descubiertos, el agua de lluvia va a diluir el purín. Podemos introducir la cantidad de agua que anualmente recogen dichos depósitos, multiplicando la superficie del mismo por la pluviometría media mensual de la estación más próxima

Esta cantidad debería disminuirse en parte ya que en los meses de verano se produce una evaporación. De momento no tenemos datos para poder calcularla

En ocasiones a los fosos exteriores llega agua de escorrentía superficial (fundamentalmente a través de los colectores de purín, difícil de cuantificar).

Por lo que realizando el cálculo que nos indica hemos obtenido un total de 120 m<sup>3</sup> de agua aportada por las precipitaciones, resultante de multiplicar los 400 mm de agua de lluvia anuales recogidos en esa zona geográfica por la superficie de las balsas de purines, que en nuestro caso es de 300 m<sup>2</sup>.

### Disponibilidad de balsa o depósito exterior

En caso afirmativo, la cantidad de nitrógeno eliminado en los purines es menor ya que la base descuenta un porcentaje de nitrógeno que se volatiliza en la fosa a lo largo del almacenamiento. Para responder afirmativo, es necesario que el depósito ó balsa tenga una capacidad para al menos 2-3 meses de almacenamiento. Como en esta granja sí que tienen una capacidad superior a ese tiempo, marcaremos la casilla para afirmar la disponibilidad de balsa exterior.

A continuación se muestra la imagen capturada del programa donde se pueden observar los datos que se han introducido para el posterior cálculo de emisiones.

**ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN | EXPLOTACIONES TIPO CEBO**

---

**Datos generales**

Mayor % Purín estimado

---

**Datos del cebo**

Tipo de bebedero	<input type="text" value="TOLVA HUMEDO"/>	Plazas	<input type="text" value="3120"/>
Peso de entrada	<input type="text" value="19"/>	Peso de venta	<input type="text" value="113"/>
G.M.D.	<input type="text" value="626,67"/>	% Baja	<input type="text" value="3"/>
I.C.	<input type="text" value="2,9"/>	Días vacío	<input type="text" value="7"/>

---

**Datos del pienso**

	% P.B.	% FOSFORO
Pienso Crecimiento	<input type="text" value="17,32"/>	<input type="text" value="0,48"/>
Pienso Acabado	<input type="text" value="15,22"/>	<input type="text" value="0,22"/>

---

**Agua de lluvia**

M<sup>3</sup> al año de Agua aportada por las lluvias

Consulte el [mapa de pluviometría](#) y multiplique los datos de su zona por la superficie de la balsa

---

**Balsa exterior**

¿Dispone de foso/balsa exterior descubierta?

Figura VI.1: Entrada de datos de la explotación Jesús Díaz Terés. (Fuente: ITG Ganadero).

Una vez introducidos los datos, la base calcula la cantidad de estiércoles que se producen al año en la granja. En este caso, en la estimación de la cantidad de los purines se incluye el purín producido a la salida de la granja y las aguas de lluvia que puedan caer

directamente sobre los fosos de almacenamiento exterior ó indirectamente a través del agua de patios, etc. (se utilizan pluviometrías medias anuales por m<sup>2</sup>).

No obstante en el caso de que la cantidad de agua de lluvia que reciban los fosos exteriores sea importante, los datos pueden variar de forma importante de año a año.

La base calcula la cantidad total anual de elementos minerales emitidos: nitrógeno total, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potasio (K<sub>2</sub>O), cobre (Cu), zinc (Zn).

La superficie de parcelas, los cultivos, el calendario de reparto y las dosis tendrán en cuenta estos datos y fundamentalmente el nitrógeno total.

PLAN GESTIÓN DE PURINES PORCINO - EMISIONES ANUALES			
<b>Datos generales</b>			
Tipo		CEBO	
<b>Tipo de alimentación</b>			
	Reproductores	Lechones	Cebo
Proteína			ESTANDAR
Fósforo			BIFASE
ZN			
<b>Emisiones anuales</b>			
			Total
Volumen (m <sup>3</sup> )			3.234
Nitrógeno total (KGR)			23.938
Fósforo (P2O5) KGRS			6.646
Potasio (K2O) KGRS			17.130
Cobre KGRS			51,48
ZN KGRS			297,74

Figura VI.2: Emisiones anuales en la explotación Jesús Díaz Terés. (Fuente: ITG Ganadero).

Como se puede apreciar, la base calcula la cantidad purines producidos a la salida de las naves, que en este caso es de 3234 m<sup>3</sup>, así como también se muestran las cantidades de los elementos minerales en esa cantidad de residuo generado.

La base también calcula las emisiones anuales a la atmósfera de nitrógeno total, amoniaco (NH<sub>3</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>) y lo hace especificando las cantidades emitidas en las naves, en los almacenamientos exteriores y en el reparto.



Emisiones a la atmósfera				
<b>Emisiones de Nitrogeno a la atmósfera</b>				
	En naves	En deposito exterior	En reparto	Total
Reproductores				
Lechones				
Cebo	5.725	4.020	6.151	15.896
<b>TOTAL</b>	<b>5.725</b>	<b>4.020</b>	<b>6.151</b>	<b>15.896</b>
<b>Emisiones en forma de Amoniaco</b>				
En naves	6.956			
En depósito exterior	4.879			
En reparto	7.474			
<b>TOTAL</b>	<b>19.308</b>			
<b>Emisiones en forma de N<sub>2</sub>O</b>				
En depósito exterior	12,63			
En reparto	155,92			
<b>TOTAL</b>	<b>168,55</b>			
<b>Emisiones en forma de Metano Kgs CH<sub>4</sub></b>				
Reproductores				
Precebo				
Cebo	28.361			
<b>TOTAL</b>	<b>28.361</b>			

Figura VI.3: Emisiones de nitrógeno y metano en la explotación Jesús Díaz Terés. (Fuente: ITG Ganadero).

### **Composición del estiércol**

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- Composición media del residuo: es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.
- Hectáreas necesarias: nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha. de 250 kg de Nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de Nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cebo es la siguiente:

Composición media reparto					
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Cobre <sup>a</sup>	Zinc <sup>a</sup>
Composición media	7,38	2,05	5,28	15,86	91,75
kgrs/m <sup>3</sup> (*- en grs/m <sup>3</sup> )					
Hectáreas mínimas necesarias					
Para superficie de 250 Kg.	87,868	Para superficie de 170 Kg.	129,218		

Figura VI.4: Composición del purín y hectáreas necesarias para su reparto en la explotación Jesús Díaz Terés. (Fuente: ITG Ganadero).

## ***Emisiones generadas en la explotación de cebo de porcino Ursua Sobejano S.L.***

### **Producción de estiércol**

De acuerdo con el “Documento Técnico sobre Mejoras Técnicas Disponibles (Mods) para el sector de ganadería intensiva de cerdos”, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y el Fondo Estructural FEOGA-Orientación en el año 2006, y con el anexo I del Real Decreto 324/2000, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas, la producción de purines y estiércol del ganado porcino por plaza cerdo de cebo de 20 a 100 Kg es de 2,15 m<sup>3</sup> de estiércol líquido y semilíquido (purín) al año.

En base a este dato estadístico oficial y a la capacidad de la explotación, de 4500 plazas, el volumen de purines producido sería de 9675 m<sup>3</sup> por año para toda la explotación.

En cualquier caso, estos datos se consideran para el peor de los casos, sin aplicación de mejoras técnicas disponibles ni otros sistemas de gestión que influyen en la reducción de volumen generado de purines.

El principal factor a considerar es que el consumo de agua realmente registrado en la explotación frente al consumo de agua teóricamente consumido. Según los datos de la fuente indicada, la cantidad de agua consumida es el 55% del agua teóricamente consumida reflejada en la fuente indicada.

Teniendo en cuenta la forma en que directamente se relacionan el consumo de agua con la cantidad de purín generado, el volumen de purín generado es un 55% menor que el teóricamente producido según la fuente indicada.

Es decir, la producción anual estimada para la explotación es de 5322 m<sup>3</sup> al año, o expresado de otra forma, 444 m<sup>3</sup> mensuales.

Las fosas exteriores no están conectadas con las cuatro naves, sino que las dos que están ubicadas al sur del camino tienen su propia fosa exterior y las ubicadas al norte del camino tienen dos fosas exteriores. Es decir, la gestión del purín de las dos naves del sur y las del norte es independiente.

De acuerdo con esto:

- Producción anual estimada para las dos naves ubicadas al sur del camino: 3548 m<sup>3</sup> al año (296 m<sup>3</sup> al mes).
- Producción anual estimada para las dos naves ubicada al norte del camino: 1774 m<sup>3</sup> (148 m<sup>3</sup> al mes).

Habría que tener en cuenta, además otros factores que influyen, como la relación entre la evapotranspiración media anual (1050 mm) frente a la precipitación media anual (400 mm), que originaría una evaporación, y por lo tanto, una disminución en el volumen de purín generado. Este valor es, sin embargo, difícilmente cuantificable (fosas interiores, fosas cubiertas...), por lo que no se tienen en cuenta.

Como en la explotación ganadera anterior, todo lo visto anteriormente, está calculado en base a los datos recogidos en el “Documento Técnico sobre Mejoras Técnicas Disponibles (Mods) para el sector de ganadería intensiva de cerdos”, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y el Fondo Estructural FEOGA-Orientación en el año 2006, pero en este estudio hemos considerado más apropiado utilizar un programa elaborado por el ITG ganadero de Navarra para el cálculo de los residuos ganaderos de la explotación, ya que en él se tienen en cuenta más criterios y parámetros que en los cálculos anteriores; es decir, este programa permite obtener una estimación de la cantidad y composición de los residuos generados para cada tipo de explotación teniendo en cuenta, además, otras características de la explotación referentes a las instalaciones, alimentación o manejo del ganado.

Para este cálculo, lo primero que tienes que indicar es el tipo de explotación ganadera que en este caso será de cebo de porcino. El resto de datos que tienes que aportar son los siguientes:

### ***Datos generales***

- Mayor % de purín estimado: La cantidad de purín producido va a depender sobre todo del tipo de bebedero. No obstante hay muchos otros factores: caudal medio de los bebederos, fugas, agua limpieza, etc. Este comando permitirá aumentar ó disminuir la cantidad de purín en base a los resultados reales de la granja. Entonces va a ser de utilidad para ajustar estas cantidades una vez se tengan datos reales de eliminación de purines en los registros obligatorios. También puede utilizarse para aumentar la cantidad de purín si se constata que el granjero hace una mala gestión del agua.

Por defecto aparece 5% pero si la gestión del agua es adecuada y los caudales en los bebederos ajustados puede ponerse al 0%.

En nuestro caso hemos puesto un 3% ya que al utilizar bebederos tipo chupete-cazoleta se produce alguna pérdida de agua (mayores pérdidas que con tolva húmeda), pero por otro lado hay que tener en cuenta que el sistema de limpieza se realiza mediante agua a presión, lo que supone un ahorro considerable del consumo de agua.

### ***Datos de cebo***

- Tipo de bebedero: Chupete con cazoleta.
- Plazas: 4500.
- Peso entrada: 20 Kg.

- Peso salida: 115 Kg.
- G.M.D.: ganancia media diaria en gramos: expresa el crecimiento de los lechones/cerdos. En este caso es de 633,34 gramos.
- I.C.: el índice de consumo expresa la cantidad de kg de pienso necesarios para la producción de 1 kg. de peso vivo. En nuestro caso hemos de introducir el índice de consumo económico, es decir aquel que no tiene en cuenta el peso de las bajas, por lo que hemos introducido el valor de 2,9.
- % Bajas: como se ha dicho anteriormente es del 3 %.
- Días de vacío sanitario: son los días entre la salida de los últimos cerdos de la sala y la entrada del lote siguiente. Para nuestra explotación son 8,5 días.

### Datos del pienso

La cantidad y la composición de los piensos en proteína y fósforo influyen de forma importante en las excreciones de nitrógeno y fósforo. Aparecen datos por defecto que pueden modificarse. En cebo pueden utilizarse más de dos piensos, en éste caso es necesario hacer a mano un cálculo que lleve a introducir la cifra en solo dos tipos (crecimiento y acabado), teniendo en cuenta que el pienso de crecimiento sería un 40% y el de acabado un 60% del total consumido.

La utilización de varios piensos en cada fase productiva ajustados a las necesidades de los animales es una de las MTD (Mejores Técnicas Disponibles) contempladas para las granjas IPPC (granjas que solicitan la Autorización Ambiental Integrada). La base de datos tiene en cuenta esto y clasifica la opción introducida en la composición de los piensos en tres sistemas para la proteína y el fósforo de acuerdo a los siguientes cuadros.

Características de los piensos en relación a su contenido en proteína bruta

	ESTÁNDAR	BIFASE	AMINOACIDOS
<b>Gestación</b>	16,5 %	= ó< 14,0 %	= ó< 13,0 %
<b>Lactación</b>	16,5 %	= ó< 16,5 %	= ó< 15,0 %
<b>Crecimiento</b>	17,0 %	= ó< 16,5 %	= ó< 15,0 %
<b>Acabado</b>	17,0%	= ó< 15,0 %	= ó< 13,0 %

Tabla: Características de los piensos en relación a su contenido en proteína bruta.  
(Fuente: ITG Ganadero)

Características de los piensos en relación al fósforo:

	PIENSO ESTÁNDAR	BIFASE	FITASAS
<b>Gestación</b>	0,65	= ó< 0,50	= ó< 0,40
<b>Lactación</b>	0,65	= ó< 0,60	= ó< 0,50
<b>Prestarter</b>	0,75	= ó< 0,70	= ó< 0,65
<b>Starter</b>	0,65	= ó< 0,60	= ó< 0,55

<b>Crecimiento</b>	0,55	= ó < 0,50	= ó < 0,40
<b>Acabado</b>	0,55	= ó < 0,45	= ó < 0,40

Tabla: Características de los piensos en relación al fósforo. (Fuente: ITG Ganadero).

Teniendo en cuenta esto y los datos de nuestra alimentación, se han hecho los cálculos oportunos y hemos llegado a estos resultados.

	<b>% Proteína Bruta</b>	<b>% Fósforo</b>
<b>Pienso de crecimiento</b>	16,50	1,51
<b>Pienso de acabado</b>	14,50	0,30

Tabla: Proteína bruta y fósforo del pienso suministrado en la granja Jesús Díaz Terés. (Fuente: ITG Ganadero).

### **Agua de lluvia**

Si la explotación dispone de depósitos ó balsas descubiertos, el agua de lluvia va a diluir el purín. Podemos introducir la cantidad de agua que anualmente recogen dichos depósitos, multiplicando la superficie del mismo por la pluviometría media mensual de la estación más próxima

Esta cantidad debería disminuirse en parte ya que en los meses de verano se produce una evaporación. De momento no tenemos datos para poder calcularla

En ocasiones a los fosos exteriores llega agua de escorrentía superficial (fundamentalmente a través de los colectores de purín, difícil de cuantificar).

Por lo que realizando el cálculo que nos indica hemos obtenido un total de 149 m<sup>3</sup> de agua aportada por las precipitaciones, resultante de multiplicar los 400 mm de agua de lluvia anuales recogidos en esa zona geográfica por la superficie de las balsas de purines, que en nuestro caso es de 373 m<sup>2</sup>.

### **Disponibilidad de balsa o depósito exterior**

En caso afirmativo la cantidad de nitrógeno eliminado en los purines es menor ya que la base descuenta un porcentaje de nitrógeno que se volatiliza en la fosa a lo largo del almacenamiento. Para responder afirmativo, es necesario que el depósito ó balsa tenga una capacidad para al menos 2-3 meses de almacenamiento. Como en esta granja sí que tienen una capacidad superior a ese tiempo, marcaremos la casilla para afirmar la disponibilidad de balsa exterior.

A continuación se muestra la imagen capturada del programa donde se pueden observar los datos que se han introducido para el posterior cálculo de emisiones.

ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN   EXPLOTACIONES TIPO CEBO		
<b>Datos generales</b>		
Mayor % Purín estimado	3	
<b>Datos del cebo</b>		
Tipo de bebedero	CAZOLETA	
Pesas	4500	
Peso de entrada	20	
Peso de venta	115	
G.M.D.	633,34	
% Baja	3	
I.C.	2,9	
Días vacío	8,5	
<b>Datos del pienso</b>		
	% P.B.	% FOSFORO
Pienso Crecimiento	16,50	1,51
Pienso Acabado	14,50	0,30
<b>Agua de lluvia</b>		
M <sup>3</sup> al año de Agua aportada por las lluvias	149	
Consulte el <a href="#">mapa de pluviometría</a> y multiplique los datos de su zona por la superficie de la balsa		
<b>Balsa exterior</b>		
¿Dispone de foso/balsa exterior descubierta? <input checked="" type="checkbox"/>		

Figura: Entrada de datos de la explotación Ursua Sobejano S.L. (Fuente: ITG Ganadero).

Una vez introducidos los datos, la base calcula la cantidad de estiércoles que se producen al año en la granja. En este caso, en la estimación de la cantidad de los purines se incluye el purín producido a la salida de la granja y las aguas de lluvia que puedan caer directamente sobre los fosos de almacenamiento exterior ó indirectamente a través del agua de patios, etc. (se utilizan pluviometrías medias anuales por m<sup>2</sup>).

No obstante en el caso de que la cantidad de agua de lluvia que reciban los fosos exteriores sea importante, los datos pueden variar de forma importante de año a año.

La base calcula la cantidad total anual de elementos minerales emitidos: nitrógeno total, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potasio (K<sub>2</sub>O), cobre (Cu), zinc (Zn).

La superficie de parcelas, los cultivos, el calendario de reparto y las dosis tendrán en cuenta estos datos y fundamentalmente el nitrógeno total.

PLAN GESTIÓN DE PURINES PORCINO - EMISIONES ANUALES			
<b>Datos generales</b>			
Tipo		CEBO	
<b>Tipo de alimentación</b>			
	Reproductores	Lechones	Cebo
Proteína			BIFASE
Fósforo			ESTANDAR
ZN			
<b>Emisiones anuales</b>			
			Total
Volumen (m <sup>3</sup> )			4.680
Nitrógeno total (KGR)			21.170
Fósforo (P2O5) KGRS			27.313
Potasio (K2O) KGRS			16.308
Cobre KGRS			49,03
ZN KGRS			283,58

Figura: Emisiones anuales en la explotación Ursua Sobejano S.L. (Fuente: ITG Ganadero).

Como se puede apreciar, la base calcula la cantidad purines producidos a la salida de las naves, que en este caso es de 4680 m<sup>3</sup>, así como también se muestran las cantidades de los elementos minerales en esa cantidad de residuo generado.

La base también calcula las emisiones anuales a la atmósfera de nitrógeno total, amoníaco (NH<sub>3</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>) y lo hace especificando las cantidades emitidas en las naves, en los almacenamientos exteriores y en el reparto.

Emisiones a la atmósfera				
Emisiones de Nitrogeno a la atmósfera				
	En naves	En deposito exterior	En reparto	Total
Reproductores				
Lechones				
Cebo	7.353	3.309	3.797	14.459
<b>TOTAL</b>	<b>7.353</b>	<b>3.309</b>	<b>3.797</b>	<b>14.459</b>
Emisiones en forma de Amoniaco				
En naves	8.934			
En depósito exterior	4.016			
En reparto	4.613			
<b>TOTAL</b>	<b>17.563</b>			
Emisiones en forma de N <sub>2</sub> O				
En depósito exterior	10,40			
En reparto	140,19			
<b>TOTAL</b>	<b>150,59</b>			
Emisiones en forma de Metano Kgs CH <sub>4</sub>				
Reproductores				
Precebo				
Cebo	40.905			
<b>TOTAL</b>	<b>40.905</b>			

Figura: Emisiones de nitrógeno y metano en la explotación Ursua Sobejano S.L. (Fuente: ITG Ganadero).

### Composición del estiércol

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- Composición media del residuo: es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.
- Hectáreas necesarias: nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha. de 250 kg de nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes



inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cebo es la siguiente:

Composición media reparto					
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Cobre*	Zinc*
Composición media	4,51	5,82	3,48	10,45	60,46
kgrs/m <sup>3</sup> (*- en grs/m <sup>3</sup> )					
Hectáreas mínimas necesarias					
Para superficie de 250 Kg.	79,387	Para superficie de 170 Kg.	116,745		

Figura: Composición del purín y hectáreas necesarias para su reparto en la explotación Ursua Sobejano S.L.. (Fuente: ITG Ganadero).

## ***Emisiones generadas en la explotación de vacuno lechero Juan Antonio Gainza***

### **Producción de estiércol**

Para el cálculo de la cantidad y composición de estiércoles y purines generados en este tipo de explotaciones ganaderas, se va a recurrir de nuevo al programa del I.T.G. ganadero de Navarra como ya se ha hecho anteriormente con las explotaciones de cebo de porcino.

La base calcula la emisión de purines, estiércoles y elementos minerales en las granjas de vacuno de leche. En los elementos minerales el cálculo tiene en cuenta las cantidades de proteína, fósforo, potasio, cobre y zinc consumidos en el año en el conjunto de la explotación y la cantidad de los mismos elementos fijados en las producciones: leche y crecimiento de las novillas. En el caso del nitrógeno, se tiene igualmente en cuenta las pérdidas por volatilización de amoníaco en las instalaciones con un dato medio general.

Para este cálculo, lo primero que tienes que indicar es el tipo de explotación ganadera que en este caso será de vacuno lechero. El resto de datos que tienes que aportar son los siguientes:

### ***Composición del rebaño***

Se anota el número de vacas adultas (secas y en ordeño), el número de novillas de 0-12 meses y el número de novillas de 12 a 26 meses, presentes de media durante todo el año en la granja.

Tenemos que tener en cuenta que:

Vacas adultas: se entiende como vaca adulta la vaca a partir del primer parto. Las vacas adultas pueden estar en dos categorías:

- Vaca de ordeño: es la vaca en lactación.
- Vaca seca: es la vaca en fase de secado.

Novillas: son las futuras vacas en fase de crecimiento. La base hace dos distinciones:

- Novillas 0-12 meses.
- Novillas 13-26 meses: como estándar consideramos el primer parto a los 26 meses

En esta explotación, dispone de una media anual de 115 vacas adultas, 38 novillas de 0-12 meses y otras 38 novillas de 12-26 meses.

### **Producción de leche**

Se anota la producción media estimada por vaca adulta y año. En este caso, la producción de leche es de 8000 litros por vaca y año.

### **Alojamiento**

El tipo de residuo orgánico producido y su cantidad va a depender del tipo de alojamiento. La base pregunta el tipo de alojamiento para cada tipo de animal: vacas ordeño, vacas secas, novillas primer año, novillas de segundo año. Los tipos de alojamiento contemplados son:

<b>Tipo</b>	<b>Vacas</b>	<b>Novillas</b>	<b>Tipo residuo producido</b>
<b>Estabulación Fija (EF) y emparrillado</b>	+		Purín
<b>Estabulación Fija (EF) y canaleta</b>	+		Estiércol y purín
<b>Estabulación Libre (EL) y cama caliente toda la nave</b>	+	+	Estiércol
<b>Estabulación Libre (EL) y zona limpieza mecánica</b>	+	+	Estiércol y purín
<b>Estabulación Libre (EL) y suelo hormigón con pendiente</b>	+	+	Estiércol y purín
<b>Estabulación Libre (EL) cama caliente y patios</b>	+	+	Estiércol
<b>Estabulación Libre ( EL) y cubículos</b>	+	+	Purín

Se anotará pues para cada tipo de animal el tipo de alojamiento. En caso de que el alojamiento no coincida exactamente con los prefijados, elegir el más parecido.

En esta granja vamos a considerar que la totalidad de los animales están en estabulación libre y cama toda la nave, porque aunque dispongan de patios exteriores a las naves, estos están cubiertos prácticamente en toda su totalidad con una mezcla de paja, tierra y estiércol y las vacas y novillas descansan sobre ese suelo, de tal forma que este actúa como cama. En el interior de las naves disponen de cama de paja.

### ***Meses de pastoreo***

Tanto vacas como novillas pueden pasar determinada parte del año en pastoreo. En ese caso anotar el número medio de meses al año. Es necesario tener en cuenta que la base piensa que todos los animales de un tipo están dichos meses en pastoreo.

En este caso los animales no abandonan la explotación en ningún momento del año, por lo que los meses de pastoreo tanto para vacas como para novillas es cero.

### ***Porcentaje de excreción en pastoreo***

En los meses de pastoreo, los animales la mayor parte de las veces retornan al establo, entonces un porcentaje de las deyecciones las hacen en las naves y otro en el pasto. Esta cifra puede ser variable y deberemos introducir un porcentaje de acuerdo con el manejo. Como regla general, si los animales reciben alimentación suplementaria en establo, el porcentaje de excreción en el pastoreo es menor.

Valores por defecto:

	<b>Vacas</b>	<b>Novillas 0-12</b>	<b>Novillas 13-26</b>
<b>% Excreción en pastoreo</b>	60	60	60

Como ya hemos dicho que no pastorean ningún mes, la totalidad de las excreciones se realizan dentro de las instalaciones ganaderas.

### ***Ración forrajera en pesebre***

Las vacas y novillas reciben normalmente una distribución de alimento voluminoso ó forrajero en pesebre. El tipo de forraje influye en la cantidad de elementos minerales consumidos. Las situaciones pueden ser variadas pero deben remitirse en cada tipo de animal.

Se trata de aproximarnos a la situación media anual más previsible, teniendo en cuenta que si se utiliza más de un tipo de ración forrajera a lo largo del año, la suma debe dar siempre 100.

- Ración equilibrada: los animales reciben una mezcla de voluminosos y concentrados que cubre todas las necesidades.
- Si la ración base es de otro alimento ó subproducto no contemplado, asimilarla a la situación más parecida desde el punto de vista de la composición química del alimento, sobre todo en proteína.

En la base de datos hemos introducido los siguientes datos que son los que más se ajustan a la realidad:

<b>Ración forrajera en pesebre (%)</b>	<b>Vacas ordeño</b>	<b>Novillas 0-12 meses</b>	<b>Novillas 12-26 meses</b>
<b>Ración equilibrada</b>	100%	0%	0%
<b>Heno, paja, otros...</b>	0%	100%	0%
<b>Silo hierba</b>	0%	0%	100%

### *Peso de las novillas*

Se pide introducir el dato del peso vivo de las novillas a los 12 y a los 26 meses de edad (ó al primer parto), por defecto se dan como valores los que se muestran a continuación y los cuales no vamos a modificar ya que se ajustan a la realidad de esta explotación:

	<b>Peso a los 12 meses</b>	<b>Peso a los 26 meses (ó primer parto)</b>
<b>Peso medio novillas</b>	325 kgs	600 kgs

### *Salas de ordeño*

Las salas de ordeño, producen un residuo (aguas de la sala de ordeño) que es necesario gestionar. En la base se deben introducir dos datos:

- Tipos de salas de ordeño en la granja: puede haber una ó más salas de uno ó más tipos, por ello es necesario rellenar cada tipo con el número de salas existentes. Los tipos previstos son:

<b>Espina de pescado doble línea</b>	<b>Perpendicular a foso ordeño doble línea</b>	<b>Espina de pescado línea intermedia</b>	<b>Robot de ordeño</b>
2x3		2x3	
2x4		2x4	
2x5		2x5	
2x6		2x6	
2x8	2x8		
2x10	2x10		

2x12	2x12		
------	------	--	--

- Destino de las aguas de ordeño, hay dos posibilidades :
  - a) Foso para aguas de lechería SI: tenemos un foso especial para estas aguas.
  - b) Foso para aguas de lechería NO: estas aguas van a los fosos de purines y entran a formar parte del purín.

En esta explotación se dispone de una sala de ordeño del tipo espina de pescado en doble línea 2x6, y en la cual existe un foso para las aguas de lechería con una capacidad de 2500 litros.

A continuación se muestra la imagen capturada del programa donde se pueden observar los datos que se han introducido para el posterior cálculo de emisiones:

#### ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN | EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE

**Datos vacas adultas**

Nº Vacas adultas  Litros leche  (Vaca/Año)

Vacas de Ordeño	Vacas Secas
Alojamiento <input type="text" value="E.L Y CAMA TODA LA NAVE"/>	Alojamiento <input type="text" value="E.L Y CAMA TODA LA NAVE"/>
Meses pastoreo <input type="text" value="0,0"/>	Meses pastoreo <input type="text" value="0,0"/>

Excreción en pastoreo  %

**Ración forrajera en pesebre para vacas de ordeño**

Silo maíz  % Heno, silo hierba  % Ración equilibrada  %

**Datos novillas 0 - 12 meses**

Número

Peso a los 12 meses  Tipo de Alojamiento

Meses pastoreo

**Ración forrajera en pesebre**

Heno, paja, otros  % Silo hierba  %

**Datos novillas 12 - 26 meses**

Número

Peso  Tipo de Alojamiento

Meses pastoreo

**Ración forrajera en pesebre**

Heno, paja, otros  % Silo hierba  %

**Tipos de sala de ordeño**

Sala 1  N° Salas

Sala 2  N° Salas

Foso para aguas de ordeño

Una vez introducidos los datos, la base calcula la cantidad de estiércoles, purines y aguas de lechería (en el caso de que tengan un foso independiente) que se producen al año en la granja y de qué tipo de animales provienen y en qué cantidades. En el caso de los purines se incluye el purín producido a la salida de la granja y las aguas de lluvia que puedan caer directamente sobre los fosos de almacenamiento exterior ó indirectamente a través del agua de patios, estercoleros, etc. (se utilizan pluviometrías medias anuales por m<sup>2</sup>)

No obstante en el caso de que la cantidad de agua de lluvia que reciban los fosos exteriores sea importante, los datos pueden variar de forma importante de año a año.

La base calcula la cantidad total anual de elementos minerales emitidos: nitrógeno total, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potasio (K<sub>2</sub>O), cobre (Cu), zinc (Zn)

- Por tipo de animal.
- Por lugar de eliminación: establo ó praderas.

La superficie de parcelas, los cultivos, el calendario de reparto y las dosis tendrán en cuenta estos datos y fundamentalmente el nitrógeno total.

Cantidad de residuos				
	Vacas ordeño	Vacas secas	Novillas	Total
Estiércol (TM)	1.801	269	447	2.517
Purín	0	0	0	0
Agua lechería				408

Elementos eliminados				
	Vacas ordeño	Vacas secas	Novillas	Total
Nitrógeno (KRS)	8.411	971	2.324	11.706
Fósforo P205	5.068	438	771	6.277
Potasio K2O	7.393	621	3.492	11.506
Cobre (KGRS)	7,26	0,77	3,05	11,09
ZINC (KGRS)	28,98	2,57	7,58	39,14

Lugar de eliminación			
	En establo	En Pradera	Atmósfera
Nitrógeno (KRS)	11.706	0	5.017
Fósforo P205	6.277	0	
Potasio K2O	11.506	0	
Cobre (KGRS)	11,09	0,00	
ZINC (KGRS)	39,14	0,00	

### Composición del estiércol

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- Composición media del residuo: es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.
- Hectáreas necesarias: nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha. de 250 kg de Nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de Nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cebo es la siguiente:

Hectáreas necesarias		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	46,82	68,86
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	4,651
Fósforo P205	2,494
Potasio K2O	4,572
Cobre (GRS)	4,405
ZINC (GRS)	15,549

En estas tablas anteriores, se da una composición de los estiércoles sin tener en cuenta las aguas de lechería, ya que estas van a un foso aparte, pero como al final se van a terminar mezclando con el resto de residuos para pasar a formar parte del sustrato que se introducirá en el digestor, este quedará más diluido como se ve a continuación (la cantidad total de elementos eliminados no queda modificado ya que las aguas de lechería son muy pobres en dichos elementos):

Hectáreas necesarias		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	46,82	68,86
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	4,002
Fósforo P205	2,146
Potasio K2O	3,934
Cobre (GRS)	3,790
ZINC (GRS)	13,380

## ***Emisiones generadas en la explotación de vacuno lechero S.A.T. Zabal Cirauqui***

### **Producción de estiércol**

Para el cálculo de la cantidad y composición de estiércoles y purines generados en este tipo de explotaciones ganaderas, se va a recurrir de nuevo al programa del I.T.G. ganadero de Navarra como ya se ha hecho anteriormente con las explotaciones de cebo de porcino.

La base calcula la emisión de purines, estiércoles y elementos minerales en las granjas de vacuno de leche. En los elementos minerales el cálculo tiene en cuenta las cantidades de proteína, fósforo, potasio, cobre y zinc consumidos en el año en el conjunto de la explotación y la cantidad de los mismos elementos fijados en las producciones: leche y crecimiento de las novillas. En el caso del nitrógeno, se tiene igualmente en cuenta las pérdidas por volatilización de amoníaco en las instalaciones con un dato medio general.

Para este cálculo, lo primero que tienes que indicar es el tipo de explotación ganadera que en este caso será de vacuno lechero. El resto de datos que tienes que aportar son los siguientes:

### ***Composición del rebaño***

Se anota el número de vacas adultas (secas y en ordeño), el número de novillas de 0-12 meses y el número de novillas de 12 a 26 meses, presentes de media durante todo el año en la granja.

Tenemos que tener en cuenta que:

Vacas adultas: se entiende como vaca adulta la vaca a partir del primer parto. Las vacas adultas pueden estar en dos categorías:



- Vaca de ordeño: es la vaca en lactación.
- Vaca seca: es la vaca en fase de secado.

Novillas: son las futuras vacas en fase de crecimiento. La base hace dos distinciones:

- Novillas 0-12 meses.
- Novillas 13-26 meses: como estándar consideramos el primer parto a los 26 meses.

En esta explotación, dispone de una media anual de 100 vacas adultas, 30 novillas de 0-12 meses y otras 30 novillas de 12-26 meses.

### ***Producción de leche***

Se anota la producción media estimada por vaca adulta y año. En este caso, la producción de leche es de 8500 litros por vaca y año.

### **Alojamiento**

El tipo de residuo orgánico producido y su cantidad va a depender del tipo de alojamiento. La base pregunta el tipo de alojamiento para cada tipo de animal: vacas ordeño, vacas secas, novillas primer año, novillas de segundo año. Los tipos de alojamiento contemplados son:

<b>Tipo</b>	<b>Vacas</b>	<b>Novillas</b>	<b>Tipo residuo producido</b>
Estabulación Fija (EF) y emparrillado	+		Purín
Estabulación Fija (EF) y canaleta	+		Estiércol y purín
Estabulación Libre (EL) y cama caliente toda la nave	+	+	Estiércol
Estabulación Libre (EL) y zona limpieza mecánica	+	+	Estiércol y purín
Estabulación Libre (EL) y suelo hormigón con pendiente	+	+	Estiércol y purín
Estabulación Libre (EL) cama caliente y patios	+	+	Estiércol
Estabulación Libre (EL) y cubículos	+	+	Purín

Se anotará pues para cada tipo de animal el tipo de alojamiento. En caso de que el alojamiento no coincida exactamente con los prefijados, elegir el más parecido.

En esta granja vamos a considerar que las zonas de estabulación de las vacas adultas, es libre y con zona de limpieza mecánica con arrobadera, y que el resto de los animales están en estabulación libre y cama toda la nave, porque aunque dispongan de patios exteriores a las naves, estos están cubiertos prácticamente en toda su totalidad con una mezcla de paja, tierra y

estiércol y las vacas y novillas descansan sobre ese suelo, de tal forma que este actúa como cama. En el interior de las naves disponen de cama de paja.

### ***Meses de pastoreo***

Tanto vacas como novillas pueden pasar determinada parte del año en pastoreo. En ese caso anotar el número medio de meses al año. Es necesario tener en cuenta que la base piensa que todos los animales de un tipo están dichos meses en pastoreo.

En este caso los animales no abandonan la explotación en ningún momento del año, por lo que los meses de pastoreo tanto para vacas como para novillas es cero.

### ***Porcentaje de excreción en pastoreo***

En los meses de pastoreo, los animales la mayor parte de las veces retornan al establo, entonces un porcentaje de las deyecciones las hacen en las naves y otro en el pasto. Esta cifra puede ser variable y deberemos introducir un porcentaje de acuerdo con el manejo. Como regla general, si los animales reciben alimentación suplementaria en establo, el porcentaje de excreción en el pastoreo es menor.

Valores por defecto:

	<b>Vacas</b>	<b>Novillas 0-12</b>	<b>Novillas 13-26</b>
<b>% Excreción en pastoreo</b>	60	60	60

Como ya hemos dicho que no pastorean ningún mes, la totalidad de las excreciones se realizan dentro de las instalaciones ganaderas.

### ***Ración forrajera en pesebre***

Las vacas y novillas reciben normalmente una distribución de alimento voluminoso ó forrajero en pesebre. El tipo de forraje influye en la cantidad de elementos minerales consumidos. Las situaciones pueden ser variadas pero deben remitirse en cada tipo de animal.

Se trata de aproximarnos a la situación media anual más previsible, teniendo en cuenta que si se utiliza más de un tipo de ración forrajera a lo largo del año, la suma debe dar siempre 100.

- Ración equilibrada: los animales reciben una mezcla de voluminosos y concentrados que cubre todas las necesidades.
- Si la ración base es de otro alimento ó subproducto no contemplado, asimilarla a la situación más parecida desde el punto de vista de la composición química del alimento, sobre todo en proteína.

En la base de datos hemos introducido los siguientes datos que son los que más se ajustan a la realidad:

<b>Ración forrajera en pesebre (%)</b>	<b>Vacas ordeño</b>	<b>Novillas 0-12 meses</b>	<b>Novillas 12-26 meses</b>
<b>Ración equilibrada</b>	100%	0%	0%
<b>Heno, paja, otros...</b>	0%	100%	0%
<b>Silo hierba</b>	0%	0%	100%

### *Peso de las novillas*

Se pide introducir el dato del peso vivo de las novillas a los 12 y a los 26 meses de edad (ó al primer parto), por defecto se dan como valores los que se muestran a continuación y los cuales no vamos a modificar ya que se ajustan a la realidad de esta explotación:

	<b>Peso a los 12 meses</b>	<b>Peso a los 26 meses (ó primer parto)</b>
<b>Peso medio novillas</b>	325 kgs	600 kgs

### *Salas de ordeño*

Las salas de ordeño, producen un residuo (aguas de la sala de ordeño) que es necesario gestionar. En la base se deben introducir dos datos:

- Tipos de salas de ordeño en la granja: puede haber una ó más salas de uno ó más tipos, por ello es necesario rellenar cada tipo con el número de salas existentes. Los tipos previstos son:

<b>Espina de pescado doble línea</b>	<b>Perpendicular a foso ordeño doble línea</b>	<b>Espina de pescado línea intermedia</b>	<b>Robot de ordeño</b>
2x3		2x3	
2x4		2x4	
2x5		2x5	
2x6		2x6	
2x8	2x8		
2x10	2x10		
2x12	2x12		

- Destino de las aguas de ordeño, hay dos posibilidades :
  - c) Foso para aguas de lechería SI: tenemos un foso especial para estas aguas.
  - d) Foso para aguas de lechería NO: estas aguas van a los fosos de purines y entran a formar parte del purín.

Esta explotación cuenta con dos robots de ordeño situados en paralelo, y cuenta con una fosa para las aguas de lechería.

A continuación se muestra la imagen capturada del programa donde se pueden observar los datos que se han introducido para el posterior cálculo de emisiones:

### ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN | EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE

**Datos vacas adultas**

Nº Vacas adultas  Litros leche  (Vaca/Año)

Vacas de Ordeño		Vacas Secas	
Alojamiento	<input type="text" value="E.L CON CAMA Y ZONA LIMPIEZA MECANICA"/>	Alojamiento	<input type="text" value="E.L CON CAMA Y ZONA LIMPIEZA MECANICA"/>
Meses pastoreo	<input type="text" value="0,0"/>	Meses pastoreo	<input type="text" value="0,0"/>

Excreción en pastoreo  %

Ración forrajera en pesebre para vacas de ordeño

Silo maíz  % Heno, silo hierba  % Ración equilibrada  %

**Datos novillas 0 - 12 meses**

Número  Tipo de Alojamiento

Peso a los 12 meses  Meses pastoreo

Ración forrajera en pesebre

Heno, paja, otros  % Silo hierba  %

**Datos novillas 12 - 26 meses**

Número  Tipo de Alojamiento

Peso  Meses pastoreo

Ración forrajera en pesebre

Heno, paja, otros  % Silo hierba  %

**Tipos de sala de ordeño**

Sala 1  Nº Salas

Sala 2

Foso para aguas de ordeño

Una vez introducidos los datos, la base calcula la cantidad de estiércoles, purines y aguas de lechería (en el caso de que tengan un foso independiente) que se producen al año en la granja y de qué tipo de animales provienen y en qué cantidades. En el caso de los purines se incluye el purín producido a la salida de la granja y las aguas de lluvia que puedan caer directamente sobre los fosos de almacenamiento exterior ó indirectamente a través del agua de patios, estercoleros, etc. (se utilizan pluviometrías medias anuales por m<sup>2</sup>)

No obstante en el caso de que la cantidad de agua de lluvia que reciban los fosos exteriores sea importante, los datos pueden variar de forma importante de año a año.

La base calcula la cantidad total anual de elementos minerales emitidos: nitrógeno total, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potasio (K<sub>2</sub>O), cobre (Cu), zinc (Zn):

- Por tipo de animal.
- Por lugar de eliminación: establo ó praderas.

La superficie de parcelas, los cultivos, el calendario de reparto y las dosis tendrán en cuenta estos datos y fundamentalmente el nitrógeno total.

## EMISIÓN DE RESIDUOS | EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE

Cantidad de residuos				
	Vacas ordeño	Vacas secas	Novillas	Total
Estiércol (TM)	835	125	353	1.313
Purín	1.044	156	0	1.200
Agua lechería				360

Elementos eliminados				
	Vacas ordeño	Vacas secas	Novillas	Total
Nitrógeno (KRS)	7.559	844	1.835	10.238
Fósforo P205	4.490	381	609	5.479
Potasio K2O	6.549	540	2.757	9.846
Cobre (KGRS)	6,46	0,67	2,41	9,54
ZINC (KGRS)	26,28	2,24	5,98	34,51

Lugar de eliminación			
	En establo	En Pradera	Atmósfera
Nitrógeno (KRS)	10.238	0	4.388
Fósforo P205	5.479	0	
Potasio K2O	9.846	0	
Cobre (KGRS)	9,54	0,00	
ZINC (KGRS)	34,51	0,00	

### Composición del estiércol

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- **Composición media del residuo:** es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.
- **Hectáreas necesarias:** nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha. de 250 kg de Nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de Nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cebo es la siguiente:

Hectáreas necesarias		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	40,95	60,22
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	4,074
Fósforo P205	2,181
Potasio K2O	3,918
Cobre (GRS)	3,795
ZINC (GRS)	13,732

En estas tablas anteriores, se da una composición de los estiércoles sin tener en cuenta las aguas de lechería, ya que estas van a un foso aparte, pero como al final se van a terminar mezclando con el resto de residuos para pasar a formar parte del sustrato que se introducirá en el digestor, este quedará más diluido como se ve a continuación (la cantidad total de elementos

eliminados no queda modificado ya que las aguas de lechería son muy pobres en dichos elementos):

Hectáreas necesareas		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	40,95	60,22
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	3,564
Fósforo P205	1,907
Potasio K2O	3,427
Cobre (GRS)	3,320
ZINC (GRS)	12,011

### ***Emisiones generadas en la explotación de cebo de vacuno de carne Granja El Alto S.L.***

#### **Producción de estiércol**

Para el cálculo de la cantidad y composición de estiércoles y purines generados en este tipo de explotaciones ganaderas, se va a recurrir de nuevo al programa del I.T.G. ganadero de Navarra como ya se ha hecho anteriormente con las explotaciones de cebo de porcino.

La base calcula la emisión de purines, estiércoles y elementos minerales en las granjas de vacuno de carne. En los elementos minerales el cálculo tiene en cuenta las cantidades de proteína, fósforo, potasio, cobre y zinc consumidos en el año en el conjunto de la explotación y la cantidad de los mismos elementos fijados en las producciones: crecimiento de las novillas y los terneros. En el caso del nitrógeno, se tiene igualmente en cuenta las pérdidas por volatilización de amoníaco en las instalaciones con un dato medio general

A continuación se muestran los datos de entrada requeridos para el cálculo de emisiones de estiércoles y/o purines y su composición.

#### ***Terneros cebados por año***

En esta explotación se ceban alrededor de unos 110 terneros al año.

#### **Porcentaje de bajas**

El porcentaje de bajas es aproximadamente de un 2%.

**Meses de engorde**

La duración del engorde en meses es de seis meses.

**Peso medio a la entrada y la salida**

El peso medio a la entrada es de 220 Kg y a la salida de unos 500 Kg.

**Peso medio de las bajas**

Normalmente las bajas se suelen dar al inicio del cebo, por lo que el peso medio de los animales muertos suele ser de unos 230 Kg.

**Índice de consumo**

El IC son los kilogramos de pienso que consumen por cada kilogramo de peso vivo repuesto (suele estar entre 4,5 y 5,5). Para este caso, vamos a poner un IC de 5,0 ya que es la media de los datos dados como referencia.

**Tipo de alojamiento y tipo de residuo producido**

<b>Tipo alojamiento</b>	<b>Estiércol ( Tm)</b>	<b>Total Purín ( Tm )</b>
<b>E.L. cama caliente toda la nave</b>	+	
<b>E.L. cama caliente y zona limpieza mecánica</b>	+	+
<b>E.L. cama caliente y zona limpieza emparrillada</b>	+	+
<b>E.L. cama caliente y patio exterior</b>	+	
<b>Emparrillado total</b>		+

E.L. = Estabulación libre

E.F. = Estabulación fija

En el caso de esta explotación, hace uso de un alojamiento de estabulación libre y con cama caliente toda la nave.

**Consumo medio diario de forrajes ó voluminosos por ternero y día**

Si se consumiera un solo forraje, los consumos medios previsto durante la fase de cebo son:

- Paja: 1,5 kg.
- Heno: 1,5 kg.
- Silo hierba: 5,0 kg.
- Silo maíz: 5,0 kg.

Puede rellenarse una sola casilla, si se utiliza un forraje, o varias si se utilizan varios y con las cantidades previstas en cada caso. En caso de que un forraje no se consuma hay que poner la cantidad de cero.



En esta granja, los terneros son cebados con un tipo de alimentación, es decir consumen una media de 1,5 kg de paja por ternero y día.

### Composición del pienso en proteína y fósforo

Por defecto sale 18% de proteína bruta y 0,56% de fósforo. Pero deberemos meter el contenido real de los piensos utilizados, que en este caso son 15% de proteína bruta y 0,56% de fósforo.

## ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN |

Datos periodo de cebo			
Terneros cebados/año	110		
Peso entrada	220	Peso salida	500
% Bajas	2	Peso Bajas	230
Meses de engorde	6,0	Indice de consumo	5

Composición de la ración forrajera			
Kilos Ternero/Día			
Paja	1,5	Heno	0
Silo Hierba	0	Silo Maiz	0

Características de los piensos		
	% Proteina	% Fosforo
Pienso Compuesto	15	0,56

Tipo de alojamiento	
Tipo de alojamiento	E.L y cama caliente toda la nave

Una vez introducidos los datos, el programa hace el cálculo y nos da la información de la cantidad anual en toneladas de estiércol, en este caso, producido en el establo.

Aparte también calcula la cantidad de elementos minerales: nitrógeno, fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio ( $K_2O$ ), cobre (Cu) y zinc (Zn) contenidos en el estiércol generado.

En cuanto al nitrógeno total, se descuenta la volatilización de nitrógeno amoniacal producida en el establo.

## EMISIÓN DE RESIDUOS | EXPLOTACIONES DE VACUNO DE CARNE

Cantidad de residuos		
Estiércol (TM)	317	
Purín	0	

Elementos eliminados		
	En establo	Atmosfera
Nitrógeno (KRS)	2.184	936
Fósforo P205	1.543	
Potasio K2O	1.717	
Cobre (KGRS)	0,40	
ZINC (KGRS)	7,71	

### Composición del estiércol

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- Composición media del residuo: es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.
- Hectáreas necesarias: nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha de 250 kg de Nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de Nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cebo es la siguiente:

Composición de Residuo	
Nitrógeno (KRS)	6,89
Fósforo P205	4,87
Potasio K2O	5,42
Cobre (GRS)	1,26
ZINC (GRS)	24,34

Hectareas	
HAS NECESARIAS	8,74

### ***Emisiones generadas en la explotación de cría y cebo de vacuno de carne Ganados Txomin S.L.***

#### **Producción de estiércol**

Para el cálculo de la cantidad y composición de estiércoles y purines generados en este tipo de explotaciones ganaderas, se va a recurrir de nuevo al programa del I.T.G. ganadero de Navarra como ya se ha hecho anteriormente con las explotaciones de cebo de porcino.

La base calcula la emisión de purines, estiércoles y elementos minerales en las granjas de vacuno de carne. En los elementos minerales el cálculo tiene en cuenta las cantidades de proteína, fósforo, potasio, cobre y zinc consumidos en el año en el conjunto de la explotación y la cantidad de los mismos elementos fijados en las producciones: crecimiento de las novillas y los terneros. En el caso del nitrógeno, se tiene igualmente en cuenta las pérdidas por volatilización de amoníaco en las instalaciones con un dato medio general

En este caso, tenemos que realizar dos entradas de datos diferentes, por un lado, los datos referentes a las vacas reproductoras, y por otro lado los datos referidos a los terneros en cebo. A continuación se muestran los datos para las vacas reproductoras:

#### ***Formato de los animales***

Distinguimos tres formatos de vacas según su peso y las características medias las da el siguiente cuadro. Se deberá optar por uno de los formatos. Como datos orientativos tenemos:

	<b>Ligero (Kg)</b>	<b>Medio (Kg)</b>	<b>Pesado (Kg)</b>
<b>Peso tras el parto</b>	525	600	670
<b>Peso ternero</b>	40	45	50
<b>Peso al destete en navarra</b>	240	260	280

Esta explotación cuenta con vacas de la raza pirenaica que son de formato ligero.

### *Época de partos*

Existen dos opciones, con los siguientes datos orientativos:

- Partos de primavera (febrero y marzo): Zona Atlántica. Los terneros salen al prado con las vacas hasta octubre. Se destetan con 7-8 meses y 260-300 kg de peso vivo. El invierno lo pasan estabuladas: el periodo de estabulación es en noviembre-diciembre-enero –febrero (3-4 meses).
- Partos de otoño (noviembre y diciembre): resto zonas. Las vacas permanecen estabuladas con el ternero hasta abril, que se destetan. La edad al destete (4-6 meses) y el peso 230-250 kg de peso vivo. El periodo de estabulación de las vacas es de 5-6 meses.

Aunque en esta granja se producen partos en ambas épocas, hemos optado por poner que son los partos de otoño ya que los datos se ajustan más a los de nuestra explotación.

### *Edad y pesos de las novillas reposición*

Depende del tipo de formato:

	<b>Ligeras</b>	<b>Medias</b>	<b>Pesadas</b>
<b>Peso en kg a los 12 meses</b>	275	300	325
<b>Peso en kg a los 24 meses</b>	370	400	450
<b>Peso en kg a los 36 meses ( antes parto)</b>	520	600	660

### *Tipos de alojamientos y tipo de residuo producido*

<b>Tipo alojamiento</b>	<b>Estiércol</b>	<b>Total Purín</b>
1.- E.F y emparrillado		+
2.- E.F. y canaleta	+	+
3.- E.L. y cama caliente toda la nave	+	
4.- E.L. Cama caliente y zona limpieza mecánica	+	+
5.- E.L. Cama caliente y zona limpieza emparrillada	+	+
6.- E.L. y suelo hormigón con pendiente	+	+
7.- E.L. , cama caliente y patio exterior	+	
8.- E.L. y cubículos		+

E.L. = Estabulación libre

E.F. = Estabulación fija

Se anotará pues para cada tipo de animal el tipo de alojamiento. Así pues, se ha puesto que el tipo de alojamiento de las vacas cuando no están en pastoreo es de estabulación libre y cama caliente toda la nave.

**Datos alimentación**

Se indicará aquí el tipo de ración forrajera base en el establo. Las vacas y novillas reciben normalmente una distribución de alimento voluminoso ó forrajero en pesebre. El tipo de forraje influye en la cantidad de elementos minerales consumidos.

Las situaciones pueden ser variadas pero deben remitirse en cada tipo de animal a rellenar el siguiente casillero, en nuestro caso es:

	<b>Silo Maiz</b>	<b>Heno</b>	<b>Silo de hierba</b>	<b>Ración equilibrada</b>
<b>Vacas</b>	0	0	0	100
<b>Novillas 1º año</b>	0	100	0	0
<b>Novillas 2º año</b>	0	100	0	0

Se trata de aproximarnos a la situación media anual más previsible, teniendo en cuenta que si se utiliza más de un tipo de ración forrajera a lo largo del año, la suma debe dar siempre 100.

- Ración equilibrada: los animales reciben una mezcla de voluminosos y pienso que cubre todas las necesidades: paja + pienso por ejemplo.
- Si la ración base es de otro alimento ó subproducto no contemplado, asimilarla a la situación más parecida desde el punto de vista de la composición química del alimento, sobre todo en proteína.

**Meses de pastoreo**

Tanto vacas como novillas pueden pasar determinada parte del año en pastoreo. En ese caso anotar el número medio de meses al año. Es necesario tener en cuenta que la base piensa que todos los animales de un tipo están dichos meses en pastoreo. En el caso de vacas adultas los meses de pastoreo serán menores ó iguales que 10.

La base entiende que cuando los animales están en pastoreo lo están todo el tiempo, sin regresar al establo una parte del día.

En esta explotación las vacas reproductoras están una media de 6 meses en pastoreo.

## ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN | EXPLOTACIONES CON VACAS REPRODUCTORAS

### Datos Explotación

Nº Vacas adulta	<input type="text" value="100"/>	Formato de las vacas	<input type="text" value="LIGERO"/>
Meses destete	<input type="text" value="5,5"/>	Terneros / vaca / año	<input type="text" value="0,80"/>
Epoca de partos	<input type="text" value="OTOÑO"/>		
Peso al destete	<input type="text" value="240"/>		
Peso novillas a los 12 meses	<input type="text" value="275"/>		
Peso novillas a los 24 meses	<input type="text" value="370"/>		
Peso novillas a los 36 meses	<input type="text" value="560"/>		
Nº novillas 1 años	<input type="text" value="7"/>		
Nº novillas 2 años	<input type="text" value="7"/>		
Nº novillas 3 años	<input type="text" value="0"/>		

### Datos alojamiento

	Meses pastoreo	Tipo de alojamiento en establo
Vacas adultas	<input type="text" value="6,0"/>	<input type="text" value="E.L y cama caliente toda la nave"/>
Novillas de 2 y 3 años	<input type="text" value="6,0"/>	<input type="text" value="E.L y cama caliente toda la nave"/>

### Datos de alimentación - Tipo de ración y %

	Vacas adultas	Novillas 1er año	Novillas 2º año	Novillas 3er año
Silo Maiz	<input type="text" value="0,00"/>			
Heno	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="100,00"/>	<input type="text" value="100,00"/>	<input type="text" value="100,00"/>
Silo Hierba	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>
R. Equilibrada	<input type="text" value="100,00"/>			

La base calcula la cantidad de estiércoles y purines que se producen al año en la granja y de qué tipo de animales provienen y en qué cantidades.

La base calcula la cantidad total anual de elementos minerales emitidos: nitrógeno total, fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio ( $K_2O$ ), cobre (Cu), zinc (Zn):

- Por tipo de animal.
- Por lugar de eliminación: establo ó praderas.

La superficie de parcelas, los cultivos, el calendario de reparto y las dosis tendrán en cuenta estos datos y fundamentalmente el nitrógeno total.

**EMISIÓN DE RESIDUOS | EXPLOTACIONES DE VACAS REPRODUCTORAS****Cantidad de residuos**

	Vacas	Novillas	Total
Estiércol (TM)	720	25	745
Purín	0	0	0

**Elementos eliminados**

	Vacas	Novillas	Total
Nitrógeno (KRS)	5.266	355	5.621
Fósforo P205	2.745	135	2.880
Potasio K2O	6.693	522	7.216
Cobre (KGRS)	2,34	0,13	2,47
ZINC (KGRS)	13,28	0,69	13,98

**Lugar de eliminación**

	En establo	En Pradera	En Atmosfera
Nitrógeno (KRS)	1.731	3.891	742
Fósforo P205	1.414	1.466	
Potasio K2O	2.788	4.427	
Cobre (KGRS)	1,11	1,35	
ZINC (KGRS)	7,39	6,59	

A continuación se muestran los datos y consiguientes resultados referidos a los terneros que son cebados en la explotación, en este caso, los terneros están desde que nacen hasta que son trasladados al matadero. Eso quiere decir que permanecen en la explotación durante el periodo de lactación y el periodo de cebo.

## ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN | CEBEO

Datos Periodo lactancia			
Terneros comprados al año	<input type="text" value="80"/>	% Bajas en lactación	<input type="text" value="4"/>
Duración lactancia en meses	<input type="text" value="5,5"/>	Tipo de alojamiento	<input type="text" value="Cama"/>

Datos periodo de cebo			
Terneros cebados/año	<input type="text" value="75"/>	Peso salida	<input type="text" value="310"/>
Peso entrada	<input type="text" value="220"/>	Peso Bajas	<input type="text" value="230"/>
% Bajas	<input type="text" value="2"/>	Indice de consumo	<input type="text" value="5"/>
Meses de engorde	<input type="text" value="0,0"/>		

Composición de la ración forrajera			
Kilos Ternero/Día			
Paja	<input type="text" value="1,50"/>	Heno	<input type="text" value="0"/>
Silo Hierba	<input type="text" value="0"/>	Silo Maiz	<input type="text" value="0"/>

Características de los piensos		
Pienso	% Proteina	% Fosforo
Compuesto	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="0,56"/>

Tipo de alojamiento	
Tipo de alojamiento	<input type="text" value="E.L cama caliente y patio exterior"/>

La base calcula la cantidad de estiércoles y purines que se producen al año en la granja y de qué tipo de animales provienen y en qué cantidades.

La base calcula la cantidad total anual de elementos minerales emitidos: nitrógeno total, fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio ( $K_2O$ ), cobre (Cu), zinc (Zn):

- Por tipo de animal.
- Por lugar de eliminación: establo ó praderas.

La superficie de parcelas, los cultivos, el calendario de reparto y las dosis tendrán en cuenta estos datos y fundamentalmente el nitrógeno total.



## EMISIÓN DE RESIDUOS | EXPLOTACIONES DE VACUNO DE CARNE

Cantidad de residuos		
Estiércol (TM)	275	
Purín	0	

Elementos eliminados		
	En establo	Atmosfera
Nitrógeno (KRS)	745	320
Fósforo P205	514	
Potasio K2O	961	
Cobre (KGRS)	0,52	
ZINC (KGRS)	5,64	

**Composición del estiércol**

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- Composición media del residuo: es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.
- Hectáreas necesarias: nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha de 250 kg de Nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de Nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cría y cebo es la siguiente:

*Vacas reproductoras***Hectareas  
Necesarias**

De cultivo	6,92
De Pradera	15,56

**Composición de Residuo**

Nitrógeno (KRS)	2,322
Fósforo P205	1,898
Potasio K2O	3,742
Cobre (GRS)	1,492
ZINC (GRS)	9,911

*Terneros de cebo***Hectareas**

HAS NECESARIAS	2,98
----------------	------

**Composición de Residuo**

Nitrógeno (KRS)	2,71
Fósforo P205	1,87
Potasio K2O	3,50
Cobre (GRS)	1,89
ZINC (GRS)	20,55

## ***Emisiones generadas en la explotación de vacuno lechero S.A.T. Agropecuaria Cirauqui***

### **Producción de estiércol**

Para el cálculo de la cantidad y composición de estiércoles y purines generados en este tipo de explotaciones ganaderas, se va a recurrir de nuevo al programa del I.T.G. ganadero de Navarra como ya se ha hecho anteriormente con las explotaciones de cebo de porcino.

La base calcula la emisión de purines, estiércoles y elementos minerales en las granjas de vacuno de leche. En los elementos minerales el cálculo tiene en cuenta las cantidades de proteína, fósforo, potasio, cobre y zinc consumidos en el año en el conjunto de la explotación y la cantidad de los mismos elementos fijados en las producciones: leche y crecimiento de las novillas. En el caso del nitrógeno, se tiene igualmente en cuenta las pérdidas por volatilización de amoníaco en las instalaciones con un dato medio general.

Para este cálculo, lo primero que tienes que indicar es el tipo de explotación ganadera que en este caso será de vacuno lechero. El resto de datos que tienes que aportar son los siguientes:

### ***Composición del rebaño***

Se anota el número de vacas adultas (secas y en ordeño), el número de novillas de 0-12 meses y el número de novillas de 12 a 26 meses, presentes de media durante todo el año en la granja.

Tenemos que tener en cuenta que:

Se entiende como vaca adulta la vaca a partir del primer parto. Las vacas adultas pueden estar en dos categorías:

- Vaca de ordeño: es la vaca en lactación.
- Vaca seca: es la vaca en fase de secado.

Las novillas son las futuras vacas en fase de crecimiento. La base hace dos distinciones:

- Novillas 0-12 meses.
- Novillas 13-26 meses: como estándar consideramos el primer parto a los 26 meses.

En esta explotación, dispone de una media anual de 95 vacas adultas, 30 novillas de 0-12 meses y otras 30 novillas de 12-26 meses.

### ***Producción de leche***

Se anota la producción media estimada por vaca adulta y año. En este caso, la producción de leche es de 7600 litros por vaca y año.

**Alojamiento**

El tipo de residuo orgánico producido y su cantidad va a depender del tipo de alojamiento. La base pregunta el tipo de alojamiento para cada tipo de animal: vacas ordeño, vacas secas, novillas primer año, novillas de segundo año. Los tipos de alojamiento contemplados son:

<b>Tipo</b>	<b>Vacas</b>	<b>Novillas</b>	<b>Tipo residuo producido</b>
Estabulación Fija (EF) y emparrillado	+		Purín
Estabulación Fija (EF) y canaleta	+		Estiércol y purín
Estabulación Libre (EL) y cama caliente toda la nave	+	+	Estiércol
Estabulación Libre (EL) y zona limpieza mecánica	+	+	Estiércol y purín
Estabulación Libre (EL) y suelo hormigón con pendiente	+	+	Estiércol y purín
Estabulación Libre (EL) cama caliente y patios	+	+	Estiércol
Estabulación Libre (EL) y cubículos	+	+	Purín

Se anotará entonces para cada tipo de animal el tipo de alojamiento. En caso de que el alojamiento no coincida exactamente con los prefijados, elegir el más parecido.

En esta granja vamos a considerar que las zonas de estabulación de las vacas adultas, la estabulación es libre y con zona de limpieza mecánica con arrobadera, y que el resto de los animales están en estabulación libre y cama toda la nave, porque aunque dispongan de patios exteriores a las naves, estos están cubiertos prácticamente en toda su totalidad con una mezcla de paja, tierra y estiércol y las vacas y novillas descansan sobre ese suelo, de tal forma que este actúa como cama. En el interior de las naves disponen de cama de paja.

**Meses de pastoreo**

Tanto vacas como novillas pueden pasar determinada parte del año en pastoreo. En ese caso anotar el número medio de meses al año. Es necesario tener en cuenta que la base piensa que todos los animales de un tipo están dichos meses en pastoreo.

En este caso los animales no abandonan la explotación en ningún momento del año, por lo que los meses de pastoreo tanto para vacas como para novillas es cero.

**Porcentaje de excreción en pastoreo**

En los meses de pastoreo, los animales la mayor parte de las veces retornan al establo, entonces un porcentaje de las deyecciones las hacen en las naves y otro en el pasto. Esta cifra

puede ser variable y deberemos introducir un porcentaje de acuerdo con el manejo. Como regla general, si los animales reciben alimentación suplementaria en establo, el porcentaje de excreción en el pastoreo es menor.

Valores por defecto:

	Vacas	Novillas 0-12	Novillas 13-26
<b>% Excreción en pastoreo</b>	60	60	60

Como ya hemos dicho que no pastorean ningún mes, la totalidad de las excreciones se realizan dentro de las instalaciones ganaderas.

### ***Ración forrajera en pesebre***

Las vacas y novillas reciben normalmente una distribución de alimento voluminoso ó forrajero en pesebre. El tipo de forraje influye en la cantidad de elementos minerales consumidos. Las situaciones pueden ser variadas pero deben remitirse en cada tipo de animal.

Se trata de aproximarnos a la situación media anual más previsible, teniendo en cuenta que si se utiliza más de un tipo de ración forrajera a lo largo del año, la suma debe dar siempre 100.

- Ración equilibrada: los animales reciben una mezcla de voluminosos y concentrados que cubre todas las necesidades.
- Si la ración base es de otro alimento ó subproducto no contemplado, asimilarla a la situación más parecida desde el punto de vista de la composición química del alimento, sobre todo en proteína.

En la base de datos hemos introducido los siguientes datos que son los que más se ajustan a la realidad:

<b>Ración forrajera en pesebre (%)</b>	<b>Vacas ordeño</b>	<b>Novillas 0-12 meses</b>	<b>Novillas 12-26 meses</b>
<b>Ración equilibrada</b>	100%	0%	0%
<b>Heno, paja, otros...</b>	0%	100%	0%
<b>Silo hierba</b>	0%	0%	100%

### ***Peso de las novillas***

Se pide introducir el dato del peso vivo de las novillas a los 12 y a los 26 meses de edad (ó al primer parto), por defecto se dan como valores los que se muestran a continuación y los cuales no vamos a modificar ya que se ajustan a la realidad de esta explotación:

	<b>Peso a los 12 meses</b>	<b>Peso a los 26 meses (ó primer parto)</b>
<b>Peso medio novillas</b>	325 kgs	600 kgs

### *Salas de ordeño*

Las salas de ordeño, producen un residuo (aguas de la sala de ordeño) que es necesario gestionar. En la base se deben introducir dos datos:

- Tipos de salas de ordeño en la granja: puede haber una ó más salas de uno ó más tipos, por ello es necesario rellenar cada tipo con el número de salas existentes. Los tipos previstos son:

<b>Espina de pescado doble línea</b>	<b>Perpendicular a foso ordeño doble línea</b>	<b>Espina de pescado línea intermedia</b>	<b>Robot de ordeño</b>
2x3		2x3	
2x4		2x4	
2x5		2x5	
2x6		2x6	
2x8	2x8		
2x10	2x10		
2x12	2x12		

- Destino de las aguas de ordeño, hay dos posibilidades :
  - a) Foso para aguas de lechería SI: tenemos un foso especial para estas aguas.
  - b) Foso para aguas de lechería NO: estas aguas van a los fosos de purines y entran a formar parte del purín.

Esta explotación cuenta con una sala de ordeño de tipo espina de pescado en doble línea 2x8 y también cuenta con la existencia de una fosa para las aguas de lechería.

A continuación se muestra la imagen capturada del programa donde se pueden observar los datos que se han introducido para el posterior cálculo de emisiones:

## ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN | EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE

Datos vacas adultas					
Nº Vacas adultas	95	Litros leche	7600 (Vaca/Año)		
Vacas de Ordeño		Vacas Secas			
Alojamiento	E.L Y CAMA TODA LA NAVÉ	Alojamiento	E.L Y CAMA TODA LA NAVÉ		
Meses pastoreo	0,0	Meses pastoreo	0,0		
Excreción en pastoreo 0,00 %					
Ración forrajera en pesebre para vacas de ordeño					
Silo maíz	0,00 %	Heno, silo hierba	0,00 %	Ración equilibrada	100,00 %

Datos novillas 0 - 12 meses			
Número	30	Tipo de Alojamiento	E.L Y CAMA TODA LA NAVÉ
Peso a los 12 meses	325		
Meses pastoreo	0,0		
Ración forrajera en pesebre			
Heno, paja, otros	100,00 %	Silo hierba	0,00 %

Datos novillas 12 - 26 meses			
Número	30	Tipo de Alojamiento	E.L Y CAMA TODA LA NAVÉ
Peso	600		
Meses pastoreo	0,0		
Ración forrajera en pesebre			
Heno, paja, otros	0,00 %	Silo hierba	100,00 %

Tipos de sala de ordeño			
Sala 1	ESPINA PESCADO DOBLE LINEA 2X8	Nº Salas	1
Sala 2		Nº Salas	
Foso para aguas de ordeño <input checked="" type="checkbox"/>			

Una vez introducidos los datos, la base calcula la cantidad de estiércoles, purines y aguas de lechería (en el caso de que tengan un foso independiente) que se producen al año en la granja y de qué tipo de animales provienen y en qué cantidades. En el caso de los purines se incluye el purín producido a la salida de la granja y las aguas de lluvia -que puedan caer directamente sobre los fosos de almacenamiento exterior ó indirectamente a través del agua de patios, estercoleros, etc. (se utilizan pluviometrías medias anuales por m<sup>2</sup>)

No obstante en el caso de que la cantidad de agua de lluvia que reciban los fosos exteriores sea importante, los datos pueden variar de forma importante de año a año.

La base calcula la cantidad total anual de elementos minerales emitidos: nitrógeno total, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potasio (K<sub>2</sub>O), cobre (Cu), zinc (Zn):

- Por tipo de animal.
- Por lugar de eliminación: establo ó praderas.

La superficie de parcelas, los cultivos, el calendario de reparto y las dosis tendrán en cuenta estos datos y fundamentalmente el nitrógeno total.

## EMISIÓN DE RESIDUOS | EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE

Cantidad de residuos				
	Vacas ordeño	Vacas secas	Novillas	Total
Estiércol (TM)	1.488	222	353	2.063
Purín	0	0	0	0
Agua lechería				528

Elementos eliminados				
	Vacas ordeño	Vacas secas	Novillas	Total
Nitrógeno (KRS)	6.762	802	1.835	9.399
Fósforo P205	4.124	362	609	5.094
Potasio K2O	6.016	513	2.757	9.286
Cobre (KGRS)	5,89	0,64	2,41	8,94
ZINC (KGRS)	23,12	2,12	5,98	31,23

Lugar de eliminación			
	En establo	En Pradera	Atmósfera
Nitrógeno (KRS)	9.399	0	4.028
Fósforo P205	5.094	0	
Potasio K2O	9.286	0	
Cobre (KGRS)	8,94	0,00	

### Composición del estiércol

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- Composición media del residuo: es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.



- Hectáreas necesarias: nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha. de 250 kg de Nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de Nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cebo es la siguiente:

Hectáreas necesarias		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	37,59	55,29
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	4,556
Fósforo P205	2,470
Potasio K2O	4,502
Cobre (GRS)	4,334
ZINC (GRS)	15,140

En estas tablas anteriores, se da una composición de los estiércoles sin tener en cuenta las aguas de lechería, ya que estas van a un foso aparte, pero como al final se van a terminar mezclando con el resto de residuos para pasar a formar parte del sustrato que se introducirá en el digestor, este quedará más diluido como se ve a continuación (la cantidad total de elementos eliminados no queda modificado ya que las aguas de lechería son muy pobres en dichos elementos):

Hectáreas necesarias		
	para 250 Kg.	para 170 Kg.
De cultivo	37,59	55,29
De pradera	0,00	0,00

Composición estimada del estiércol y purín	
Nitrógeno (KRS)	3,628
Fósforo P205	1,966
Potasio K2O	3,584
Cobre (GRS)	3,451
ZINC (GRS)	12,054

Esta explotación, en vez de vender a los pocos días de nacimiento a los terneros machos y/o terneros mestizos, se ocupa de cebarlos en la misma granja hasta la edad de un año, edad a la cual han alcanzado aproximadamente unos 300-350 kilos. Por lo tanto, tendremos que tener en cuenta los residuos generados por dichos terneros, que son del orden de 80-90 terneros al año.

A continuación se muestran los datos introducidos en el programa de cálculo de emisiones y los consiguientes resultados de emisiones y composición de los estiércoles:

### **Producción de estiércol**

Para el cálculo de la cantidad y composición de estiércoles y purines generados en este tipo de explotaciones ganaderas, se va a recurrir de nuevo al programa del I.T.G. ganadero de Navarra como ya se ha hecho anteriormente con las explotaciones de cebo de porcino.

La base calcula la emisión de purines, estiércoles y elementos minerales en las granjas de vacuno de carne. En los elementos minerales el cálculo tiene en cuenta las cantidades de proteína, fósforo, potasio, cobre y zinc consumidos en el año en el conjunto de la explotación y la cantidad de los mismos elementos fijados en las producciones: crecimiento de las novillas y los terneros. En el caso del nitrógeno, se tiene igualmente en cuenta las pérdidas por volatilización de amoníaco en las instalaciones con un dato medio general

A continuación se muestran los datos de entrada requeridos para el cálculo de emisiones de estiércoles y/o purines y su composición.

### ***Terneros cebados por año***

En esta explotación se ceban alrededor de unos 85 terneros al año de media.

### ***Porcentaje de bajas***

El porcentaje de bajas es aproximadamente de un 2%.

**Meses de engorde**

La duración del engorde en meses es de 10 meses ya que a los dos son destetados.

**Peso medio a la entrada y la salida**

El peso medio a la entrada es de 100 Kg y a la salida de unos 325 Kg.

**Peso medio de las bajas**

Normalmente las bajas se suelen dar al inicio del cebo, por lo que el peso medio de los animales muertos suele ser de unos 120 Kg.

**Índice de consumo**

El IC son los kilogramos de pienso que consumen por cada kilogramo de peso vivo repuesto (suele estar entre 4,5 y 5,5). Para este caso, vamos a poner un IC de 5,0 ya que es la media de los datos dados como referencia.

**Tipo de alojamiento y tipo de residuo producido**

Tipo alojamiento	Estiércol ( Tm)	Total Purín ( Tm )
<b>E.L. cama caliente toda la nave</b>	+	
<b>E.L. cama caliente y zona limpieza mecánica</b>	+	+
<b>E.L. cama caliente y zona limpieza emparrillada</b>	+	+
<b>E.L. cama caliente y patio exterior</b>	+	
<b>Emparrillado total</b>		+

E.L. = Estabulación libre

E.F. = Estabulación fija

En el caso de esta explotación, hace uso de un alojamiento de estabulación libre y con cama caliente toda la nave.

**Consumo medio diario de forrajes ó voluminosos por ternero y día**

Si se consumiera un solo forraje, los consumos medios previsto durante la fase de cebo son:

- Paja: 1,5 kg.
- Heno: 1,5 kg.
- Silo hierba: 5,0 kg.
- Silo maíz: 5,0 kg.

Puede rellenarse una sola casilla, si se utiliza un forraje, o varias si se utilizan varios y con las cantidades previstas en cada caso. En caso de que un forraje no se consuma hay que poner la cantidad de cero.

En esta granja, los terneros son cebados con dos tipo de forraje, es decir consumen una media de 1 kg de paja y 2,25 kg de silo de maíz por ternero y día.

### Composición del pienso en proteína y fósforo

Por defecto sale 18% de proteína bruta y 0,56% de fósforo. Pero deberemos meter el contenido real de los piensos utilizados, que en este caso son 16% de proteína bruta y 0,56% de fósforo.

## ENTRADA DATOS DE LA EXPLOTACIÓN | CEBO

Datos periodo de cebo			
Terneros cebados/año	<input type="text" value="85"/>		
Peso entrada	<input type="text" value="100"/>	Peso salida	<input type="text" value="325"/>
% Bajas	<input type="text" value="2"/>	Peso Bajas	<input type="text" value="120"/>
Meses de engorde	<input type="text" value="10,0"/>	Indice de consumo	<input type="text" value="5"/>

Composición de la ración forrajera			
Kilos Ternero/Día			
Paja	<input type="text" value="1,00"/>	Heno	<input type="text" value="0"/>
Silo Hierba	<input type="text" value="0"/>	Silo Maiz	<input type="text" value="2,25"/>

Características de los piensos		
Pienso	% Proteina	% Fosforo
Compuesto	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="0,56"/>

Tipo de alojamiento	
Tipo de alojamiento	<input type="text" value="E.L y cama caliente toda la nave"/>

Una vez introducidos los datos, el programa hace el cálculo y nos da la información de la cantidad anual en toneladas de estiércol, en este caso, producido en el establo.

Aparte también calcula la cantidad de elementos minerales: nitrógeno, fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio ( $K_2O$ ), cobre (Cu) y zinc (Zn) contenidos en el estiércol generado.

En cuanto al nitrógeno total, se descuenta la volatilización de nitrógeno amoniacal producida en el establo.

## EMISIÓN DE RESIDUOS | EXPLOTACIONES DE VACUNO

Cantidad de residuos		
Estiércol (TM)	408	
Purín	0	

Elementos eliminados		
	En establo	Atmosfera
Nitrógeno (KRS)	1.622	695
Fósforo P205	1.057	
Potasio K2O	1.361	
Cobre (KGRS)	0,36	
ZINC (KGRS)	5,28	

### Composición del estiércol

Por último, da dos tipos de datos orientativos, es decir, sirven para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria:

- Composición media del residuo: es un dato estimativo dado que aunque la cantidad de elementos minerales eliminados está cerca de la realidad de cada caso, la cantidad de residuo producido es media para cada tipo de alojamiento y no se tienen en cuenta factores que la hacen variable como son el consumo de agua. Este dato puede ser útil para una primera documentación de dosificación. Para tener datos reales en cada granja se hace preciso realizar análisis del purín antes de cada época de reparto.
- Hectáreas necesarias: nos sirve para tener una orientación sobre la superficie mínima útil necesaria, suponiendo una dosis por Ha de 250 kg de Nitrógeno total. Esta dosis es la máxima permitida para residuos orgánicos en cualquier parcela de la Comunidad Foral de Navarra. No obstante tendremos en cuenta las limitaciones en cada caso fundamentalmente debidas bien a que las parcelas están en zonas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos (170 kg de Nitrógeno por Ha) ó bien a que los cultivos que van a recibir el residuo necesitan aportes inferiores de nitrógeno (teniendo en cuenta para cada residuo su coeficiente de equivalencia nitrógeno).

De acuerdo con los valores que hemos introducido en el programa para el cálculo de residuos ganaderos del Instituto Técnico y de Gestión Ganadero, la composición del purín para esta explotación de cebo es la siguiente:

### Hectareas

HAS NECESARIAS

### Composición de Residuo

Nitrógeno (KRS)	<input type="text" value="3,98"/>
Fósforo P205	<input type="text" value="2,59"/>
Potasio K2O	<input type="text" value="3,34"/>
Cobre (GRS)	<input type="text" value="0,87"/>
ZINC (GRS)	<input type="text" value="12,93"/>

***Anexo VII:***  
***TABLA PRODUCCIÓN DE***  
***BIOGÁS***

DESCRIPCION PROPIEDADES DIVERSOS SUSTRATOS								
Sustrato	Materia Seca		Nutrientes			Biogás		Metano
	ST [%]	SVT [%ST]	N	NH <sub>4</sub> [%ST]	P	[m <sup>3</sup> /Ton MF]	[m <sup>3</sup> /Ton SVT]	CH <sub>4</sub> [%Vol]
<b>Purines</b>								
Estiércol líquido bovino	8-11	75-82	2,6-6,7	1-4	0,5-3,3	20-30	200-500	60
Estiércol líquido cerdo	ca. 7	75-86	6-18	3-17	2-10	20-35	300-700	60-70
Estiércol bovino	ca.25	68-76	1,1-3,4	0,22-2	1-1,5	40-50	210-300	60
Estiércol cerdo	20-25	75-80	2,6-5,2	0,9-1,8	2,3-2,8	55-65	270-450	60
Estiércol aves	ca.32	63-80	5,4	0,39	n.d.	70-90	250-450	60
<b>Sustratos vegetales</b>								
Maíz ensilado	20-35	85-95	1,1-2	0,15-0,3	0,2-0,3	170-200	450-700	50-55
Centeno maduro	30-35	92-98	4	0,57	0,71	170-220	550-680	ca.55
Remolacha azucarera	23	90-95	2,6	0,2	0,4	170-180	800-860	53-54
Remolacha en pasta	12	75-85	1,9	0,3-0,4	0,3	75-100	620-850	53-54
Zanahoria	12	75-85	1,9	0,3-0,4	0,4	75-100	620-850	53-54
Hoja remolacha azucarera	16	75-80	0,2-0,4	n.d.	0,7-0,9	ca.70	550-600	54-55
pasto ensilado	25-50	70-95	3,5-6,9	6,9-19,8	0,4-0,8	170-200	550-620	54-55
<b>Sustratos de agroindustria</b>								
Cebada fermentada	20-25	70-80	4-5	n.d.	1,5	105-130	580-750	59-60
Almidón de trigo/cebada	6-8	83-88	6-10		3,6-6	30-50	430-700	58-65
Cáscara de papa	6-7	85-95	5-13		0,9	36-42	400-700	58-65
Pulpa de papa sin almidón	2-3	ca.95	n.d.		0,73	10-20	300-650	58-65
Pulpa fresca de papa/fruta	ca.13	ca.90	0,5-1	0,04	0,1-0,2	80-90	650-750	52-65
Jugo rechazo 1% almidón	3,7	70-75	4-5	0,8-1	2,5-3	50-56	1500-2000	50-60
Caldo cocción papas diluido	1,6	65-90	7-8	0,6-0,8	2-2,5	55-65	3000-4500	50-60
Remolacha azúcar prensada (pectina c/17%almidón)	22-26	ca.95	n.d.		n.d.	60-75	250-350	70-75
Melasa	80-90	85-90	1,5		0,3	290-340	360-490	70-75
Orujo de manzana	25-45	85-90	1,1		0,3	145-150	660-680	65-70
Orujo de frutas	25-45	90-95	1-1,2		0,5-0,6	250-280	590-660	65-70
Orujo de uva	40-50	80-90	1,5-3		0,8-1,7	250-270	640-690	65-70
<b>Residuos orgánicos</b>								
Basura doméstica	40-75	50-70	0,5-2,7	0,05-0,2	0,2-0,8	80-120	150-600	58-65
Residuos sólidos restaurantes	9-37	80-98	0,6-5	0,01-1,1	0,3-1,5	50-480	200-500	45-61
Residuos de mercados	5-20	80-90	3-5	n.d.	0,8	45-110	400-600	60-65
Grasas	2-70	75-93	0,1-3,6	0,02-1,5	0,1-0,6	11-450	Ca.700	60-72
Contenido ruminal Cerdos	12-15	75-86	2,5-2,7	n.d.	1,05	20-60	250-450	60-70
Contenido ruminal vacunos	11-19	80-90	1,3-2,2	0,4-0,7	1,1-1,6	20-60	200-400	58-62
Lodos de faenadoras de animales	5-24	80-95	3.2-8,9	0,01-0,06	0,9-3	35-280	900-1200	60-72
Pasto	ca.12	83-92	2-3		1,5-2	150-200	550-680	55-65



***Anexo VIII:***  
***ESTUDIO PARA LA ELECCIÓN***  
***DEL TIPO DE BIODIGESTOR***

Este anexo tiene por objetivo fundamental la elección más adecuada del tipo de biodigestor anaerobio que se va a implantar en la planta de biogás del Polígono Ganadero de Funes.

Para ello, se va a realizar un análisis multicriterio en el que se estudian varias alternativas diferentes en lo que se comparan diversos tipos de digestores anaerobios y de esta manera elegir la opción más adecuada.

## ***EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE DIGESTORES ANAEROBIOS***

Las tecnologías disponibles para la digestión anaerobia han ido evolucionando a lo largo de los años. Como se puede mostrar a continuación, se enumeran los distintos tipos de biodigestores que se han ido desarrollando a lo largo de este tiempo en orden cronológico, desde los más antiguos hasta los existentes hoy en día.

En el principio de su historia surgieron los digestores discontinuos o como también llamados sistemas de “**primera generación**”. La característica principal de este grupo de fermentadores es, como su propio nombre indica, la carga discontinua, la cual se efectúa de una vez y se inocula con biomasa microbiana de la digestión precedente para favorecer el arranque de la fermentación. Estos digestores se han diseñado preferentemente para tratar residuos orgánicos con alto contenido en sólidos y, por tanto, los periodos de retención hidráulica son bastante prolongados. Dentro de este sistema se encuentran los digestores de tipo familiar de China y de la India usados desde la antigüedad.

Uno de los problemas que presenta esta tecnología, es la producción discontinua de biogás y, con objeto de eliminar en lo posible este inconveniente, las instalaciones se han proyectado dividiendo la capacidad total de digestión en tres o más fermentadores, los cuales funcionan de una manera escalonada, para solapar las curvas de producción de biogás y obtener una curva integral de producción uniforme de combustible.

Actualmente este tipo de reactores son típicos en el tratamiento de FORSU (Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos)

Con el paso de los años y el avance tecnológico para la producción de biogás aparecieron una nueva clase de reactores anaerobios. Estos nuevos tipos de digestores de “**segunda generación**” y presentan en común la particularidad de obtener un flujo continuo de biomasa activa en su interior. En este grupo se incluye una amplia gama de digestores desarrollados con objeto de alcanzar una mejora en la producción energética. Las principales tecnologías de este tipo existentes en el mercado son:

- **Mezcla completa:** Constituyen la tecnología más clásica para el tratamiento de todo tipo de residuos orgánicos semi-sólidos. Su característica principal es que la biomasa se elimina periódicamente a medida que lo hace el residuo orgánico digerido. Esta mecánica de funcionamiento no permite una alta concentración de bacterias en el interior del digestor y, por tanto, la producción de biogás por unidad de volumen del digestor es reducida.

- **Flujo-pistón:** Se basan en el desplazamiento horizontal a través de una sección longitudinal, del sustrato a digerir, mezclándose mínimamente en este sentido, pues las distintas secciones tienen estados de fermentación diferentes. Son aptos para el tratamiento de residuos con elevada materia en suspensión.
- **Contacto o reciclado de lodos:** Uno de los problemas importantes que se presentan en los digestores hasta ahora mencionados es el “arrastré” de microorganismos por el efluente desde el interior del digestor. La pérdida de biomasa bacteriana influye negativamente en el rendimiento de la digestión. En los digestores de contacto se procede a realizar una decantación de la biomasa arrastrada por el efluente, para introducirlos de nuevo en el interior del digestor, con lo que se consigue una mayor población microbiana activa, que posibilita una disminución del tiempo de retención.

Por último, han surgido un nuevo tipo de biodigestores denominados reactores de “tercera generación”. En este grupo de digestores se incluye un conjunto de digestores que se han desarrollado en los últimos años y que tienen como objetivo común, aumentar la concentración de la biomasa activa para aumentar el rendimiento energético por unidad de volumen del digestor. Sin embargo, este tipo de digestores, por su configuración, se utilizan principalmente para líquidos. Muchos de ellos no serían aplicables para residuos ganaderos.

- **Filtro anaerobio:** La disminución del arrastre se logra al introducir dentro del digestor un lecho o soporte encargado de que sobre él se fijen los microorganismos. Los soportes más utilizados actualmente son de tipo plástico (poliuretano y PVC) o silicatos (vermiculita, bentonita y sepiolita). Los filtros anaerobios permiten altas sobrecargas sin disminución apreciable en su eficacia. El inconveniente es que no toleran apenas sólidos en suspensión que colmatan la matriz, siendo sólo adecuados para residuos solubles y bastante diluidos. La figura 4 muestra un esquema de este tipo de digestor.
- **Lecho de lodos (sistema UASB):** En este sistema el incremento de la población bacteriana dentro del digestor se basa en proporcionar a los lodos las características físico-químicas más adecuadas para favorecer la floculación y coagulación de los mismos sin necesidad de intervención de ningún tipo de soporte. El digestor tiene un lecho de lodo floculado o granulado en el fondo, previsto para que permita el movimiento ascendente del influente a su través y actúe como filtro de la biomasa. La agitación se produce, durante la ascensión del biogás a través de toda la masa del digestor al liberarse el gas de los flóculos.
- **Película fija:** Sistema parecido al filtro anaerobio, pero en este caso el material inerte está constituido por placas paralelas fijas y en el que el flujo es descendente. De esta forma se previenen los peligros de colmatación y de formación de vías preferenciales que se presentan en los filtros ascendentes. Puede trabajar con altas cargas, tanto hidráulicas como de concentración de sólidos y residuos diluidos.
- **Película fija sobre soporte libre:** Esta tecnología tiene una mecánica de funcionamiento similar a la del "Reactor de película fija", y la única diferencia es que el soporte de PVC, al cual se fijan las bacterias, está totalmente libre en el interior del digestor y por tanto permite su movimiento, evitando de esta forma los riesgos de entupimiento y/o la formación de vías preferenciales.
- **Lechos fluidizados o expandidos:** El procedimiento que se utiliza en este sistema está enfocado a maximizar la población microbiana en el digestor, maximizando para ello la superficie de adherencia de la biomasa al soporte. Para lograrlo, se introduce un material en partículas muy pequeñas, inerte y móvil (arena o alúmina) que se mantienen en lecho fluidizado y con una expansión relativamente pequeña con objeto de lograr una buena uniformidad en la distribución del efluente, que se mezcla con la alimentación. Se habla de lechos expandidos cuando la expansión del

lecho es de 10- 35%, mientras que cuando se recupera el 35% se habla de lecho fluidizado. La eficacia demostrada por este tipo de reactor, es bastante superior a cualquier otro tipo hasta ahora desarrollado, con la particularidad de presentar una gran estabilidad frente a cambios, incluso bruscos, de sus parámetros de operación. No obstante, la aplicación de esta tecnología a nivel industrial es actualmente más problemática que en el resto de los sistemas.

## ***ALTERNATIVAS PROPUESTAS***

Antes de mostrar las diferentes alternativas a analizar, es necesario hacer un resumen aclaratorio referente al tema de biodigestores anaerobios.

Como bien sabemos, hoy en día existe a nuestro alcance diferentes tecnologías en cuanto a digestión anaerobia. Pero a la hora de clasificar dichos biodigestores se pueden seguir varios criterios:

- Concentración de sólidos.
- Temperatura de operación.
- Etapas del proceso.
- Modo de operación.
- Configuración espacial del reactor.
- Otros: materiales, forma...

Pero en este capítulo vamos a someter a un análisis multicriterio a diferentes tipos de biodigestores clasificados en función de la forma de alimentación y configuración espacial, todo ello, para la elección del reactor más adecuado conforme a nuestras necesidades y alcance técnico-económico.

De esta manera, en el siguiente capítulo se seleccionarán el resto de criterios a adoptar de una manera justificada.

El diseño de los digestores anaerobios y de sus instalaciones auxiliares depende, fundamentalmente, del tipo y volumen de los materiales a digerir, es decir, de la cantidad de sólidos totales que poseen los residuos y del aprovechamiento energético que se quiera obtener a través de la obtención de biogás. Este es un criterio que nos viene impuesto de origen y al cual nos tenemos que amoldar. Es decir, como la biomasa a digerir son residuos ganaderos, nos tendremos que adaptar a las tecnologías empleadas para este tipo de residuos.

Como se ha dicho, la concentración de sólidos es una característica propia de la composición del residuo a digerir, por lo tanto, en base a ella tendremos que elegir un digestor u otro.

En la siguiente tabla se ve la clasificación de reactores anaerobios más utilizados para tratar residuos ganaderos, atendiendo al modo de operación y configuración espacial del digestor.

<b>Reactor de mezcla completa</b>	Sin recirculación	REACTOR DE MEZCLA TOTAL	
		REACTOR DE FLUJO PISTÓN	
	Con recirculación	REACTOR DE CONTACTO	
<b>Reactor con retención de biomasa</b>	Sin recirculación	<i>Inmovilización sobre un soporte</i>	FILTROS ANAEROBIOS
			LECHOS FLUIDIZADOS
		<i>Agregación o floculación de biomasa y su retención por gravedad</i>	LECHOS DE LODOS
<b>Sistemas discontinuos</b>		REACTORES DE 1ª GENERACIÓN	
<b>Otros sistemas (sistemas híbridos)</b>	SISTEMAS EN DOS ETAPAS		
	SISTEMAS EN DOS FASES		
	OTROS		

Tabla VIII.1: Clasificación de reactores anaerobios para residuos ganaderos.

Vista la clasificación anterior, a continuación se exponen y describen detalladamente las características de las alternativas propuestas que van a ser sometidas al análisis multicriterio:

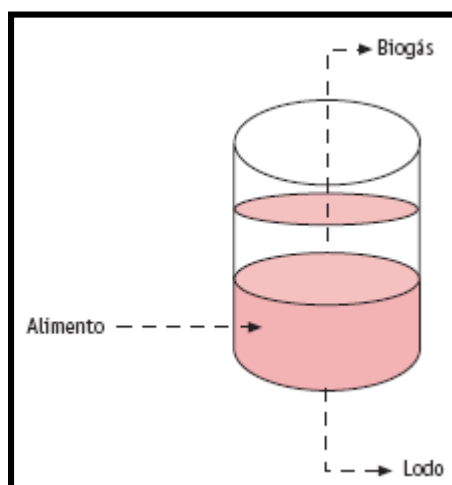
- Digestores discontinuos.
- Digestores de mezcla completa.
- Digestores de flujo pistón o *plug-flow*.
- Digestor de contacto o reciclado de lodos.
- Digestor de filtros anaerobios.
- Digestor de lecho de lodos (sistema UASB).
- Digestor de dos fases.

### ***Digestores discontinuos***

La característica principal de este grupo de fermentadores es, como su propio nombre indica, la carga discontinua, la cual se efectúa de una vez y se inocular con biomasa microbiana de la digestión precedente para favorecer el arranque de la fermentación. Estos digestores se han diseñado preferentemente para tratar residuos orgánicos con alto contenido en sólidos y, por tanto, los periodos de retención hidráulica son bastante prolongados. Dentro de este sistema se encuentran los digestores de tipo familiar de China y de la India usados desde la antigüedad.

Uno de los problemas que presenta esta tecnología, es la producción discontinua de biogás y, con objeto de eliminar en lo posible este inconveniente, las instalaciones se han proyectado dividiendo la capacidad total de digestión en tres o más fermentadores, los cuales

funcionan de una manera escalonada, para solapar las curvas de producción de biogás y obtener una curva integral de producción uniforme de combustible.



*Figura VIII.1: Digestor discontinuo. (Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d “Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento”)*

### **Ventajas**

Las ventajas que presentan estos biodigestores son que minimiza las necesidades de manejo y pretratamiento de los residuos, son de fácil diseño, el mantenimiento es económico por las bajas necesidades térmicas del digestor, es posible el tratamiento de diferentes tipos de residuos orgánicos, y aparte es idóneo para explotaciones pequeñas y medianas.

### **Inconvenientes**

Por el contrario, genera una producción de gas inconstante y con una composición diferente, ya que varía constantemente el ecosistema del digestor: características físicas, químicas y microbiológicas, hay problemas mecánicos en la carga y descarga, no lográndose fácilmente la estanqueidad requerida, y además es difícil de aplicar a las grandes explotaciones.

### **Digestor de mezcla completa**

La característica principal de este tipo de digestores es que la concentración de cualquier sustancia es parecida en todos los puntos del volumen de fermentación. Esta distribución uniforme de concentraciones, tanto de sustrato como de microorganismos, se logra mediante un sistema de agitación, que puede ser de muy diversos tipos (hélices o palas; horizontales, verticales u oblicuos; mecánicos o hidráulicos, etc.)

Es el tipo de digestor más sencillo en su concepción, y más ampliamente utilizado en las plantas de biogás agroindustrial en Europa. Se trata habitualmente de digestores cilíndricos verticales, construidos en hormigón. Suelen predominar digestores con capacidad no superior a 2.500 m<sup>3</sup> para mantener más fácilmente la homogeneidad de la biomasa así como la temperatura. La alimentación de sustrato al digestor puede ser continua, semicontinua o discontinua, aunque lo más habitual suele ser alimentación semicontinua (una o varias veces al día) o continua. Suele aplicarse a procesos de digestión por vía húmeda (menos del 10% de

materia seca en el interior del fermentador). Asimismo, estos digestores pueden operar con recirculación.

Un punto a destacar es que en estos digestores no hay fijación de la biomasa, es decir, los microorganismos abandonan el digestor junto con el material digerido. Existe otro tipo de digestores con retención de biomasa, tales como los filtros anaerobios, pero su uso en plantas de biogás agroindustriales no es significativo, siendo más habituales en plantas depuradoras de aguas residuales.

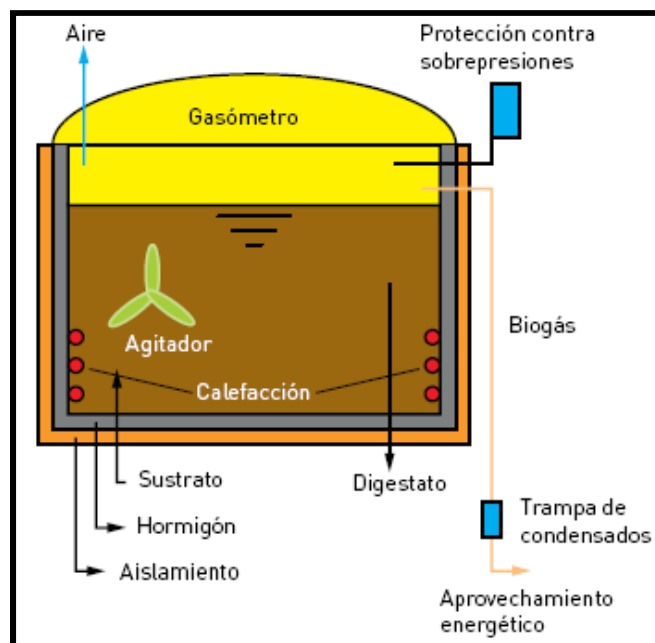


Figura VIII.2: Digestor de mezcla completa. (Fuente: Estudio técnico PER 2011-2020: “Situación y potencial de generación de biogás”. IDAE)

El coste de este tipo de digestores es según el volumen y material. A modo de referencia, el coste de un digestor de mezcla completa suele suponer entre un 10-15% de los costes de inversión de la planta de biogás (referencia a modo de ejemplo).

En principio, esta tecnología es aplicable a cualquier mezcla de residuos cuyo contenido en sólidos en el interior del digestor no supere el 10%. La mezcla por tanto no debe superar el 20% de ST.

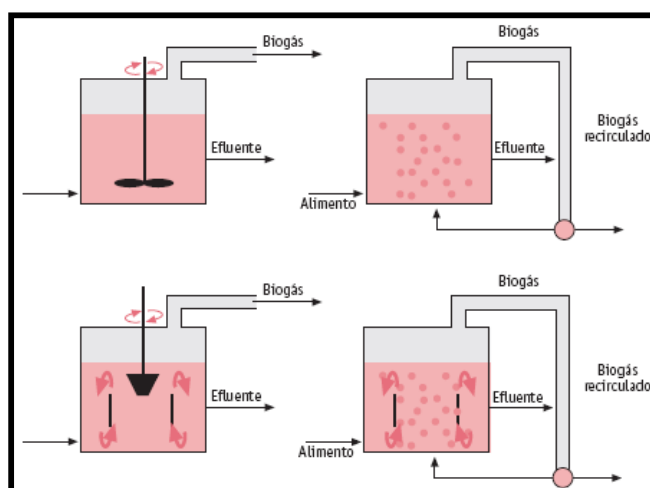


Figura VIII.3: Digestores continuos de mezcla completa. (Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica *madri+d* “Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento”)

### Ventajas

Simplicidad, buen funcionamiento, coste reducido y versatilidad (operación en continuo o discontinuo).

### Inconvenientes

El control del tiempo de retención hidráulico resulta más difícil que en digestor tipo flujo-pistón; riesgo de formación de costra; las operaciones de mantenimiento del sistema de agitación, y de la calefacción si es interna, requieren la completa evacuación del digestor.

### Digestor de flujo pistón o “plug-flow”

La característica principal de los digestores de flujo pistón es que la concentración de cualquier sustancia varía en cada sección transversal del digestor. Se trata de digestores cilíndricos o paralelepípedicos construidos en hormigón o acero (capacidad habitual de hasta 1.000 m<sup>3</sup>). La alimentación es continua o semicontinua, introduciéndose el material por un extremo y extrayéndose por el extremo contrario. Estos digestores suelen estar dotados de una agitación lenta (mezclado) mediante mezcladores de palas, que además tienen la función de favorecer el desplazamiento del material hacia la salida en el caso de digestores horizontales. También existen digestores de flujo pistón vertical; en estos casos, el mezclado puede realizarse de forma mecánica (palas) o hidráulica (inyección de biogás a presión en la base del digestor).

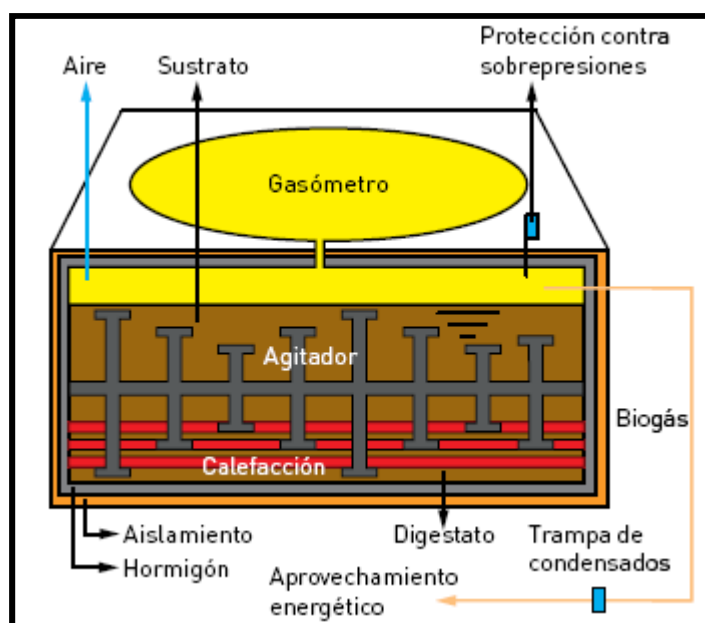


Figura VIII.4: Digestor de flujo pistón. (Fuente: Estudio técnico PER 2011-2020: “Situación y potencial de generación de biogás”. IDAE)

Permite mayores concentraciones de sólidos totales (20-40% ST) que en el caso de los digestores de mezcla completa. El rendimiento de degradación de materia orgánica de estos fermentadores es superior al de la tecnología de mezcla completa, consiguiéndose tiempos de retención inferiores.



Según el volumen y material, el coste de un digestor tipo flujo pistón supone alrededor de un 15-20% de los costes de inversión de la planta de biogás (referencia a modo de ejemplo). El mayor coste de este tipo de digestores respecto a los de mezcla completa suele compensarse por el menor volumen de digestor requerido y por la simplificación en el proceso de pretratamiento.

Esta tecnología es aplicable a cualquier mezcla de residuos, estando especialmente indicada cuando se prevé un contenido en ST elevado dentro del digestor (>15%). Admite mezclas de residuos con contenido en sólidos hasta 40%.

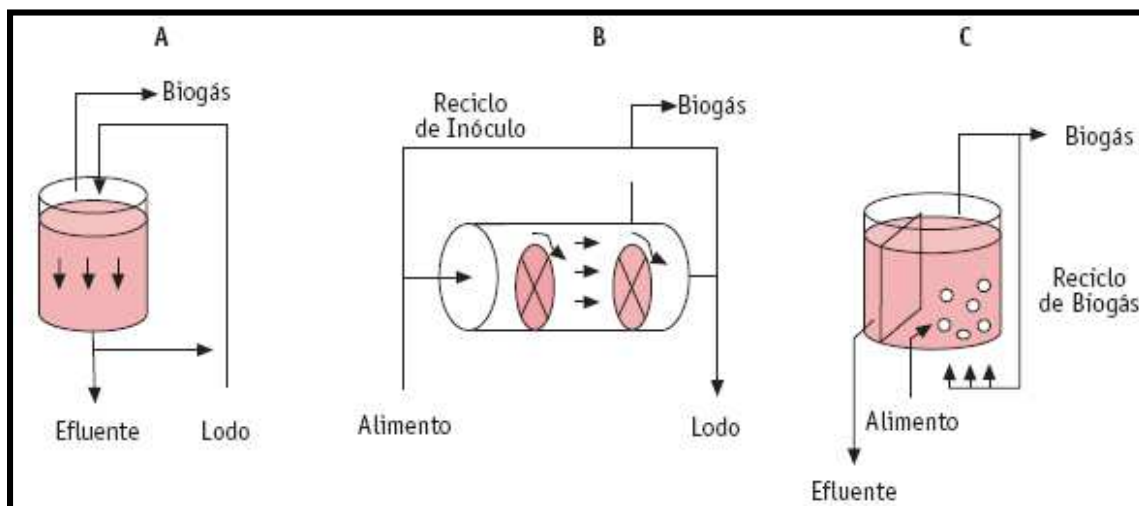


Figura VIII.5: Digestores continuos de mezcla completa. A: Diseño Dranco, B: Diseño Kampogas y BRV, C: Diseño Valorg. (Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d. "Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento")

### Ventajas

Menor riesgo de formación de costra que en mezcla completa; menor tiempo de retención que en los reactores de mezcla completa y por tanto menor volumen; calefacción del digestor más eficaz debido al diseño sencillo y compacto que disminuye las pérdidas de calor respecto a una misma eficiencia en un digestor de mezcla completa.

### Inconvenientes

Mayor inversión por unidad de volumen que en el caso de los digestores de mezcla completa.

### Digestor de contacto o reciclado de lodos

Es un sistema de cultivo en suspensión que emplea una unidad de separación de sólidos por sedimentación (o filtración) para recircular los microorganismos.

En los digestores es importante que tenga lugar una buena mezcla del sustrato a descomponer y de los lodos recirculados que contienen los microorganismos para favorecer la acción de estos últimos. Esto se consigue mediante agitación mecánica o recirculación del biogás. La importancia de esta agitación aumenta con el tamaño del digestor, ya que cuanto mayor es el mismo, más posibilidades hay de que aparezcan zonas de no contacto en las que no tenga lugar la degradación.

El efluente procedente del digestor se desgasifica y se introduce en la unidad de decantación en la que se separan los lodos, que se recirculan a la unidad de digestión, introduciéndose por el fondo. La eficiencia del proceso depende fundamentalmente de que haya una buena sedimentación.

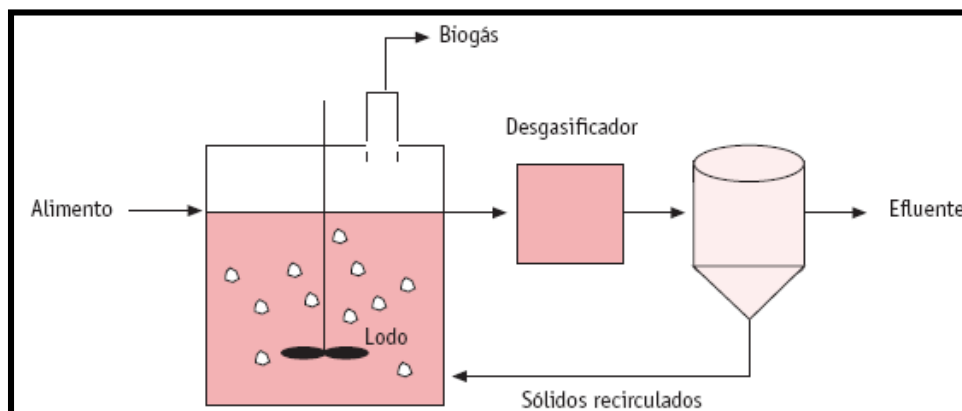


Figura VIII.6: Digestores continuos de contacto. (Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d

“Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento”)

Las características más típicas de este funcionamiento son:

- Tiempo de residencia: 2 - 6 días.
- Cargas: 2 - 7 Kg. DQO/m<sup>3</sup> día.
- Concentración Biomasa: 5 - 10 Kg./m<sup>3</sup>.
- Sólidos en suspensión efluente: 20 - 100 g/m<sup>3</sup>.

### **Digestor de filtros anaerobios**

El digestor de filtro anaeróbico (Figura 6) está dotado de un filtro de material inerte para que los flóculos bacterianos queden atrapados o se adhieran y las bacterias crezcan entre los huecos, permitiendo así una elevada concentración de las mismas en el reactor. De esta forma, se evita que las bacterias responsables del proceso anaeróbico se pierdan en la separación de los lodos. El flujo puede ser ascendente o descendente y el material de relleno puede tener una orientación especial o estar desordenado, pero debe ser muy poroso, ligero y poseer una gran superficie específica para favorecer la adhesión de las bacterias. Sin embargo, la mayor o menor porosidad no va a condicionar el rendimiento, puesto que la mayor parte de la actividad la realizan los microorganismos en suspensión, no los adheridos al filtro. El principal inconveniente que tienen estos reactores es que no pueden ser alimentados con efluentes que contengan muchos sólidos en suspensión, ya que podrían quedar obturados. Son más adecuados para aquellos casos en que la carga orgánica está principalmente disuelta como es el caso de las aguas residuales.

Un caso especial de reactores de filtro anaeróbico es el digestor de película fija. El filtro está formado por tubos cilíndricos orientados en el sentido del flujo para evitar que se produzca el atasco. Suelen trabajar con flujo descendente y admiten substratos de composición muy variable.

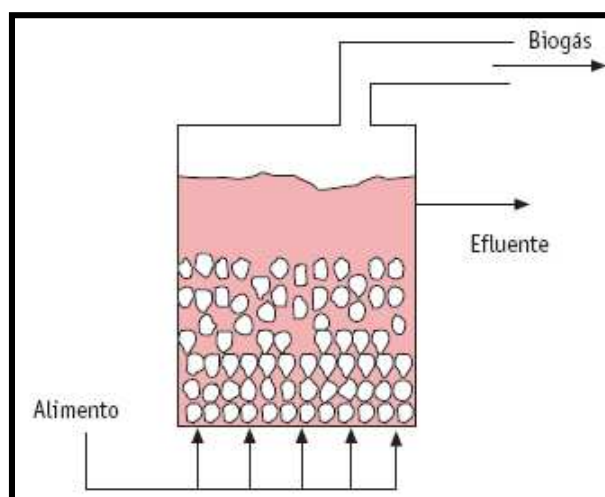


Figura VIII.7: Digestores de filtros anaerobios. (Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d "Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento")

Los parámetros más típicos de operación son:

- Tiempo de residencia: 0,5 - 3 días.
- Cargas: 5 - 15 Kg. DQO/m<sup>3</sup> día.
- Concentración Biomasa: 5 - 15 Kg/ m<sup>3</sup>.
- Sólidos en suspensión efluente: 20 - 300 g/ m<sup>3</sup>.

### **Digestor de lecho de lodos (sistema UASB)**

Otro tipo de digestor empleado en el tratamiento de las aguas residuales es el reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed) o reactor de capa de lodo anaeróbico con flujo ascendente (Figura 7). Este tipo de reactor fue desarrollado en Holanda y es de alta eficiencia, aunque su estructura es relativamente simple. No contiene relleno y generalmente no necesita agitación. El agua residual a tratar se introduce por la parte inferior del digestor y fluye en sentido ascendente a través de un manto o cama de fango constituido por gránulos o partículas formadas biológicamente. El tratamiento se produce al entrar en contacto el agua residual y las partículas. El biogás producido provoca una circulación interior, que colabora a la formación y mantenimiento de los gránulos, removiendo el manto de fangos y permitiendo el intercambio de estos con el agua residual. Parte de este gas se adhiere a las partículas biológicas y tanto el biogás libre como las partículas a las que se ha adherido el gas, ascienden hacia la parte superior del digestor biológico.

Allí, se produce la liberación del biogás adherido a las partículas, al entrar éstas en contacto con unos deflectores desgasificadores. Las partículas desgasificadas vuelven a caer a la zona inferior del digestor y el biogás se captura en una bóveda de recogida de gases instalada en la parte superior del reactor. El agua residual tratada, que contiene algunos sólidos residuales y algunos gránulos biológicos, abandona el reactor por rebose y se conduce a una cámara de sedimentación, donde se separan los sólidos residuales y se reconducen a la superficie del manto de fango a través del sistema de deflectores.

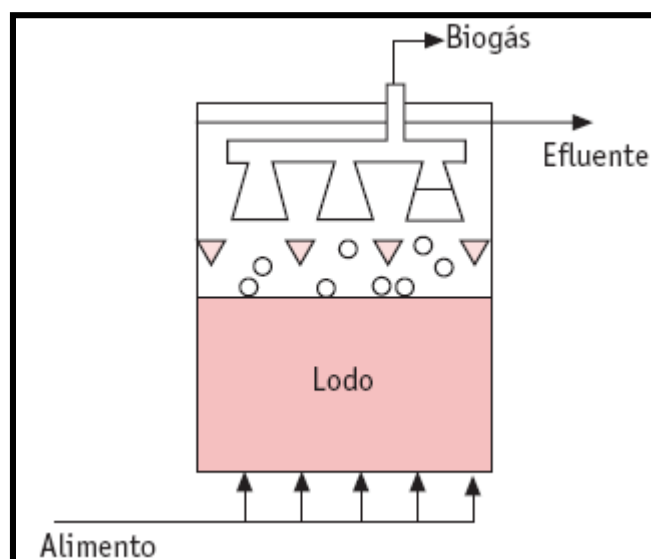


Figura VIII.8: Digestores de lecho de lodos UASB. (Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d “Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento”)

Los parámetros de operación más típicos son:

- Tiempo de residencia: 0,5 - 2 días.
- Cargas: 10 - 20 Kg DQO/m<sup>3</sup> día.
- Concentración biomasa: 5 - 15 Kg/ m<sup>3</sup>.
- Sólidos en suspensión efluente: 20 - 100 Kg/ m<sup>3</sup>.

### ***Digestor de dos fases***

La digestión anaerobia se realiza en las fases siguientes: hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis. En cada una de ellas participan diferentes tipos de microorganismos con características metabólicas diferentes.

El digestor de dos fases está constituido por dos digestores en serie, en cada uno de los cuales se realiza una parte del proceso de fermentación, es decir, en el primero se realiza la acidogénesis y en el otro la metanogénesis.

El interés por realizar el proceso en fases separadas es conseguir un tiempo de retención global inferior al correspondiente a un único reactor de mezcla completa. La separación es de tipo cinético, controlando el tiempo de retención de cada reactor, el cual será inferior en el primero, debido a las más altas tasas de crecimiento de las bacterias acidogénicas. Este tipo de sistema ha sido aplicado con éxito a la digestión de residuos con alta concentración de azúcares y bajo contenido en sólidos, pero no para residuos con fibras y en general, sustratos cuyo limitante es la hidrólisis. Cseh et al. (1984) consiguieron mantener el sistema estable para tratar purines de cerdo, pero no obtuvieron una reducción significativa del tiempo de retención.

El sistema es versátil en cuanto a las corrientes de alimento y recirculación, tal y como se muestra en el diagrama de flujo. La configuración seleccionada dependerá de los sustratos utilizados. Así, si se precisa diluir la materia seca a la entrada, se recirculará la fracción líquida. O si uno de los co-sustratos presenta una biodegradación

muy rápida, con una fase de hidrólisis muy corta, se puede alimentar directamente al segundo digestor.

Los residuos más apropiados son aquellos que poseen tiempos de retención medios-altos (50 días aprox. o más).

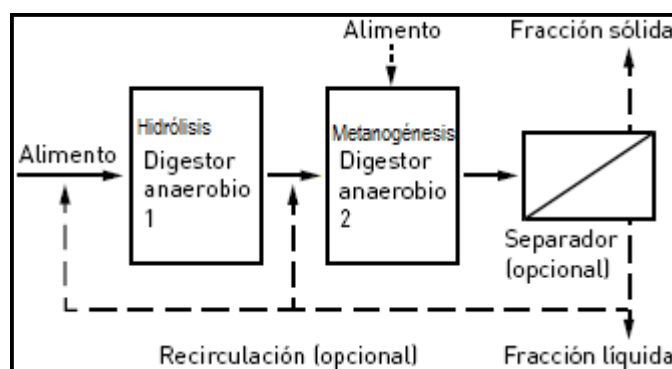


Figura VIII. 9: Digestor en sistema de dos fases. (Fuente: Estudio técnico PER 2011-2020: “Situación y potencial de generación de biogás”. IDAE)

### Ventajas

Se puede operar en el óptimo de cada una de las fases del proceso microbiológico de la digestión anaerobia.

### Inconvenientes

Mayor inversión y costes de operación que en el sistema de una sola fase, y otro aspecto problemático de estos digestores es el de las interrelaciones que existen entre los microorganismos de las diferentes fases acidogénica y metanogénica y el hecho de que su separación pueda producir situaciones desfavorables en el sistema.

## ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

### Metodología

Para encontrar la alternativa más adecuada se utilizará el Análisis Multicriterio. Mediante este procedimiento, las alternativas seleccionadas se enfrentan a una serie de criterios, y comparando los resultados se elige la más adecuada.

Los criterios o atributos son las medidas que se emplean para comparar cada una de las alternativas propuestas y pueden ser objetivos o subjetivos. No todos los criterios tienen la misma importancia por lo que a cada uno de ellos se les da un valor o peso.

Una vez valoradas todas las alternativas, la más adecuada corresponderá a la que tenga el valor de su Función Criterio más elevado, definiéndose esta función como:

$$F_c = \sum (V_{ijn} * P_{jn})$$

Siendo:

- $V_{ijn}$ : valoración dada a la alternativa in respecto al criterio  $j_n$ .
- $P_{jn}$ : peso o valor a cada criterio.

La Función Criterio ha de cumplir las siguientes restricciones:

- $0 < V_{ijn} < 1$
- $\sum V_{ijn} = 1$
- $0 \leq P_{jn} \leq 1$

Según lo expuesto anteriormente la Función Criterio para la alternativa in sería:

$$F_c = \sum (V_{inj1} * P_{j1} + V_{inj2} * P_{j2} + \dots + V_{ijn} * P_{jn})$$

### ***Alternativas generadas***

A continuación se muestran las alternativas que serán sometidas al Análisis Multicriterio. Estas alternativas son las que han sido descritas en el apartado anterior.

<b><i>Alternativas</i></b>
A.1 Digestor Discontinuo.
A.2 Digestor de Mezcla total.
A.3 Digestor de Flujo Pistón.
A.4 Digestor de contacto.
A.5 Digestor de Filtros Anaerobios.
A.6 Digestor de Lecho de lodos.
A.7 Digestor de Dos fases.

*Tabla VIII.2: Alternativas generadas.*

## ***Determinación y ponderación de criterios***

Los criterios que se van a tener en cuenta para analizar las diferentes alternativas son los siguientes:

C.1 Sistema adecuado para tratar residuos ganaderos: La elección de un sistema de digestión anaerobia u otro se verá influenciado de una forma decisiva por las características del residuo a tratar (DQO, DBO<sub>5</sub>, ST).

C.2 Facilidad de construcción y diseño: En el tratamiento por digestión anaerobia de residuos ganaderos, la experiencia ha demostrado que son los diseños más sencillos, los que mejores resultados han proporcionado.

C.3 Facilidad de mantenimiento y manejo: Serán preferibles aquellos sistemas que sean más sencillos en cuanto a su mantenimiento y operación. Esto a su vez implicará unos menores costes del sistema.

C.4 Costes de instalación y mantenimiento: Aunque un proyecto de este tipo requiere una inversión elevada, se intentará que tanto los costes de instalación como los de mantenimiento sean los mínimos.

C.5 Facilidad de control del ecosistema del digestor: Serán más aconsejables digestores, en los que se puedan modificar de una forma más sencilla las condiciones ambientales de su interior.

C.6 Poder descontaminante: El principal objetivo de la digestión anaerobia es el de la descontaminación, por lo que son preferibles los digestores en los que la carga contaminante del efluente sea menor.

C.7 Facilidad de puesta en marcha: Son deseables sistemas en los que se entre rápidamente en régimen.

**Ponderación de criterios**

<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>Justificación</b>
<b>C.1</b>	<b>0.9</b>	Es imprescindible para el correcto funcionamiento del digester que el residuo sea el adecuado a sus características tecnológicas.
<b>C.2</b>	<b>0.8</b>	Es importante de cara al correcto funcionamiento de la instalación que su diseño sea sencillo, evitando en lo posible el empleo de equipos mecánicos.
<b>C.3</b>	<b>0.8</b>	Es importante, que la instalación sea de fácil mantenimiento y operación. Esto, posibilitará que los costes de la instalación sean menores.
<b>C.4</b>	<b>0.9</b>	Es imprescindible que los costes de instalación y el mantenimiento de la planta de biogás, la hagan rentable.
<b>C.5</b>	<b>0.5</b>	Importancia moderada. El control de la población microbiana del interior del digester puede hacerse de una forma relativamente sencilla.
<b>C.6</b>	<b>0.7</b>	Es importante que los niveles de carga contaminante del efluente sean bajos.
<b>C.7</b>	<b>0.4</b>	Poco importante. Una vez que el digester entra en régimen el proceso se realiza de una forma continua.

*Tabla VIII.3: Ponderación de criterios.***Valoración de las alternativas respecto a los criterios**

En la siguiente tabla se muestran las valoraciones de las alternativas respecto a los criterios:

	<b>A.1</b>	<b>A.2</b>	<b>A.3</b>	<b>A.4</b>	<b>A.5</b>	<b>A.6</b>	<b>A.7</b>
<b>C.1</b>	0.10	0.21	0.20	0.09	0.07	0.08	0.20
<b>C.2</b>	0.20	0.19	0.16	0.14	0.11	0.13	0.13
<b>C.3</b>	0.20	0.17	0.16	0.15	0.13	0.14	0.09
<b>C.4</b>	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.11	0.06
<b>C.5</b>	0.04	0.13	0.09	0.32	0.21	0.23	0.26
<b>C.6</b>	0.03	0.14	0.10	0.14	0.16	0.22	0.12
<b>C.7</b>	0.04	0.15	0.13	0.40	0.35	0.25	0.37

*Tabla VIII.4: Valoración de las alternativas respecto a los criterios.*



### Obtención de la Función Criterio y resultado

A continuación se muestra la tabla de Función Criterio, y en la cual se puede ver la alternativa que ha salido como más adecuada:

Criterios	Peso	Alternativas						
		A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7
C.1	0.9	0.091	0.189	0.180	0.081	0.063	0.072	0.180
C.2	0.8	0.160	0.152	0.128	0.112	0.088	0.104	0.104
C.3	0.8	0.160	0.136	0.128	0.120	0.104	0.112	0.072
C.4	0.9	0.180	0.153	0.135	0.108	0.091	0.099	0.054
C.5	0.5	0.020	0.065	0.045	0.160	0.105	0.115	0.130
C.6	0.7	0.022	0.098	0.070	0.098	0.112	0.110	0.084
C.7	0.4	0.016	0.060	0.052	0.168	0.140	0.100	0.060
<b>Función</b>	<b>F<sub>c</sub> =</b>	<b>0.649</b>	<b>0.853</b>	<b>0.738</b>	<b>0.847</b>	<b>0.703</b>	<b>0.712</b>	<b>0.684</b>

Tabla VIII.5: Función Criterio y resultado.

Según el Análisis Multicriterio realizado, la mejor alternativa es la de instalar un digestor de **MEZCLA COMPLETA**.

*Anexo IX:*

***CATÁLOGOS DE MAQUINARIA  
Y ELEMENTOS DE LA PLANTA  
DE BIOGÁS DEL POLÍGONO  
GANADERO DE FUNES***

**Landia**

## Mixer POP-I

Landia mixers with gear and motors from 1,1 to 18,5 kW. Designed for hard working conditions, effectively agitates, homogenizes and keeps in suspension solids in liquids, slurries and sludges in sewage water plants and industry.



- Propeller shaped for optimum flow creation/homogenization.
- Triple shaft sealing system against the liquid.
- Sturdy gear giving the propeller ideal rotations/efficiency.
- Pressure tested waterproof motor housing in protection class IP 68.
- Stator in insulation class F, thermal sensors in windings.
- Can be supplied with explosion proof motor.
- Extensive mounting and operation equipment programme, also of stainless steel or according to individual requirements.

**Quality in every detail**

# Mixer

## POP-I

### ■ Performances and specifications:

Article no. (400 V)	Motor size kW	Motor series	Motor rpm	Propeller rpm	Performance approx. m <sup>3</sup> /h	Weight kg
1114398	1,1	80	1500	300	425	69
1114301	1,5	80	1500	300	550	71
1114302	2,2	90	1500	300	775	74
1114303	3,0	100	1500	300	1075	95
1114304	4,0	100	1500	300	1450	99
1114305	5,5	112	1500	300	1975	112
1114307	7,5	132	1500	300	2700	152
1114311	11,0	132	1500	300	3950	194
1114315	15,0	160	1500	300	5400	235
1114318	18,5	160	1500	300	6650	242

### ■ Motor:

3-phase AC motor, 50 Hz, Voltage: 400V

All specifications and performance data are applicable for water. Different propeller types can be supplied, suitable for the medium and task of the waste water treatment plant in question. Other motor/transmission/propeller combinations are possible.

### ■ Materials:

Motor housing: cast iron AISI A48-40B  
 Oil chamber: cast iron AISI A48-40B  
 Propeller: steel AISI A570 GR50  
 Gear shaft: steel AISI 9840 sealed against the liquid  
 Screws: steel/acidproof stainless steel

The mixer can be supplied with propeller of stainless steel or special surface coating. We recommend 2-component coating.

### ■ The following information should be given with each inquiry:

- purpose of application
- dimensions of silo/tank
- type of liquid
- dry matter content
- temperature
- expected working periods/-intervals
- possible flow volume through the tank

The text and technical data given may not be reproduced partly or completely without permission from Landia A/S. We reserve the right to make technical alterations.  
 AA00A.C15-08.06.04



Landia A/S  
 Industrivej 2  
 DK-6940 Lem St.  
 Tel.: +45 97 34 12 44  
 Fax: +45 97 34 16 98  
 e-mail: [info@landia.dk](mailto:info@landia.dk)  
[www.landia.dk](http://www.landia.dk)

## Catálogos de bombas

# Landia®

## High-pressure submersible Chopper Pump

Operating at high-pressure makes this pump ideally suited for long distance pumping.

Landia's unique knife system eliminates clogging risks and ensures comminution of coarse solid parts making the pump especially suited for pumping heavily contaminated liquids with a high dry matter content, such as domestic and industrial wastewater, sludge and slurry, pulp, fish offal and other organic by-products.

### Landia high-pressure sub pump type DG-I H



- Specially designed impeller for difficult mediums
- Guide traces in the pump front and back plate ensure no stringy materials will be »caught« in the pump
- Vertical or horizontal mounting
- Motors ranging from 2.2 to 30.0 kW, protection class IP 68
- Chopping systems adapted to liquid characteristics and process requirements
- Available with impeller adapted to constant head
- Available with equipment for mounting on existing installation
- Available with explosion-proof motor
- Optional lifting equipment for easy maintenance

**Quality in every detail**

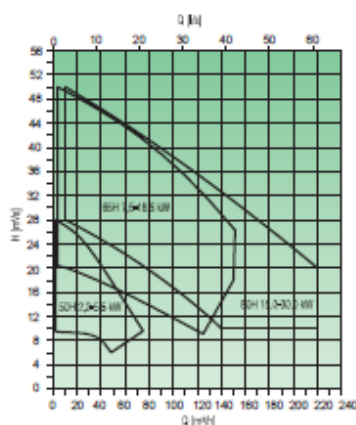
# DG-I H high-pressure

## Performance and data:

Article no:	Type	Motor size kW	Max. current absorbed (Ampere)	Tank opening W x L (mm)	Weight (kg)
2312102	DG-I 50 H	2,2	4,6	650x400	40
2312103	DG-I 50 H	3,0	6,2	650x400	43
2312104	DG-I 50 H	4,0	8,4	700x400	55
2312105	DG-I 50 H	5,5	11,0	700x400	60
2312717	DG-I 65 H	7,5	14,5	750x500	80
2312711	DG-I 65 H	11,0	20,0	800x500	105
2312715	DG-I 65 H	15,0	27,0	850x500	140
2312718	DG-I 65 H	18,5	32,0	850x500	155
2312815	DG-I 80 H	15,0	27,0	950x650	185
2312818	DG-I 80 H	18,5	32,0	950x650	200
2312822	DG-I 80 H	22,0	37,5	950x650	254
2312830	DG-I 80 H	30,0	50,5	950x650	276

## Motor:

Motor: 3x380-415V 50Hz, 3000 rpm.  
Different motor specifications available.



## Materials:

Pump, motor casing and impeller: Cast iron Aisi A48-40B Knife system: Hardened steel

## For correct sizing the following information is required:

- Operating conditions • Performance requirement • Type of effluent • Effluent characteristics
- Dry matter content • Temperature • Pipe diameter • Pipe length • Total manometric head

We reserve the right to make technical alterations.

Neither the text nor the technical data must be published, fully or in part, without permission from Landia A/S.  
AE04A.C15-201209

Please contact:



Landia A/S  
Industrivej 2  
DK-6940 Lem St.  
Tel.: +45 97 34 12 44  
Fax: +45 97 34 16 98  
e-mail: [info@landia.dk](mailto:info@landia.dk)  
[www.landia.dk](http://www.landia.dk)



## Stainless steel Chopper Pump for dry installation

Ideal for comminution and pumping of difficult mediums

Especially suited for pumping of e.g. sludge, pulp and wastewater with coarse solid parts. Numerous application possibilities at e.g. wastewater treatment plants and abattoirs and within the paper and fish industry.

Landia Pump Type MPTKR-I medium pressure



- Pump casing and impeller of acidproof stainless steel.
- Specially designed impeller for difficult mediums.
- Guide traces in the pump casing ensure that no dry matter particles are "caught" in the pump.
- Available with knife system.
- Equipment for mounting in existing installation.
- Available with explosion proof motor.
- Horizontal or vertical mounting.
- Motors ranging from 3.0 to 18.5 kW.

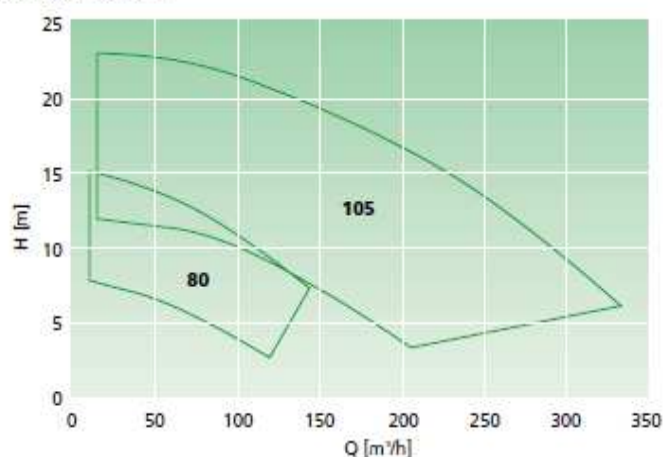
**Quality in every detail**

# MPTKR-I medium pressure

## Performance and data: (valid in water)

Article no. (400V)	Description	Motor power kW	Consumption at 3x400V amp.	Dimensions (mm) HxWxL	Weight kg
2514203	MPTKR-I 80	3,0	6,8	432x369x575	80
2514204	MPTKR-I 80	4,0	8,8	432x369x610	85
2514205	MPTKR-I 80	5,5	10,5	432x369x635	100
2514207	MPTKR-I 105	7,5	15,0	534x457x670	140
2514211	MPTKR-I 105	11,0	21,5	534x457x720	160
2514215	MPTKR-I 105	15,0	28,5	534x457x730	200
2514218	MPTKR-I 105	18,5	35,0	534x457x730	210

Motor: 3-phased AC motor 50Hz. Voltage: 400V, 1500 rpm.  
Different motor specifications available.



**IMPORTANT:** The pump is designed for dry installation and it must be placed in accordance with this.

## Material:

Pump casing and impeller: Acidproof stainless cast iron AISI 316C16

Knife system: Hardened steel

## For correct sizing please supply us with the following information:

- purpose of application
- medium
- required perform./pressure
- d.m. content
- length of piping
- diameter of piping
- total head

We reserve the right to make technical alterations.

Neither the text nor the technical data must be published without permission from Landia A/S, neither in full nor partly.  
AJ00B.C15-040402

Please contact:



Landia A/S  
Industrivej 2  
DK-6940 Lem St.  
Tel.: +45 97 34 12 44  
Fax: +45 97 34 16 98  
e-mail: [info@landia.dk](mailto:info@landia.dk)  
[www.landia.dk](http://www.landia.dk)



*Catálogo del gasómetro de biogás*

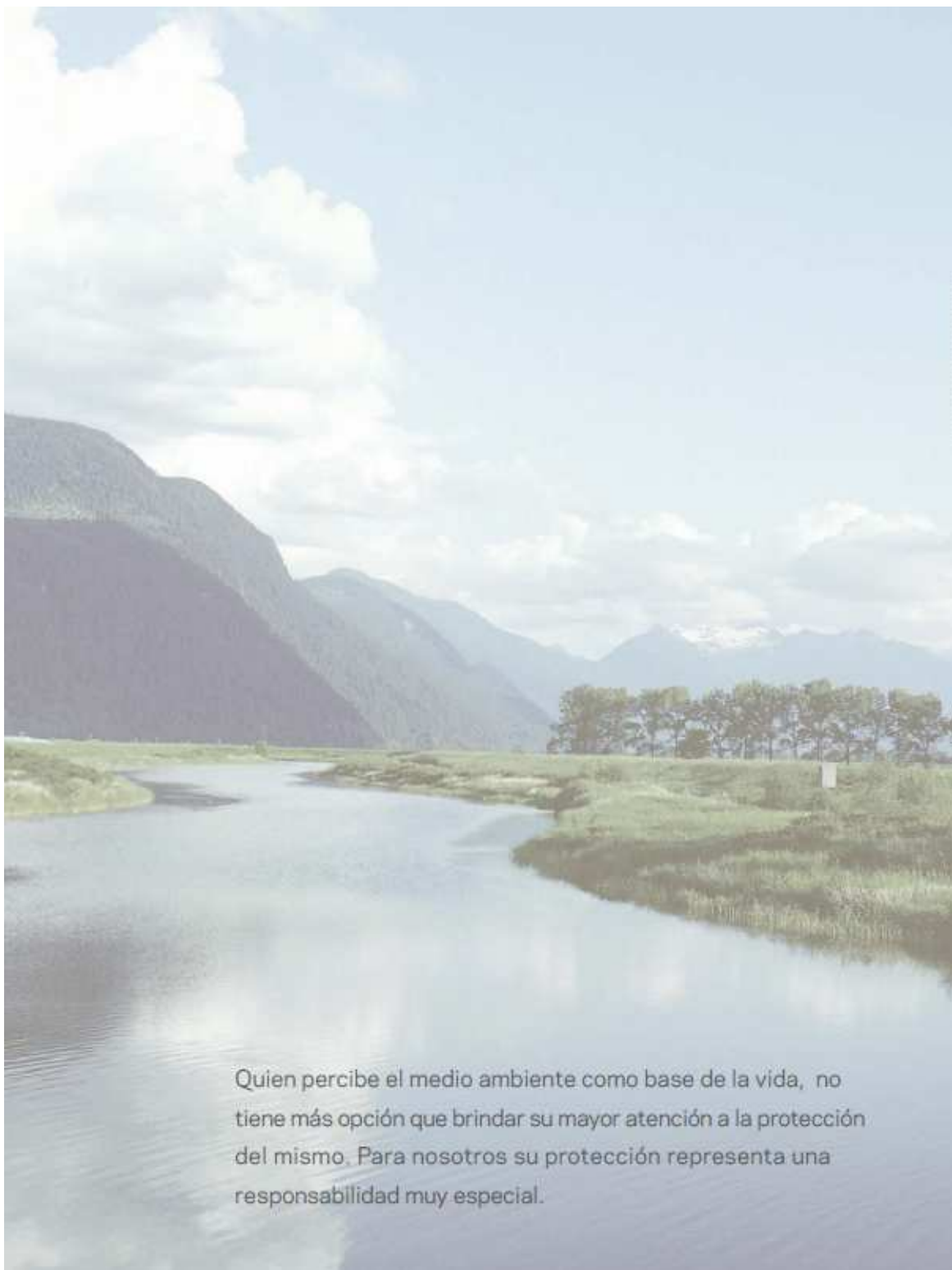
**SATTLER**  **thinking highTEX**

**CENO TEC**  **creating membrane solutions**

# GASÓMETRO PARA BIOGÁS



- larga vida • libre de mantenimiento • resistencia duradera al gas • corto plazo de construcción • alta seguridad operativa • adecuado para altas cargas climáticas de nieve y de viento



Quien percibe el medio ambiente como base de la vida, no tiene más opción que brindar su mayor atención a la protección del mismo. Para nosotros su protección representa una responsabilidad muy especial.

# BIOGAS

**Pioneros para un medio ambiente puro.**

Los sistemas de almacenamiento de biogás contribuyen activamente a la obtención de energías renovables aportando en gran medida a la protección del medio ambiente.

Los conceptos de almacenamiento de biogás, abono semilíquido y almacenamiento de restos de gas gozan de una larga tradición en SATTLER. En 1981 se inventó el gasómetro de doble membrana para el almacenamiento de biogás procedente de instalaciones de clarificación. Este concepto de almacenamiento se ha conservado a través de las décadas siguientes sometido a desarrollos constantes y sigue siendo un componente constituyente del concepto de instalaciones de clarificación.

Como proveedor líder contamos con la cadena de suministro más larga dentro de la propia empresa. La fábrica de tejeduría y revestimiento en manos de la empresa garantizan la mejor calidad en cuanto al suministro del material básico - tejido de poliéster recubierto con PVC - .



Las instalaciones de biogás de SATTLER contribuye en muchos países del mundo a la obtención de energía sostenible y protegiendo los recursos.



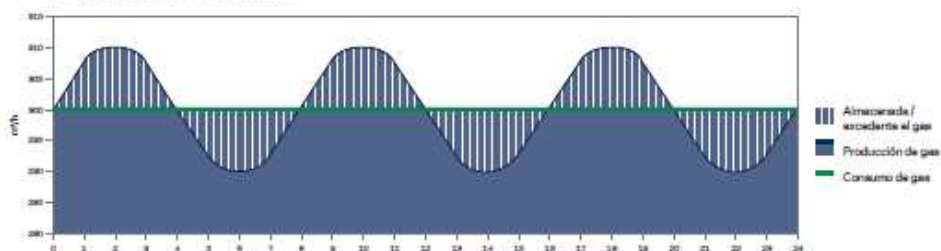
Para cada exigencia la solución perfecta.

#### ¿ QUÉ VOLUMEN DEBO ELEGIR?

El acumulador cumple con la función de equilibrar las fluctuaciones de la producción, del consumo y de los cambios en el volumen causados por fluctuaciones de la temperatura así como de equilibrar el punto estacionario del consumidor o de acumular el gas producido para su uso posterior. El dimensionamiento óptimo se lleva a cabo tras la determinación de dichos parámetros. El volumen de acumulación óptimo varía dependiendo del concepto de la instalación, de la composición del sustrato y de la gestión operativa.

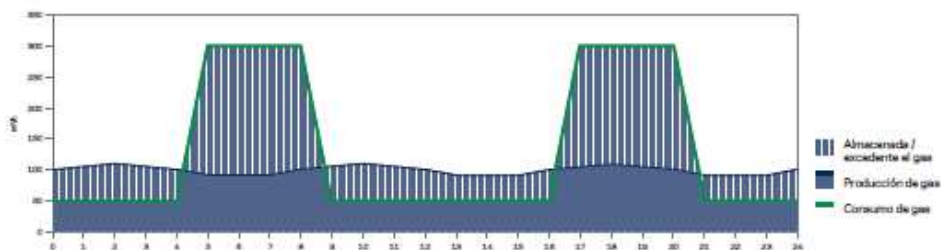
#### FUNCIONAMIENTO UTILIZANDO LA CAPACIDAD MÍNIMA

El objetivo es el funcionamiento del consumidor utilizando una capacidad alta. El rendimiento del consumidor no debe variar con las fluctuaciones de la producción de gas, sino debe mantenerse constante a su máxima capacidad. Debe evitarse la combustión de los excedentes de gas. Por ello la producción excedente de gas es almacenada en el acumulador y la producción faltante de gas en el acumulador es sustituida. Los acumuladores convencionales comprenden un volumen que corresponde a la producción de gas de tres a cuatro horas.



#### CAPACIDAD MÁXIMA

La función del acumulador consiste en equilibrar la producción continua de gas y el consumo discontinuo del mismo. La baja producción de gas se acumula durante un largo período para ser consumida después durante un período más corto pero con un rendimiento más alto. Para ello se necesita un acumulador grande.





**SATTLER**   
thinking highTEX

**CENO TEC**  
creating membrane solutions

#### ¿QUÉ PRESIÓN DEBO ELEGIR?

La presión operativa está sujeta tanto al concepto de las instalaciones como al diseño de cada uno de los componentes. Nos movemos en una zona de baja presión que va desde una presión inexistente hasta 50 mbar. La presión operativa influye en el dimensionamiento del sistema de tuberías de gas. Este sistema está compuesto entre otras partes por los conductos de gas, los dispositivos de alivio de presión, el separador de condensado, la antorcha, el equipo de depuración de gas y los soplantes de aumento de la presión del gas.

#### ¿QUÉ CARGAS EXTERNAS DEBE RESISTIR UN GASÓMETRO?

Dependiendo de su ubicación, los factores a los que se puede ver expuesto el gasómetro son: la carga del viento, la temperatura y la radiación solar.

La carga de nieve depende no sólo de la ubicación sino también del estado operativo, ya que el calor desprendido por el digestor durante su funcionamiento conlleva a que la nieve se descongele. Fuera de funcionamiento, el digestor no desprende ningún tipo de calor. En este caso el depósito queda expuesto a la carga total de nieve.

#### ¿CUÁL ES EL DIÁMETRO MÁXIMO CON EL QUE SE PUEDE CONSTRUIR UN GASÓMETRO?

Los gasómetros textiles y las cubiertas pueden ser construidas a grandes dimensiones. El diámetro del depósito no representa ninguna limitación para la elección del gasómetro apropiado.

#### ¿QUÉ TÉCNICA DE MEZCLADO PUEDE UTILIZARSE?

Para cada tipo de agitador existe un sistema de almacenamiento. Es posible acceder a los agitadores sumergibles desde los compartimentos de servicio o a través de los orificios de servicio ubicados en la membrana del gasómetro. No es necesario desmontar el gasómetro para el mantenimiento del mismo.

#### ¿QUÉ GASTOS DEBEN CONSIDERARSE?

En la valoración económica de un sistema de almacenamiento, las inversiones de sustitución y los costes de oportunidad desempeñan un papel central junto a la inversión inicial y a los gastos de operación. Los costes de oportunidad se derivan del bajo rendimiento de electricidad y de la generación de calor así como del elevado consumo de sustratos que se tiene al utilizar sistemas de almacenamiento menos adecuados.

Los gastos más altos son originados por la planta de cogeneración centralizada (BHKW) en caso de no ser utilizada a su máxima capacidad! Estos costes de oportunidad pueden superar en tan sólo pocos años de funcionamiento a los costes de inversión de un gasómetro de biogás.

### CRITERIOS PRINCIPALES PARA LA ELECCIÓN DEL ACUMULADOR O GASÓMETRO

- Volumen
- Presión
- Cargas externas
- Diámetro del depósito
- Técnica de mezclado
- Costes



Gasómetro de doble membrana -

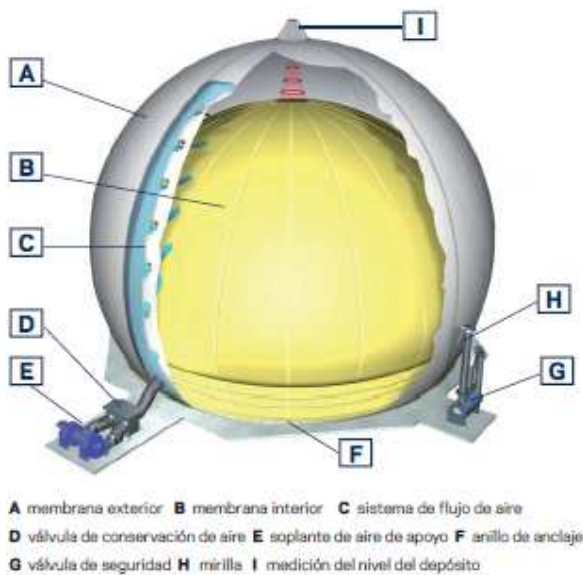
El gasómetro de doble membrana de SATTLER está compuesto por una membrana exterior encargada de darle forma, así como por una membrana interior y una membrana de fondo que constituyen la zona efectiva de acumulación de gas. Un soplante de aire de apoyo en funcionamiento continuo transporta aire a los espacios vacíos manteniendo la presión constante sin depender así de la entrada y de la toma de gas. La presión en los espacios vacíos cumple con la función de mantener la forma de la membrana exterior. Gracias a ello el gasómetro puede resistir todas las cargas externas.



Al mismo tiempo esta presión ejerce un efecto sobre la membrana interior teniendo como resultado el suministro de gas a la red de distribución. La entrada y salida de gas están ubicadas en el fundamento de hormigón preparado en la obra. Las tres membranas están sujetas al fundamento mediante un anillo de anclaje. La válvula de seguridad protege al gasómetro de la sobrepresión de gas. Con objeto de mantener una presión uniforme en el gasómetro se monta una válvula reguladora de presión del flujo de aire. Para medir el nivel del depósito se utilizan sistemas de medición por ultrasonido y por longitud.

componente indispensable para una instalación de biogás eficiente.

# SATTLER DMGS



## Propiedades importantes

- elevada presión operativa
- grandes volúmenes
- adecuado para las más altas cargas climáticas de nieve y de viento
- resistencia duradera al gas
- bajos costes de inversión y operativos en comparación con depósitos de acero
- corto plazo de construcción – tan sólo pocos días en el fundamento terminado
- alta seguridad operativa
- medición exacta del nivel del depósito
- Bajos costes de mantenimiento



Los gasómetros de doble membrana montados sobre un depósito facilitan la planificación orientada al cliente y a sus necesidades

El gasómetro de doble membrana de SATTLER está montado sobre un depósito y está compuesto por una membrana exterior encargada de darle forma así como por una membrana interior, que cumple con la función de cerrar herméticamente el fermentador. Un soplante de aire de apoyo en funcionamiento continuo transporta el aire en los espacios vacíos manteniendo así la presión constante independientemente de la producción y toma de gas. La presión en los espacios vacíos cumple con la función de conservar la forma de la membrana exterior garantizando así que el gasómetro sea resistente a todo tipo de carga externa. Al mismo tiempo esta presión ejerce un efecto sobre la membrana interior teniendo como resultado el suministro de gas a la red de distribución.



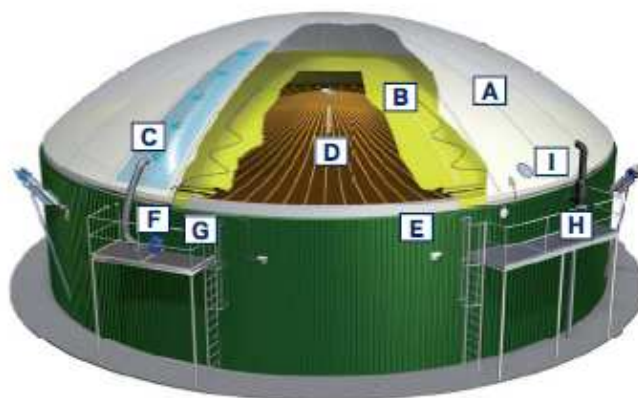
Ambas membranas se encuentran ancladas con rieles a la arandela o a la pared exterior de los depósitos de acero o de hormigón. Una subconstrucción impide que la membrana interior se sumerja en el sustrato y que sea dañada por el sistema de mezclado. Las válvulas de seguridad protegen al gasómetro para que no se vea expuesto ni a sobrepresión ni a depresión.

Para conservar una presión homogénea en el gasómetro se monta una válvula reguladora de presión. Para medir el nivel del depósito se utilizan sistemas de medición hidráulicos y de longitud. En instalaciones con varios depósitos cabe la posibilidad de realizar una combinación de diversos gasómetros de doble membrana SATTLER y cubiertas herméticas de una hoja. La combinación del gasómetro y la cubierta ofrece un volumen óptimo de almacenamiento manteniendo los costes totales lo más bajos posibles.





Este tipo de gasómetros se caracteriza también -entre otras propiedades- por su gran variedad en formas. Ofrecemos diversos modelos partiendo de formas como un cuarto de esfera hasta una semiesfera así como cortes con forma de cono facilitando una planificación orientada al cliente y a sus necesidades.



**A** membrana exterior **B** membrana interior **C** sistema de flujo de aire **D** sistema de reborde  
**E** anillo de anclaje **F** válvula para la conservación del aire **G** soplantes **H** válvula de seguridad  
**I** mirilla

- elevada presión operativa
- grandes volúmenes
- adecuado para las más altas cargas climáticas de nieve y de viento
- duradera resistencia al gas
- bajos gastos de inversión y de operación en comparación a depósitos de acero
- corto plazo de construcción
- alta seguridad operativa
- medición exacta del nivel del depósito

Los gasómetros de doble membrana montados sobre un depósito facilitan la planificación orientada al cliente y a sus necesidades



El gasómetro de doble membrana de SATTLER está montado sobre un depósito y está compuesto por una membrana exterior encargada de darle forma así como por una membrana interior, que cumple con la función de cerrar herméticamente el fermentador. Un soplante de aire de apoyo en funcionamiento continuo transporta el aire en los espacios vacíos manteniendo así la presión constante independientemente de la producción y toma de gas. La presión en los espacios vacíos cumple con la función de conservar la forma de la membrana exterior garantizando así que el gasómetro sea resistente a todo tipo de carga externa. Al mismo tiempo esta presión ejerce un efecto sobre la membrana interior teniendo como resultado el suministro de gas a la red de distribución.

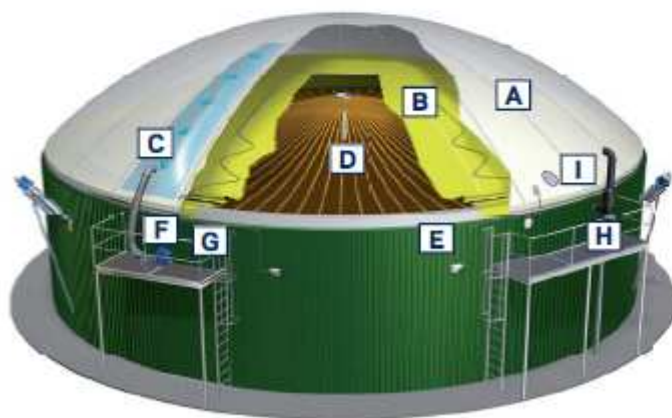


Ambas membranas se encuentran ancladas con rieles a la arandela o a la pared exterior de los depósitos de acero o de hormigón. Una subconstrucción impide que la membrana interior se sumerja en el sustrato y que sea dañada por el sistema de mezclado. Las válvulas de seguridad protegen al gasómetro para que no se vea expuesto ni a sobrepresión ni a depresión.

Para conservar una presión homogénea en el gasómetro se monta una válvula reguladora de presión. Para medir el nivel del depósito se utilizan sistemas de medición hidráulicos y de longitud. En instalaciones con varios depósitos cabe la posibilidad de realizar una combinación de diversos gasómetros de doble membrana SATTLER y cubiertas herméticas de una hoja. La combinación del gasómetro y la cubierta ofrece un volumen óptimo de almacenamiento manteniendo los costes totales lo más bajos posibles.



Este tipo de gasómetros se caracteriza también -entre otras propiedades- por su gran variedad en formas. Ofrecemos diversos modelos partiendo de formas como un cuarto de esfera hasta una semiesfera así como cortes con forma de cono facilitando una planificación orientada al cliente y a sus necesidades.



**A** membrana exterior **B** membrana interior **C** sistema de flujo de aire **D** sistema de reborde  
**E** anillo de anclaje **F** válvula para la conservación del aire **G** soplantes **H** válvula de seguridad  
**I** mirilla

- elevada presión operativa
- grandes volúmenes
- adecuado para las más altas cargas climáticas de nieve y de viento
- duradera resistencia al gas
- bajos gastos de inversión y de operación en comparación a depósitos de acero
- corto plazo de construcción
- alta seguridad operativa
- medición exacta del nivel del depósito

## Cubierta de biogás - la clásica cubierta de depósitos con mástil de soporte con o sin función de almacenamiento



La cubierta del depósito de biogás CENO de doble hoja está montada sobre un depósito y está compuesta por una membrana exterior y una interior que cierra el fermentador herméticamente. Un mástil central que se alza hasta el punto más alto se encarga de darle forma a la membrana exterior. De esta manera la cubierta de biogás de dos hojas es capaz de resistir todo tipo de cargas externas. Mediante la encorvadura biaxial de la cubierta se evita la vibración y bamboleo de la cubierta causados por el viento. Ambas membranas están ancladas a las paredes externas del depósito de acero u hormigón. La válvula de seguridad protege al acumulador de la sobrepresión y depresión de gas.

Los sistemas de medición del nivel del depósito proporcionan señales sobre el nivel de llenado de la membrana de gas, las cuales puede ser modificadas por el cliente para el control de las instalaciones. Las cubiertas de una hoja están compuestas por una membrana cuyo soporte está constituido por un soporte central. Éstas tienen aplicación en las cubiertas de instalaciones de almacenamiento definitivo pero también son muy buenas como cubiertas de digestores.



La combinación de gasómetro y cubierta de una sola hoja ofrece un volumen óptimo bajo costes muy reducidos.

En caso de conceptos de instalaciones con varios depósitos existe la posibilidad de combinar las cubiertas de biogás de CENO de una hoja y herméticas al gas así como gasómetros externos de doble membrana SATTLER / CENO DMGS con soporte de aire y los gasómetros DMGS TM montados sobre depósitos. De esta manera se adapta el montaje de la cubierta de una pared a las condiciones de presión del DMGS.



Mediante diversas construcciones y perforaciones patentadas queda garantizado el que no sea necesario desmontar las cubiertas de biogás para llevar a cabo el mantenimiento. De esta manera se puede por ejemplo llevar a cabo la toma de biogás a través de una toma en la membrana. Se pueden por ejemplo fabricar aberturas operativas para dar mantenimiento al motor sumergible del agitador o empotramientos para la alimentación de sustancias sólidas. Los especiales dispositivos protectores de agua de lluvia se encargan de que ésta no penetre en la capa impermeable del depósito.

- sistema sostenido por un mástil
- sin presión en la cubierta de depósito
- presión de descarga de hasta 2 mbar en la cubierta del depósito
- combina la función de un depósito con la de una cubierta
- garantiza estabilidad a través de la encorvadura biaxial de la cubierta
- alta seguridad operativa
- adecuado para las más altas cargas climáticas
- de nieve y viento
- resistencia duradera al gas

**cubierta de biogás de una hoja**

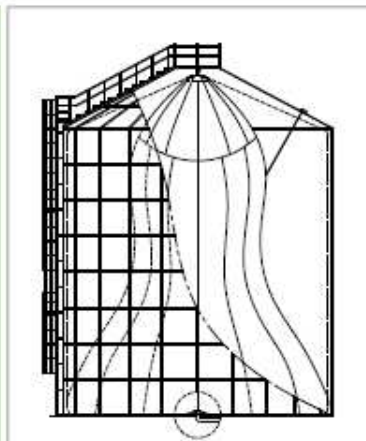
- presión operativa de hasta 5 mbar
- presión de descarga de hasta 8 mbar



## SATTLER BOLSA DE GAS

Las bolsas de gas pueden fabricarse en forma cilíndrica o en formas angulares. Los cilindros se utilizan de forma horizontal en construcciones o se montan en dispositivos de acero u hormigón de tal forma que pendan de ellos. La toma de gas y el suministro de gas a los sacos sin presión se lleva a cabo generalmente mediante conexiones de gas en el suelo fijo de la construcción o en las superficies a cubrir. Para medir el nivel del depósito se utilizan sistemas de medición de longitud. Para una medición adecuada, puede aplicarse peso en la bolsa de gas colocada de forma horizontal. Las bolsas de gas requieren de una protección para resistir las cargas externas.

- montaje en construcciones o en dispositivos por separado
- mera función de almacenamiento
- resistencia duradera al gas
- sin presión





Soluciones específicas para el cliente y para cualquier exigencia

# INGENIERÍA AMBIENTAL



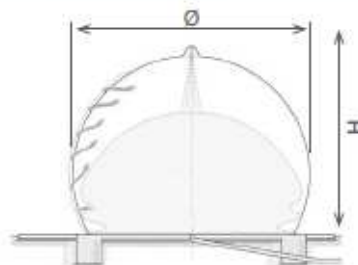
## SATTLER MEMBRANAS DE GAS

Las membranas de gas SATTLER pueden confeccionarse con diferentes cortes y formas y ser utilizadas para diversas soluciones especiales. Un ejemplo común es el de las membranas interiores colocadas en el centro del depósito y fijadas con un dispositivo de sujeción, o depósitos esféricos para pequeños volúmenes de aprox. 10-30 m<sup>3</sup>.

Ofrecemos la posibilidad de adaptarnos a las más diversas formas geométricas de los depósitos y a cualquier tipo de detalles en los dispositivos de sujeción.



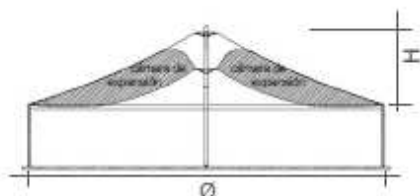
## Variantes del diseño



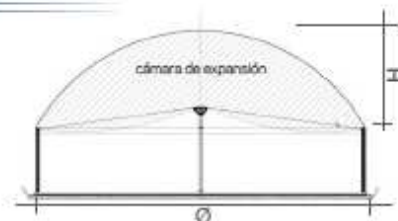
## SATTLER DMGS

designación del tipo	capacidad efectiva	diámetro / altura		presión máxima [mbar]
		Ø	H	
89 108/205	50 m³	4,9 m	3,7 m	50
89 109/205	70 m³	5,5 m	4,1 m	50
89 110/205	100 m³	6,1 m	4,6 m	50
89 111/205	130 m³	6,8 m	5,1 m	50
89 112/205	170 m³	7,4 m	5,5 m	50
89 113/205	210 m³	8,0 m	6,0 m	50
89 114/205	270 m³	8,6 m	6,5 m	50
89 115/205	330 m³	9,2 m	6,9 m	49
89 116/205	400 m³	9,8 m	7,4 m	46
89 117/205	480 m³	10,4 m	7,8 m	43
89 118/205	570 m³	11,1 m	8,3 m	40
89 119/205	670 m³	11,7 m	8,8 m	38
89 116/250	780 m³	12,6 m	9,5 m	35
89 117/250	1.040 m³	13,4 m	10,1 m	33
89 118/250	1.190 m³	14,2 m	10,7 m	31
89 119/250	1.350 m³	15,0 m	11,2 m	29
89 120/250	1.530 m³	15,8 m	11,8 m	27
89 121/250	1.920 m³	16,6 m	12,4 m	26
89 122/250	2.150 m³	17,2 m	12,9 m	25
89 123/250	2.380 m³	18,1 m	13,6 m	23
89 124/250	2.640 m³	18,9 m	14,2 m	22
89 125/250	3.200 m³	19,7 m	14,7 m	21
89 126/250	3.510 m³	20,4 m	15,3 m	20
89 127/250	3.840 m³	21,1 m	15,9 m	20
89 128/250	4.560 m³	22,0 m	16,5 m	19
89 129/250	4.950 m³	22,8 m	17,1 m	18
89 130/250	5.360 m³	23,5 m	17,6 m	17





**CENO BGD**



**SATTLE DMGS TM**

diámetro	23°			40°			cuarto de esfera			semiesfera		
	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*
m	m	m³	mbar	m	m³	mbar	m	m³	mbar	m	m³	mbar
10	2,1	59	2	4,2	89	2	2,5	95	30	5,0	230	40
11	2,3	79		4,6	130		2,8	127	22	5,5	310	28
12	2,5	104		5,0	178		3,0	165	22	6,0	400	28
13	2,8	118		5,5	232		3,3	210	22	6,5	510	28
14	3,0	145		5,9	285		3,5	260	22	7,0	640	28
15	3,2	171		6,3	343		3,8	320	22	7,5	790	28
16	3,4	198		6,7	414		4,0	390	16	8,0	960	20
17	3,6	236		7,1	498		4,3	470	16	8,5	1150	20
18	3,8	281		7,6	581		4,5	550	16	9,0	1370	20
19	4,0	326		8,0	678		4,8	650	16	9,5	1610	20
20	4,2	373		8,4	774		5,0	760	16	10,0	1880	20
21	4,5	426		8,8	880		5,3	880	12	10,5	2180	16
22	4,7	487		9,2	985		5,5	1010	12	11,0	2500	16
23	4,9	555		9,6	1135		5,8	1160	12	11,5	2860	16
24	5,1	630		10,1	1284		6,0	1320	12	12,0	3250	16
25	5,3	686		10,5	1482		6,3	1490	12	12,5	3680	16
26	5,5	772		10,9	1609		6,5	1680	10	13,0	4140	14
27	5,7	889		11,3	1786		6,8	1880	10	13,5	4630	14
28	5,9	990		11,7	1963		7,0	2100	10	14,0	5170	14
29	6,2	1077		12,2	2217		7,3	2330	10	14,5	5740	14
30	6,4	1151		12,6	2471		7,5	2580	10	15,0	6360	14
31	6,6	1260		13,0	2676		7,8	2850	8	-	-	-
32	6,8	1403		13,4	2880		8,0	3130	8	-	-	-
33	7,0	1551		13,8	3177		8,3	3430	8	-	-	-
34	7,2	1706		14,3	3473		8,5	3760	8	-	-	-
35	7,4	1929		14,7	3761		8,8	4100	8	-	-	-
36	7,6	2098		15,1	4092		9,0	4460	3	-	-	-
37	7,9	2278		15,5	4443		9,3	4840	3	-	-	-
38	8,1	2468		15,9	4813		9,5	5250	3	-	-	-
39	8,3	2668		16,4	5203		9,8	5670	3	-	-	-
40	8,5	2877		16,8	5610		10,0	6120	3	-	-	-

\* Según la elección de la membrana

**SATTLER AG**

Sattler AG - Werk Rudersdorf  
Sattlerstraße 1  
7571 Rudersdorf, Austria  
Tel +43 3382 733 0  
Fax +43 3382 733 360118  
biogas@sattler-ag.com  
www.sattler-ag.com

**Ceno Membrane Technology GmbH**

Am Eggenkamp 14  
48268 Greven, Germany  
Tel +49 2571 969 0  
Fax +49 2571 1224  
biogas@ceno-tec.de  
www.ceno-tec.de



## Catálogo del módulo de cogeneración 2g-cenergy



### BIOGAS CHP COGENERATION PRODUCT LINE DATA SHEET

#### Biogas Cogeneration CHP Modules up to 2500kVA / 2000ekW\* – 50Hz


(\*Larger Plants are available. Please contact us for more information.)

We are committed to provide the most advanced, sound and proven cogeneration CHP technologies, as well as professional product support services to all our customers in North-and South America. Unlike most genset suppliers who are not really specialized in biogas applications, we are exclusively focusing on reliable, proven and complete CHP modules that are professionally engineered and manufactured. We supply a complete factory-designed and tested package. This approach provides our customers with superior performance, higher reliability, value for money, decreased operating expenses and increased return on investment.

Attention to detail, only the best quality components, extremely robust and wear-resistant engine technologies, optimized for biogas, and unmatched manufacturing quality guarantee increased performance and genuine value for money.

- Reliable & Fuel Efficient
- Extended Life Cycle
- Compact Standardized Design
- All-In-One
- Low Service & Maintenance Cost
- Fully Automated User Friendly
- Connection Ready
- Best In Class Technology



 <b>2G CENERGY®</b> Advanced Clean Energy Technologies									
CHP MODULE	2G 100 BG	2G 120 BG	2G 150 BG	2G 190 BG	2G A208 BG	2G 250 BG	2G A208 BG	2G 370 BG	2G A400 BG
Prime Mover	MAN	MAN	MAN	MAN	MAN	MAN	MAN	MAN	MAN
Engine Type	E0836 LE202	E2876 E312	E2876 LE302	E2876 LE302	E2876 LE302	E2848 LE322	E2848 LE322	E2842 LE322	E2842 LE322
Arrangement	2G Optimized	2G Optimized	2G Optimized	2G Optimized	2G Agenitor®	2G Optimized	2G Agenitor®	2G Optimized	2G Agenitor®
Cylinders	IL 6	IL 6	IL 6	IL 6	IL 6	V 8	V 8	V 12	V 12
Displacement	6.8 L	12.8 L	12.8 L	12.8 L	12.8 L	14.6 L	14.6 L	21.9 L	21.9 L
Compression	(11:1)	(11:1)	(11:1)	(11:1)	(11:1)	(12:1)	(12:1)	(11:1)	(11:1)
Speed	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM
Frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Voltage	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Electrical	100 ekW	120 ekW	150 ekW	190 ekW	220 ekW	250 ekW	265 ekW	370 ekW	400 ekW
Thermal	126 kW	178 kW	208 kW	212 kW	229 ekW	296 kW	298 kW	423 kW	TBA
Combined	226 kW	298 kW	358 kW	402 kW	449 kW	546 kW	663 kW	793 kW	TBA
Thermal Heat BTU	429,930	607,361	709,725	723,374	781,380	1,009,994	1,016,818	1,443,336	TBA
<b>EFFICIENCIES</b>	<b>2<sup>nd</sup> Q 2011</b>								
Electrical %	38.00	37.50	37.62	38.40	40.60	39.70	40.00	39.00	TBA
Thermal %	47.53	48.15	49.51	44.88	43.04	47.00	44.90	44.70	TBA
Combined %	85.53	85.65	87.13	83.28	83.64	86.70	84.90	83.70	TBA
Consumption m <sup>3</sup> /h	43.8 m <sup>3</sup> /h	56.7 m <sup>3</sup> /h	64.5 m <sup>3</sup> /h	82.4 m <sup>3</sup> /h	96.36 m <sup>3</sup> /h	105.0 m <sup>3</sup> /h	116.07 m <sup>3</sup> /h	158.00m <sup>3</sup> /h	TBA
Consumption ccfh	1,546	2,002	2,277	2,909	3,402	3,708	4,098	5,579	TBA
<b>EMISSIONS</b>	<b>2<sup>nd</sup> Q 2011</b>								
CO mg/Nm <sup>3</sup>	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000
NOx mg/Nm <sup>3</sup>	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500
HCHO mg/Nm <sup>3</sup>	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60
NMHC mg/Nm <sup>3</sup>	<150	<150	<150	<150	<150	<150	<150	<150	<150
SO <sub>2</sub> mg/Nm <sup>3</sup>	<310	<310	<310	<310	<310	<310	<310	<310	<310

**LARGER CHP COGENERATION UNITS: SEE NEXT PAGE**

Other Voltages are available.  
 All Data according to full Load and Subject to Technical Development, Modification and Change.  
 Electrical Output based on ISO Standard and Conditions according to ISO 3046/1-1991 and to VDE 0530 with respective Tolerance.  
 Technical Data is based on a Gas Quality 60% CH<sub>4</sub> and Carbon Dioxide CO<sub>2</sub> <45% and a Heat Value of >5 kWh/Nm<sup>3</sup>  
 Continuous Output available without varying Load for an unlimited Time, and 10% Overload, in Accordance with ISO8528, ISO3046/1, AS2789, DIN6271, and BS5514. All Ratings are based on SAE J1349 Standard Conditions.  
 Tolerances: Electrical Output +/- 0%, Fuel Consumption +/- 5%, Thermal Output +/- 8%  
 Gas Treatment might be necessary (depending on the actual Gas Quality).  
 Applicable Gas Types: Weak Gases, e.g. Biogas, Landfill Gas, Sewage Gas, Coal Mine Gas  
 Other Special Gases upon Request (Wood Gas, Syn Gas, Coke Gas, Pyrolysis Gas)

2G

**CENERGY®**  
 Advanced Clean Energy Technologies

CHP MODULE	2G 400 BG	2G 600 BG	2G 800 BG	2G 1200 BG	2G 1345 BG	2G 1681 BG
Prime Mover	MWM	MWM	MWM	MWM	MWM	MWM
Engine Type	TCG 2016	TCG 2016	TCG 2016	TCG 2020	TCG 2020	TCG 2020
Arrangement	2G Optimized	2G Optimized	2G Optimized	2G Optimized	2G Optimized	2G Optimized
Cylinders	V 8	V 12	V 16	V 12	V 16	V 20
Displacement	17.5 L / dm <sup>3</sup>	26.3 L / dm <sup>3</sup>	35.0 L / dm <sup>3</sup>	53.1 L / dm <sup>3</sup>	70.8 L / dm <sup>3</sup>	88.5 L / dm <sup>3</sup>
Compression	(15:1)	(15:1)	(15:1)	(13.5:1)	(13.5:1)	(13.5:1)
Speed	1500 RPM	1500 RPM	1500 RPM	1500RPM	1500RPM	1500 RPM
Frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Voltage	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Electrical	400 ekW	600 ekW	800 ekW	1,200 ekW	1,560ekW	2,000 ekW
Thermal	419 kW	646 kW	863 kW	1,343 kW	1,780 kW	2,241 kW
Combined	819 kW	1,246 kW	1,663 kW	2,543 kW	3,340 kW	4,241 kW
Thermal Heat BTU	1,429,687	2,204,243	2,944,677	4,582,505	6,073,611	7,646,608
<b>EFFICIENCIES</b>						
Electrical %	42.50	42.50	42.50	42.10	41.70	42.00
Thermal %	42.30	43.00	43.00	43.90	44.10	43.70
Combined %	84.80	85.50	85.50	86.00	85.80	85.70
Consumption per h	3210 MBtu/h	4821 MBtu/h	6421 MBtu/h	9728 MBtu/h	12778 MBtu/h	16238 MBtu/h
Heat Value 5kWh/m <sup>3</sup>	483 Btu/cu ft	483 Btu/cu ft	483 Btu/cu ft	483 Btu/cu ft	483 Btu/cu ft	483 Btu/cu ft
<b>EMISSIONS</b>						
CO mg/Nm <sup>3</sup>	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000
NOx mg/Nm <sup>3</sup>	<500	<500	<500	<500	<500	<500
HCHO mg/Nm <sup>3</sup>	<60	<60	<60	<60	<60	<60
NMHC mg/Nm <sup>3</sup>	<150	<150	<150	<150	<150	<150
SO2 mg/Nm <sup>3</sup>	<310	<310	<310	<310	<310	<310

**ALL UNITS ARE AVAILABE "FULLY CONTAINERIZED"**

Other Voltages are available.

All Data according to full Load and Subject to Technical Development, Modification and Change.

Electrical Output based on ISO Standard and Conditions according to ISO 3046/1-1991 and to VDE 0530 with respective Tolerance.

Technical Data is based on a Gas Quality 60% CH<sub>4</sub> and Carbon Dioxide CO<sub>2</sub> <45% and a Heat Value of >5 kWh/Nm<sup>3</sup>

Continuous Output available without varying Load for an unlimited Time, and 10% Overload, in Accordance with ISO8528, ISO3046/1, AS2789, DIN6271, and BS5514. All Ratings are based on SAE J1349 Standard Conditions.

Tolerances: Electrical Output +/- 0%, Fuel Consumption +/- 5%, Thermal Output +/- 8%

Gas Treatment might be necessary (depending on the actual Gas Quality).

Applicable Gas Types: Weak Gases, e.g. Biogas, Landfill Gas, Sewage Gas, Coal Mine Gas

Other Special Gases upon Request (Wood Gas, Syn Gas, Coke Gas, Pyrolysis Gas)

2G

**CENERGY®**  
 Advanced Clean Energy Technologies

**CENERGY Power Systems Technologies Inc.**

151 College Drive – 15, Orange Park, FL 32065 – USA

Tel.: +1-904-579-3217 and 579-3057, Fax: +1-904-406-8727

 E-Mail: [info@2g-cenergy.com](mailto:info@2g-cenergy.com) Website: <http://www.2g-cenergy.com>


50Hz Biogas Product Line – 12/01/2010

***Anexo X:***  
***CÁLCULOS DEL ESTUDIO***  
***ECONÓMICO***

## Sin primas

Inversión total	1.430.000,00		
Vida útil	20 años		
Subvención	0,00		
Coste planta	1.430.000,00		
	Anual	70.700,00	
Otros costes	Trianual	79.200,00	
	7,5 años	114.200,00	
Amortización crédito	Anual	75.432,50	
Beneficios térmica	34.348,72		
Beneficios eléctrica	78.394,18	118.236,21	
	0,00	-1.430.000,00	
	1,00	-27.896,29	-1.457.896,29
	2,00	-27.896,29	-1.485.792,57
	3,00	-36.396,29	-1.522.188,86
	4,00	-27.896,29	-1.550.085,15
	5,00	-27.896,29	-1.577.981,44
	6,00	-36.396,29	-1.614.377,72
	7,00	-27.896,29	-1.642.274,01
	8,00	-71.396,29	-1.713.670,30
	9,00	-27.896,29	-1.741.566,58
	10,00	-36.396,29	-1.777.962,87
	11,00	-27.896,29	-1.805.859,16
	12,00	-27.896,29	-1.833.755,44
	13,00	-36.396,29	-1.870.151,73
	14,00	-27.896,29	-1.898.048,02
	15,00	-71.396,29	-1.969.444,31
	16,00	-27.896,29	-1.997.340,59
	17,00	-36.396,29	-2.033.736,88
	18,00	-27.896,29	-2.061.633,17
	19,00	-27.896,29	-2.089.529,45
	20,00	-36.396,29	-2.125.925,74

TIR (10 años)	#¡NUM!
TIR (15 años)	#¡NUM!
TIR (20 años)	#¡NUM!
VAN	-1.718.072,06

<b>Inversión total</b>	<b>1.430.000,00</b>	
<b>Vida útil</b>	<b>20 años</b>	
<b>Subvención</b>	<b>20,00</b>	
<b>Coste planta</b>	<b>1.144.000,00</b>	
	<b>Anual</b>	<b>70.700,00</b>
<b>Otros costes</b>	<b>Triannual</b>	<b>79.200,00</b>
	<b>7,5 años</b>	<b>114.200,00</b>
<b>Amortización crédito</b>	<b>Anual</b>	<b>60.346,00</b>
<b>Beneficios térmica</b>	<b>34.348,72</b>	<b>118.236,21</b>
<b>Beneficios eléctrica</b>	<b>78.394,18</b>	

<b>0,00</b>	<b>-1.144.000,00</b>	
<b>1,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.156.809,79</b>
<b>2,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.169.619,57</b>
<b>3,00</b>	<b>-21.309,79</b>	<b>-1.190.929,36</b>
<b>4,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.203.739,15</b>
<b>5,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.216.548,94</b>
<b>6,00</b>	<b>-21.309,79</b>	<b>-1.237.858,72</b>
<b>7,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.250.668,51</b>
<b>8,00</b>	<b>-56.309,79</b>	<b>-1.306.978,30</b>
<b>9,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.319.788,08</b>
<b>10,00</b>	<b>-21.309,79</b>	<b>-1.341.097,87</b>
<b>11,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.353.907,66</b>
<b>12,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.366.717,44</b>
<b>13,00</b>	<b>-21.309,79</b>	<b>-1.388.027,23</b>
<b>14,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.400.837,02</b>
<b>15,00</b>	<b>-56.309,79</b>	<b>-1.457.146,81</b>
<b>16,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.469.956,59</b>
<b>17,00</b>	<b>-21.309,79</b>	<b>-1.491.266,38</b>
<b>18,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.504.076,17</b>
<b>19,00</b>	<b>-12.809,79</b>	<b>-1.516.885,95</b>
<b>20,00</b>	<b>-21.309,79</b>	<b>-1.538.195,74</b>

<b>TIR (10 años)</b>	<b>#¡NUM!</b>
<b>TIR (15 años)</b>	<b>#¡NUM!</b>
<b>TIR (20 años)</b>	<b>#¡NUM!</b>
<b>VAN</b>	<b>-1.303.632,18</b>



Inversión total	1.430.000,00		
Vida útil	20 años		
Subvención	40,00		
Coste planta	858.000,00		
	Anual		70.700,00
Otros costes	Trianual		79.200,00
	7,5 años		114.200,00
Amortización crédito	Anual		45.259,50
Beneficios térmica	34.348,72		
Beneficios eléctrica	78.394,18		118.236,21
	0,00	-858.000,00	
	1,00	2.276,71	-855.723,29
	2,00	2.276,71	-853.446,57
	3,00	-6.223,29	-859.669,86
	4,00	2.276,71	-857.393,15
	5,00	2.276,71	-855.116,44
	6,00	-6.223,29	-861.339,72
	7,00	2.276,71	-859.063,01
	8,00	-41.223,29	-900.286,30
	9,00	2.276,71	-898.009,58
	10,00	-6.223,29	-904.232,87
	11,00	2.276,71	-901.956,16
	12,00	2.276,71	-899.679,44
	13,00	-6.223,29	-905.902,73
	14,00	2.276,71	-903.626,02
	15,00	-41.223,29	-944.849,31
	16,00	2.276,71	-942.572,59
	17,00	-6.223,29	-948.795,88
	18,00	2.276,71	-946.519,17
	19,00	2.276,71	-944.242,45
	20,00	-6.223,29	-950.465,74

TIR (10 años)	#¡NUM!
TIR (15 años)	#¡NUM!
TIR (20 años)	#¡NUM!
VAN	-889.192,30

Inversión total	1.430.000,00	
Vida útil	20 años	
Subvención	60,00	
Coste planta	572.000,00	
	Anual	70.700,00
Otros costes	Trienal	79.200,00
	7,5 años	114.200,00
Amortización crédito	Anual	30.173,00
Beneficios térmica	34.348,72	
Beneficios eléctrica	78.394,18	118.236,21

0,00	-572.000,00	
1,00	17.363,21	-554.636,79
2,00	17.363,21	-537.273,57
3,00	8.863,21	-528.410,36
4,00	17.363,21	-511.047,15
5,00	17.363,21	-493.683,94
6,00	8.863,21	-484.820,72
7,00	17.363,21	-467.457,51
8,00	-26.136,79	-493.594,30
9,00	17.363,21	-476.231,08
10,00	8.863,21	-467.367,87
11,00	17.363,21	-450.004,66
12,00	17.363,21	-432.641,44
13,00	8.863,21	-423.778,23
14,00	17.363,21	-406.415,02
15,00	-26.136,79	-432.551,81
16,00	17.363,21	-415.188,59
17,00	8.863,21	-406.325,38
18,00	17.363,21	-388.962,17
19,00	17.363,21	-371.598,95
20,00	8.863,21	-362.735,74

TIR (10 años)	-0,26
TIR (15 años)	-0,19
TIR (20 años)	-0,08
VAN	-474.752,42

<b>Inversión total</b>	<b>1.430.000,00</b>		
<b>Vida útil</b>	<b>20 años</b>		
<b>Subvención</b>	<b>80,00</b>		
<b>Coste planta</b>	<b>286.000,00</b>		
	<b>Anual</b>	<b>70.700,00</b>	
<b>Otros costes</b>	<b>Trienal</b>	<b>79.200,00</b>	
	<b>7,5 años</b>	<b>114.200,00</b>	
<b>Amortización crédito</b>	<b>Anual</b>	<b>15.086,50</b>	
<b>Beneficios térmica</b>	<b>34.348,72</b>	<b>118.236,21</b>	
<b>Beneficios eléctrica</b>	<b>78.394,18</b>		
	<b>0,00</b>	<b>-286.000,00</b>	
	<b>1,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>-253.550,29</b>
	<b>2,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>-221.100,57</b>
	<b>3,00</b>	<b>23.949,71</b>	<b>-197.150,86</b>
	<b>4,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>-164.701,15</b>
	<b>5,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>-132.251,44</b>
	<b>6,00</b>	<b>23.949,71</b>	<b>-108.301,72</b>
	<b>7,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>-75.852,01</b>
	<b>8,00</b>	<b>-11.050,29</b>	<b>-86.902,30</b>
	<b>9,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>-54.452,58</b>
	<b>10,00</b>	<b>23.949,71</b>	<b>-30.502,87</b>
	<b>11,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>1.946,84</b>
	<b>12,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>34.396,56</b>
	<b>13,00</b>	<b>23.949,71</b>	<b>58.346,27</b>
	<b>14,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>90.795,98</b>
	<b>15,00</b>	<b>-11.050,29</b>	<b>79.745,69</b>
	<b>16,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>112.195,41</b>
	<b>17,00</b>	<b>23.949,71</b>	<b>136.145,12</b>
	<b>18,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>168.594,83</b>
	<b>19,00</b>	<b>32.449,71</b>	<b>201.044,55</b>
	<b>20,00</b>	<b>23.949,71</b>	<b>224.994,26</b>

<b>TIR (10 años)</b>	<b>-0,02</b>
<b>TIR (15 años)</b>	<b>0,04</b>
<b>TIR (20 años)</b>	<b>0,07</b>
<b>VAN</b>	<b>-60.312,55</b>

## Con primas

Inversión total	1.430.000,00		
Vida útil	20 años		
Subvención	0,00		
Coste planta	1.430.000,00		
	Anual	70.700,00	
Otros costes	Trianual	79.200,00	
	7,5 años	114.200,00	
Amortización crédito	Anual	75.432,50	
Beneficios térmica	34.348,72	324.161,62	199.983,57
Beneficios eléctrica	78.394,18		
		15 años	A partir 15 años
	0,00	-1.430.000,00	
	1,00	178.029,12	-1.251.970,88
	2,00	178.029,12	-1.073.941,77
	3,00	169.529,12	-904.412,65
	4,00	178.029,12	-726.383,53
	5,00	178.029,12	-548.354,42
	6,00	169.529,12	-378.825,30
	7,00	178.029,12	-200.796,19
	8,00	134.529,12	-66.267,07
	9,00	178.029,12	111.762,05
	10,00	169.529,12	281.291,16
	11,00	178.029,12	459.320,28
	12,00	178.029,12	637.349,40
	13,00	169.529,12	806.878,51
	14,00	178.029,12	984.907,63
	15,00	134.529,12	1.119.436,75
	16,00	53.851,07	1.173.287,82
	17,00	45.351,07	1.218.638,88
	18,00	53.851,07	1.272.489,95
	19,00	53.851,07	1.326.341,02
	20,00	45.351,07	1.371.692,09

TIR (10 años)	3%
TIR (15 años)	8%
TIR (20 años)	9%
VAN	-77.602,64 €

<b>Inversión total</b>	<b>1.430.000,00</b>		
<b>Vida útil</b>	<b>20 años</b>		
<b>Subvención</b>	<b>20,00</b>		
<b>Coste planta</b>	<b>1.144.000,00</b>		
	<b>Anual</b>	<b>70.700,00</b>	
<b>Otros costes</b>	<b>Triannual</b>	<b>79.200,00</b>	
	<b>7,5 años</b>	<b>114.200,00</b>	
<b>Amortización crédito</b>	<b>Anual</b>	<b>60.346,00</b>	
<b>Beneficios térmica</b>	<b>34.348,72</b>	<b>324.161,62</b>	<b>199.983,57</b>
<b>Beneficios eléctrica</b>	<b>78.394,18</b>		
		<b>15 años</b>	<b>A partir 15 años</b>
<b>0,00</b>	<b>-1.144.000,00</b>		
<b>1,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-950.884,38</b>	
<b>2,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-757.768,77</b>	
<b>3,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>-573.153,15</b>	
<b>4,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-380.037,53</b>	
<b>5,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-186.921,92</b>	
<b>6,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>-2.306,30</b>	
<b>7,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>190.809,31</b>	
<b>8,00</b>	<b>149.615,62</b>	<b>340.424,93</b>	
<b>9,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>533.540,55</b>	
<b>10,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>718.156,16</b>	
<b>11,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>911.271,78</b>	
<b>12,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>1.104.387,40</b>	
<b>13,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>1.289.003,01</b>	
<b>14,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>1.482.118,63</b>	
<b>15,00</b>	<b>149.615,62</b>	<b>1.631.734,25</b>	
<b>16,00</b>	<b>68.937,57</b>	<b>1.700.671,82</b>	
<b>17,00</b>	<b>60.437,57</b>	<b>1.761.109,38</b>	
<b>18,00</b>	<b>68.937,57</b>	<b>1.830.046,95</b>	
<b>19,00</b>	<b>68.937,57</b>	<b>1.898.984,52</b>	
<b>20,00</b>	<b>60.437,57</b>	<b>1.959.422,09</b>	

<b>TIR (10 años)</b>	<b>10%</b>
<b>TIR (15 años)</b>	<b>14%</b>
<b>TIR (20 años)</b>	<b>15%</b>
<b>VAN</b>	<b>336.837,24 €</b>

<b>Inversión total</b>	<b>1.430.000,00</b>		
<b>Vida útil</b>	<b>20 años</b>		
<b>Subvención</b>	<b>40,00</b>		
<b>Coste planta</b>	<b>858.000,00</b>		
	<b>Anual</b>	<b>70.700,00</b>	
<b>Otros costes</b>	<b>Trianual</b>	<b>79.200,00</b>	
	<b>7,5 años</b>	<b>114.200,00</b>	
<b>Amortización crédito</b>	<b>Anual</b>	<b>45.259,50</b>	
<b>Beneficios térmica</b>	<b>34.348,72</b>	<b>324.161,62</b>	<b>199.983,57</b>
<b>Beneficios eléctrica</b>	<b>78.394,18</b>		
		<b>15 años</b>	<b>A partir 15 años</b>
	<b>0,00</b>	<b>-858.000,00</b>	
	<b>1,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>-649.797,88</b>
	<b>2,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>-441.595,77</b>
	<b>3,00</b>	<b>199.702,12</b>	<b>-241.893,65</b>
	<b>4,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>-33.691,53</b>
	<b>5,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>174.510,58</b>
	<b>6,00</b>	<b>199.702,12</b>	<b>374.212,70</b>
	<b>7,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>582.414,81</b>
	<b>8,00</b>	<b>164.702,12</b>	<b>747.116,93</b>
	<b>9,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>955.319,05</b>
	<b>10,00</b>	<b>199.702,12</b>	<b>1.155.021,16</b>
	<b>11,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>1.363.223,28</b>
	<b>12,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>1.571.425,40</b>
	<b>13,00</b>	<b>199.702,12</b>	<b>1.771.127,51</b>
	<b>14,00</b>	<b>208.202,12</b>	<b>1.979.329,63</b>
	<b>15,00</b>	<b>164.702,12</b>	<b>2.144.031,75</b>
	<b>16,00</b>	<b>84.024,07</b>	<b>2.228.055,82</b>
	<b>17,00</b>	<b>75.524,07</b>	<b>2.303.579,88</b>
	<b>18,00</b>	<b>84.024,07</b>	<b>2.387.603,95</b>
	<b>19,00</b>	<b>84.024,07</b>	<b>2.471.628,02</b>
	<b>20,00</b>	<b>75.524,07</b>	<b>2.547.152,09</b>

<b>TIR (10 años)</b>	<b>20%</b>
<b>TIR (15 años)</b>	<b>23%</b>
<b>TIR (20 años)</b>	<b>23%</b>
<b>VAN</b>	<b>751.277,12 €</b>

Inversión total	1.430.000,00		
Vida útil	20 años		
Subvención	60,00		
Coste planta	572.000,00		
	A anual	70.700,00	
Otros costes	Triannual	79.200,00	
	7,5 años	114.200,00	
Amortización crédito	A anual	30.173,00	
Beneficios térmica	34.348,72	324.161,62	199.983,57
Beneficios eléctrica	78.394,18		
		15 años	A partir 15 años
0,00	-572.000,00		
1,00	223.288,62	-348.711,38	
2,00	223.288,62	-125.422,77	
3,00	214.788,62	89.365,85	
4,00	223.288,62	312.654,47	
5,00	223.288,62	535.943,08	
6,00	214.788,62	750.731,70	
7,00	223.288,62	974.020,31	
8,00	179.788,62	1.153.808,93	
9,00	223.288,62	1.377.097,55	
10,00	214.788,62	1.591.886,16	
11,00	223.288,62	1.815.174,78	
12,00	223.288,62	2.038.463,40	
13,00	214.788,62	2.253.252,01	
14,00	223.288,62	2.476.540,63	
15,00	179.788,62	2.656.329,25	
16,00	99.110,57	2.755.439,82	
17,00	90.610,57	2.846.050,38	
18,00	99.110,57	2.945.160,95	
19,00	99.110,57	3.044.271,52	
20,00	90.610,57	3.134.882,09	

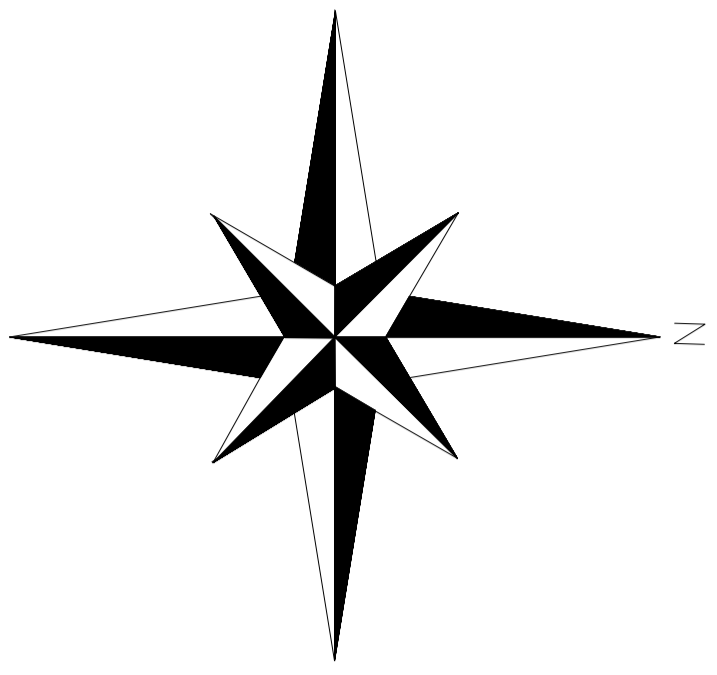
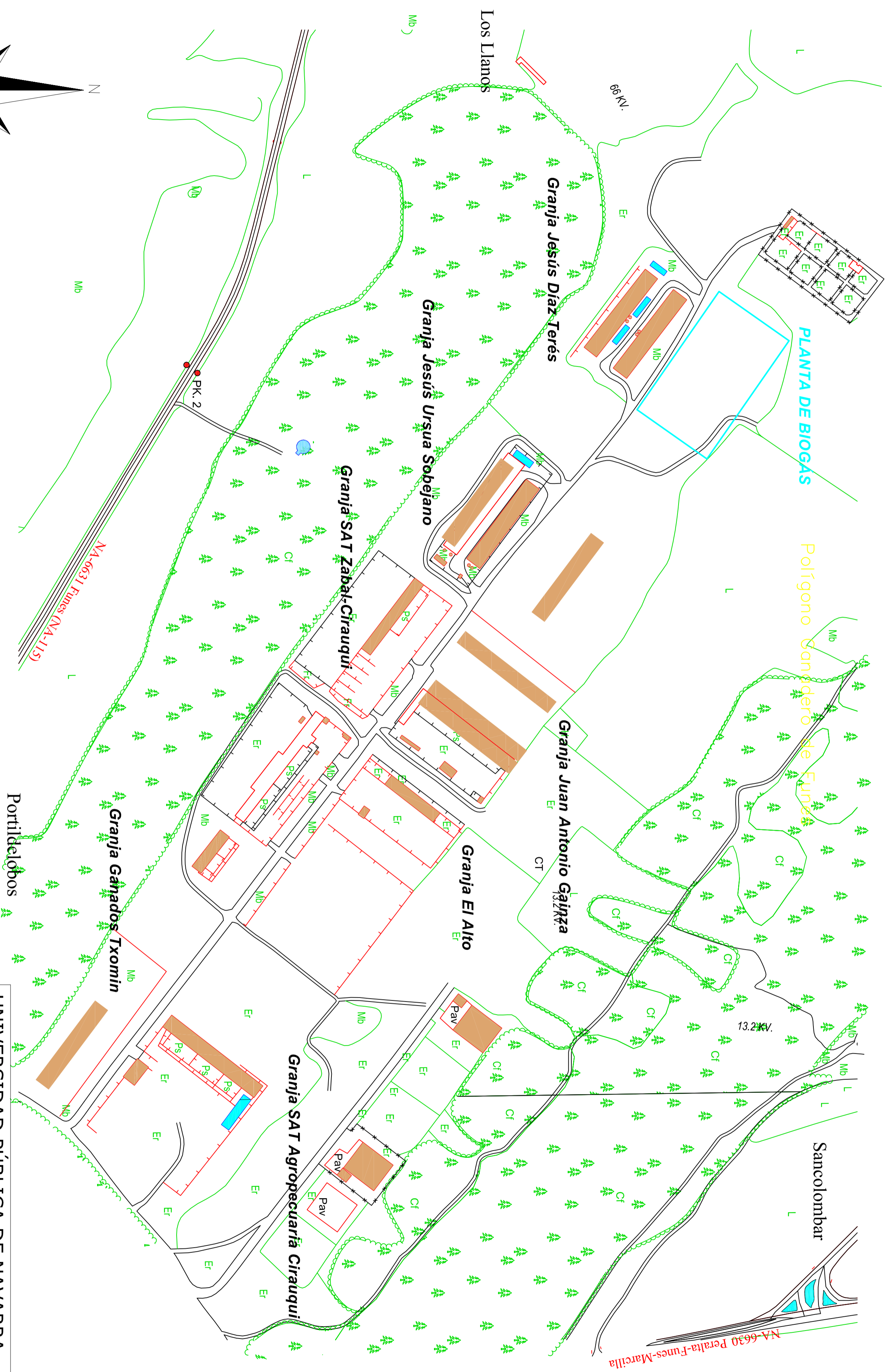
TIR (10 años)	37%
TIR (15 años)	38%
TIR (20 años)	38%
VAN	1.165.717,00 €

Inversión total	1.430.000,00		
Vida útil	20 años		
Subvención	80,00		
Coste planta	286.000,00		
	Anual	70.700,00	
Otros costes	Triannual	79.200,00	
	7,5 años	114.200,00	
Amortización crédito	Anual	15.086,50	
Beneficios térmica	34.348,72	324.161,62	199.983,57
Beneficios eléctrica	78.394,18		
		15 años	A partir 15 años
0,00	-286.000,00		
1,00	238.375,12	-47.624,88	
2,00	238.375,12	190.750,23	
3,00	229.875,12	420.625,35	
4,00	238.375,12	659.000,47	
5,00	238.375,12	897.375,58	
6,00	229.875,12	1.127.250,70	
7,00	238.375,12	1.365.625,81	
8,00	194.875,12	1.560.500,93	
9,00	238.375,12	1.798.876,05	
10,00	229.875,12	2.028.751,16	
11,00	238.375,12	2.267.126,28	
12,00	238.375,12	2.505.501,40	
13,00	229.875,12	2.735.376,51	
14,00	238.375,12	2.973.751,63	
15,00	194.875,12	3.168.626,75	
16,00	114.197,07	3.282.823,82	
17,00	105.697,07	3.388.520,88	
18,00	114.197,07	3.502.717,95	
19,00	114.197,07	3.616.915,02	
20,00	105.697,07	3.722.612,09	

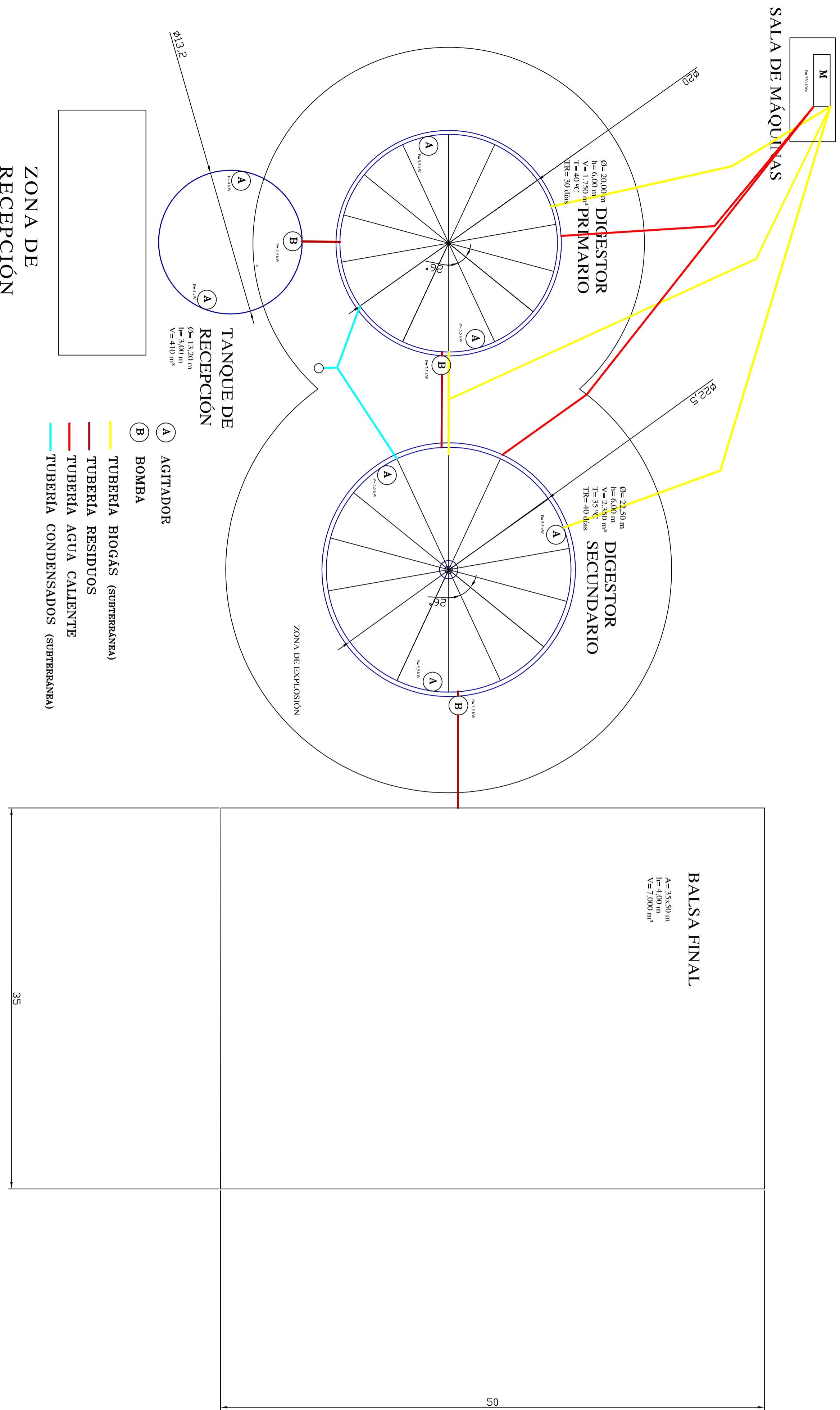
TIR (10 años)	83%
TIR (15 años)	83%
TIR (20 años)	83%
VAN	1.580.156,88 €



***Anexo XI:***  
***PLANOS***



<b>UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA</b>		<b>upna</b>	
E.T.S.I.A. INGENIERÍA AGRONÓMICA			
PROYECTO DE: TFC PLANTA DE BIOGÁS EN POLÍGONO GANADERO			
SITUACION: FUNES (NAVARRA)			
PLANO DE: SITUACIÓN POLÍGONO GANADERO Y UBICACIÓN PLANTA DE BIOGÁS			
EL/LA ALUMNO/A: TAMARA GARCÍA PEINAUTE			
ESCALA	1:20000	PLANO	1
FECHA:	04-07-2.012		

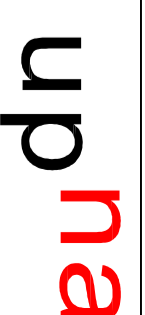


ZONA DE RECEPCIÓN

- (A) AGITADOR
- (B) BOMBA
- TUBERÍA BIOGÁS (SUBTERRÁNEA)
- TUBERÍA RESIDUOS
- TUBERÍA AGUA CALIENTE
- TUBERÍA CONDENSADOS (SUBTERRÁNEA)

BALSA FINAL  
 A= 335,50 m  
 b= 4,00 m  
 V= 7.000 m³

<b>UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA</b>	
E.T.S.I.A. INGENIERÍA AGRONÓMICA	
PROYECTO DE: PLANTA DE BIOGÁS EN EL POLÍGONO GANADERO DE FUMES	
SITUACION: PAMPLONA (NAVARRA)	
PLANO DE: <b>PLANTA DE BIOGÁS</b>	
LOS ALUMNOS: TAMARA GARCÍA PEENAUITE	
ESCALA 1:250	PLANO 2
FECHA: 04-07-2012	



**Con primas**

Inversión total	1.430.000,00		
Vida útil	20 años		
Subvención	0,00		
Coste planta	1.430.000,00		
	Anual	70.700,00	
Otros costes	Triannual	79.200,00	
	7,5 años	114.200,00	
Amortización crédito	Anual	75.432,50	
Beneficios térmica	34.348,72	324.161,62	199.983,57
Beneficios eléctrica	78.394,18		
		15 años	A partir 15 años

0,00	-1.430.000,00	
1,00	178.029,12	-1.251.970,88
2,00	178.029,12	-1.073.941,77
3,00	169.529,12	-904.412,65
4,00	178.029,12	-726.383,53
5,00	178.029,12	-548.354,42
6,00	169.529,12	-378.825,30
7,00	178.029,12	-200.796,19
8,00	134.529,12	-66.267,07
9,00	178.029,12	111.762,05
10,00	169.529,12	281.291,16
11,00	178.029,12	459.320,28
12,00	178.029,12	637.349,40
13,00	169.529,12	806.878,51
14,00	178.029,12	984.907,63
15,00	134.529,12	1.119.436,75
16,00	53.851,07	1.173.287,82
17,00	45.351,07	1.218.638,88
18,00	53.851,07	1.272.489,95
19,00	53.851,07	1.326.341,02
20,00	45.351,07	1.371.692,09

TIR (10 años)	3%
TIR (15 años)	8%
TIR (20 años)	9%
<b>VAN</b>	<b>-77.602,64 €</b>

<b>Inversión total</b>	<b>1.430.000,00</b>		<b>Inversión total</b>
<b>Vida útil</b>	<b>20 años</b>		<b>Vida útil</b>
<b>Subvención</b>	<b>20,00</b>		<b>Subvención</b>
<b>Coste planta</b>	<b>1.144.000,00</b>		<b>Coste planta</b>
	<b>Anual</b>	<b>70.700,00</b>	
<b>Otros costes</b>	<b>Trienal</b>	<b>79.200,00</b>	<b>Otros costes</b>
	<b>7,5 años</b>	<b>114.200,00</b>	
<b>Amortización crédito</b>	<b>Anual</b>	<b>60.346,00</b>	<b>Amortización crédito</b>
<b>Beneficios térmica</b>	<b>34.348,72</b>	<b>324.161,62</b>	<b>Beneficios térmica</b>
<b>Beneficios eléctrica</b>	<b>78.394,18</b>		<b>Beneficios eléctrica</b>
		<b>199.983,57</b>	
		<b>15 años</b>	<b>A partir 15 años</b>
<b>0,00</b>	<b>-1.144.000,00</b>		<b>0,00</b>
<b>1,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-950.884,38</b>	<b>1,00</b>
<b>2,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-757.768,77</b>	<b>2,00</b>
<b>3,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>-573.153,15</b>	<b>3,00</b>
<b>4,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-380.037,53</b>	<b>4,00</b>
<b>5,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>-186.921,92</b>	<b>5,00</b>
<b>6,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>-2.306,30</b>	<b>6,00</b>
<b>7,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>190.809,31</b>	<b>7,00</b>
<b>8,00</b>	<b>149.615,62</b>	<b>340.424,93</b>	<b>8,00</b>
<b>9,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>533.540,55</b>	<b>9,00</b>
<b>10,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>718.156,16</b>	<b>10,00</b>
<b>11,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>911.271,78</b>	<b>11,00</b>
<b>12,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>1.104.387,40</b>	<b>12,00</b>
<b>13,00</b>	<b>184.615,62</b>	<b>1.289.003,01</b>	<b>13,00</b>
<b>14,00</b>	<b>193.115,62</b>	<b>1.482.118,63</b>	<b>14,00</b>
<b>15,00</b>	<b>149.615,62</b>	<b>1.631.734,25</b>	<b>15,00</b>
<b>16,00</b>	<b>68.937,57</b>	<b>1.700.671,82</b>	<b>16,00</b>
<b>17,00</b>	<b>60.437,57</b>	<b>1.761.109,38</b>	<b>17,00</b>
<b>18,00</b>	<b>68.937,57</b>	<b>1.830.046,95</b>	<b>18,00</b>
<b>19,00</b>	<b>68.937,57</b>	<b>1.898.984,52</b>	<b>19,00</b>
<b>20,00</b>	<b>60.437,57</b>	<b>1.959.422,09</b>	<b>20,00</b>

<b>TIR (10 años)</b>	<b>10%</b>
<b>TIR (15 años)</b>	<b>14%</b>
<b>TIR (20 años)</b>	<b>15%</b>
<b>VAN</b>	<b>336.837,24 €</b>

<b>TIR (10 años)</b>
<b>TIR (15 años)</b>
<b>TIR (20 años)</b>
<b>VAN</b>

1.430.000,00			Inversión total	1.430.000,00
20 años			Vida útil	20 años
40,00			Subvención	60,00
858.000,00			Coste planta	572.000,00
Anual	70.700,00		Otros costes	Anual
Trianual	79.200,00			Trianual
7,5 años	114.200,00			7,5 años
Anual	45.259,50		Amortización crédito	Anual
34.348,72	324.161,62	199.983,57	Beneficios térmica	34.348,72
78.394,18			Beneficios eléctrica	78.394,18
	15 años	A partir 15 años		
-858.000,00			0,00	-572.000,00
208.202,12	-649.797,88		1,00	223.288,62
208.202,12	-441.595,77		2,00	223.288,62
199.702,12	-241.893,65		3,00	214.788,62
208.202,12	-33.691,53		4,00	223.288,62
208.202,12	174.510,58		5,00	223.288,62
199.702,12	374.212,70		6,00	214.788,62
208.202,12	582.414,81		7,00	223.288,62
164.702,12	747.116,93		8,00	179.788,62
208.202,12	955.319,05		9,00	223.288,62
199.702,12	1.155.021,16		10,00	214.788,62
208.202,12	1.363.223,28		11,00	223.288,62
208.202,12	1.571.425,40		12,00	223.288,62
199.702,12	1.771.127,51		13,00	214.788,62
208.202,12	1.979.329,63		14,00	223.288,62
164.702,12	2.144.031,75		15,00	179.788,62
84.024,07	2.228.055,82		16,00	99.110,57
75.524,07	2.303.579,88		17,00	90.610,57
84.024,07	2.387.603,95		18,00	99.110,57
84.024,07	2.471.628,02		19,00	99.110,57
75.524,07	2.547.152,09		20,00	90.610,57

20%	TIR (10 años)	37%
23%	TIR (15 años)	38%
23%	TIR (20 años)	38%
751.277,12 €	VAN	1.165.717,00 €



199.983,57

A partir 15 años