



ESTUDIO: "Valorización energética de residuos agropecuarios en la Provincia de Valdivia, integradas a un sistema de gestión de abastecimiento sostenible, para producción de biogás en unidades centralizadas de cogeneración, biofertilizantes y reducción de contaminantes"

Documento técnico de difusión N° 2

21/09/2009

OFICINA DE PARTES 2 FIA RECEPCIONADO	
Fecha	01 DIC 2009
Hora	9:19

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	4
1.1	Objetivo del documento	4
1.2	Resumen del estudio.....	4
1.3	Objetivo general del estudio.....	5
1.4	Objetivos específicos del estudio.....	5
2	Resultados resumidos: Estudio técnico.....	7
2.1	Determinación de cantidad, tipo y distribución de biomasa actual.....	7
2.2	Determinación del potencial de biogás (estiércol y residuos de forraje)	9
2.3	Estimación del potencial de producción de biogás y cogeneración de productores seleccionados 10	9
2.4	Diseño ingeniería de planta de biogás	10
2.5	Descripción y evaluación de las tecnologías actuales más eficientes para producción de biogás	16
2.6	Evaluación de impacto ambiental de plantas de biogás y cogeneración	18
2.6.1	Etapa de construcción	18
2.6.2	Etapa de operación.....	18
2.6.3	Riesgos ambientales y Plan de Prevención de Riesgos.....	19
2.6.4	Análisis de antecedentes que justifican el proyecto no requiere la presentación de un EIA (art 15, letra c) reglamento SEIA).....	19
3	Resultados resumidos: Estudio económico.....	21
3.1	Monto de inversión.....	21
3.1.1	Planta 1.....	21
3.1.2	Planta 2.....	22
3.2	Ingresos operación y margen operativo	24

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Biogás por año a partir de estiércol (taza de recuperación: 50%).....	9
Ilustración 2 Biogás por año a partir de residuos de forraje (taza de recuperación: 50%)	9
Ilustración 3: Modelo 1 Planta de Biogás.....	13
Ilustración 4 Modelo 2 Planta de Biogás	14
Ilustración 5 Fermentador Modelo 1	15
Ilustración 6 Fermentador Modelo 2	15
Ilustración 7 Paleta gigante.....	16
Ilustración 8 Bomba de Tornillo excéntrica.....	16
Ilustración 9 Otros componentes de construcción	17
Ilustración 10 Módulo de cogeneración: modulo PEWO BGS-190	17
Ilustración 11 Etapas de operación.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados análisis del laboratorio: estiércol.....	7
Tabla 2 Resultados análisis del laboratorio: residuos de forraje.....	8
Tabla 3 Cantidad, tipo y distribución de biomasa	8
Tabla 4 Potencial de producción de biogás y cogeneración – datos del laboratorio.....	10
Tabla 5 Módulos: clasificación	11
Tabla 6: Productores y módulos correspondientes.....	12
Tabla 7 Inversión Planta 1	21
Tabla 8 Inversión Planta 2.1	22
Tabla 9 Inversión Planta 2.2	23
Tabla 10 Ingresos operación y margen operativo	24

Agosto de 2009

ISBN XXX – XXXX - X

Registro de Propiedad Intelectual

Inscripción N° XXX.XXX

BIOAGFO Energía Limitada.

Fundación para la Innovación Agraria

La presente publicación reúne y sistematiza un conjunto de información técnica presentada en el seminario “Biogás – Experiencias Internacionales y adaptación a la situación regional”, (Osorno, Región de los Ríos, Viernes 14 de Agosto de 2009), desarrollada por BIOAGFO Energía Ltda., incluyendo los resultados preliminares obtenidos en el estudio “Valorización energética de residuos agropecuarios en la Provincia de Valdivia, integradas a un sistema de gestión de abastecimiento sostenible, para producción de biogás en unidades centralizadas de cogeneración, biofertilizantes y reducción de contaminantes” , que cuenta con el apoyo financiero de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Santiago de Chile

1 Introducción

1.1 *Objetivo del documento*

Presentar el estudio, sociabilizar y difundir los resultados de la segunda etapa (Estudio técnico (incluyendo la Evaluación de impacto ambiental), Estudio económico) del estudio a los agentes asociados a Todoagro S.A., así como al público en general.

1.2 *Resumen del estudio.*

El estudio tiene como objetivo sistematizar información técnica y económica, con el fin de implementar un programa de inversiones para la producción de biogás en unidades centralizadas a partir de la valorización energética de residuos agropecuarios, basado en un modelo organizacional y asociativo que permita un abastecimiento descentralizado, incorporando tres nuevos productos en la cadena de valor: energía eléctrica, energía térmica y biofertilizantes.

El estudio se realiza en la Provincia de Valdivia con participación de los empresarios agrícolas asociados a TODOAGRO S.A. la cual reúne desde 1996 a 85 empresarios de esta provincia, promoviendo el desarrollo empresarial, mejoras continuas de eficiencia y prácticas comerciales, con el fin de mejorar la competitividad y rentabilidad de las empresas agrícolas a través del trabajo asociativo.

Su implementación permitirá reducir la presión de las emisiones de contaminantes a la atmósfera (CH_4 y CO_2) y a recursos de agua originadas por los agrosistemas, y aportar al desarrollo agrícola como una nueva fuente de ingresos por la venta de biofertilizantes, ahorros e ingresos por venta de energía térmica y eléctrica.

Los principales resultados esperados son:

- a. Desarrollar la cadena de valor de los residuos agropecuarios, hasta su valorización en energía eléctrica y térmica;
- b. Desarrollo de paquetes tecnológicos
- c. Desarrollar un modelo de negocio
- d. Desarrollar una guía para la implementación de unidades centralizadas de producción de biogás factible de replicar en otros agrosistemas.
- e. Desarrollar un programa de innovación a presentar a FIA, que incorpore los resultados alcanzados en este estudio.

El estudio tendrá una duración de 14 meses.

1.3 Objetivo general del estudio

Recopilar y generar antecedentes y parámetro técnicos, económicos y ambientales, que permitan llevar a cabo una valorización energética de los residuos biomásicos generados en las actividades agropecuarias de las empresas asociadas a TODOAGRO S.A. en la Provincia de Valdivia, XIV Región de Los Ríos, e integrarlas a un sistema de gestión de abastecimiento sostenible para la generación centralizada de biogás para la producción de energía térmica y/o eléctrica (cogeneración), y como subproducto biofertilizantes, que permitan obtener un incremento en la productividad, competitividad y una disminución del impacto ambiental asociado.

1.4 Objetivos específicos del estudio

1. Evaluar para los agricultores asociados a TODOAGRO S.A., las fuentes actuales y alternativas de residuos agropecuarios, utilizada, no utilizada y subutilizada, para producción de biogás y biofertilizantes.

2. Identificar las actuales estrategias de manejo de residuos para los agricultores asociados a TODOAGRO S.A., e identificar los elementos, conceptos y técnicas que limitan la productividad y su utilización alternativa.
3. Generar un conjunto de recomendaciones y prácticas de manejo de residuos sustentable, que considere la optimización de los rendimientos económicos, la protección de los recursos naturales y la población asociada.
4. Obtener el **diseño** de plantas centralizadas con biodigestores productores de biogás capaces de operar con los residuos agropecuarios generados por las empresas asociadas a TODOAGRO S.A. y de generar rentabilidad económica, beneficio social y ambiental.
5. Proponer paquetes tecnológicos que optimicen la conversión centralizada de residuos agropecuarios en biogás con fines de cogeneración, integrado a un sistema de abastecimiento sostenible.
6. Generar un modelo de negocio y gestión de producción de biogás con los actores involucrados, e identificar un nicho de mercado para la venta de biofertilizantes.

2 Resultados resumidos: Estudio técnico

2.1 Determinación de cantidad, tipo y distribución de biomasa actual

La siguiente tabla ilustra, de forma resumida, los resultados del análisis de datos del laboratorio con respecto a la cantidad, tipo y distribución de la biomasa actual (estiércol de ganado y residuos de forraje y ensilaje). La tabla presenta la cantidad de materia seca (MS) por año y la producción de biogás (m³ / año). Se utiliza una tasa de recuperación (grado de aprovechamiento) de 50%.

Tabla 1 Resultados análisis del laboratorio: estiércol

Tipo de biomasa: estiércol de ganado				
Nº productor	Sustancia seca (%)	Sustancia seca orgánica en sustancia seca (%)	l/Kg. sustancia seca orgánica	Estiércol por unidad de animal
7	13	75	350	600
17	14	62	350	-
18/68	11	79	350	600
20	14	70	350	600
24	14	70	350	-
25	14	70	350	-
32	16	69	350	600
41	15	64	350	600
45	17	80	350	600
48	12	78	350	600
51	17	46	350	600
55	14	70	350	600
59	12	74	350	600

Tabla 2 Resultados análisis del laboratorio: residuos de forraje

Tipo de biomasa: residuos de forraje					
Nº productor	Sustancia seca (%)	Sustancia seca orgánica en sustancia seca (%)	l/Kg. sustancia seca orgánica	Estiércol por unidad de animal	Porcentaje metano en Biogás (en Vol.-%)
7	-	-	-	-	-
17	-	-	350	600	55
18/86	33	93	350	-	55
20	13	92	350	-	55
24	-	-	350	600	55
25	31	92	350	600	55
32	31	92	350	-	55
41	49	94	350	-	55
45	31	92	350	-	55
48	28	94	350	-	55
51	-	-	350	-	55
55	-	-	350	-	55
59	15	88	350	-	55

La tabla presenta la cantidad de materia seca (MS) por año y la producción de biogás (m³ / año). Se utiliza una tasa de recuperación (grado de aprovechamiento) de 50%.

Tabla 3 Cantidad, tipo y distribución de biomasa

Nº productor	Grado de aprovechamiento: 50%			
	Residuos sólidos ganado		Residuos sólidos forraje y ensilaje	
	MS/a en ton	Biogás m ³ /a	MS/a en ton	Biogás m ³ /a
7	598	156941	98	54158
17	460	99798	70	38684
18/68	723	199827	140	77368
20	828	202816	126	69632
24	276	67605	42	23211
25	1107	271323	169	93152
32	2158	520931	288	158760
41	1281	286978	182	100579
45	4021	1125835	505	278526
48	1183	322850	210	116053
51	626	100700	79	43326
55	460	112676	70	38684
59	1025	265454	182	100579

2.2 Determinación del potencial de biogás (estiércol y residuos de forraje)

Ilustración 1 Biogás por año a partir de estiércol (taza de recuperación: 50%)

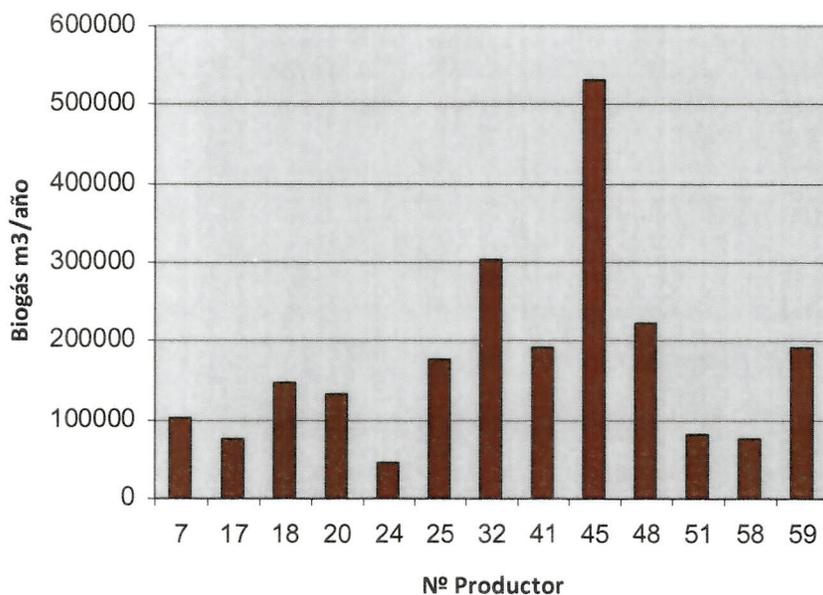
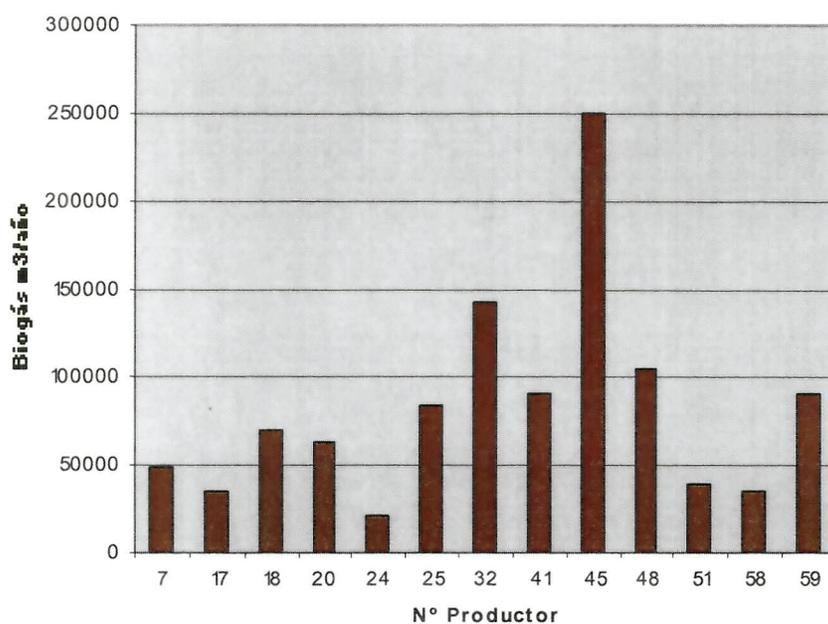


Ilustración 2 Biogás por año a partir de residuos de forraje (taza de recuperación: 50%)



2.3 Estimación del potencial de producción de biogás y cogeneración de productores seleccionados

En continuación se presentan los datos del potencial de producción de biogás y cogeneración de los productores seleccionados. Para un grado de aprovechamiento de biomasa de 50% y en base a la cantidad de metano del sustrato se calcularon kw eléctrico, kW térmico, kW total y kW necesario

Tabla 4 Potencial de producción de biogás y cogeneración – datos del laboratorio

Grado de aprovechamiento: 50%					
Cooperación Nº de Productores	Metano m ³ /año	kw eléctrico	kW térmico	kw total	kW necesario
Residuos sólidos ganado					
7	86318	44	52	97	115
17	54889	28	33	62	73
18	109905	57	67	123	147
Residuos sólidos forraje y ensilaje					
7	33578	17	20	38	45
17	23984	12	15	27	32
18	47969	25	29	54	64

2.4 Diseño ingeniería de planta de biogás

Para los estudios se desarrollaron dos tipos de modelos diferentes. La base del pensamiento respecto de estos dos modelos fue ver las demandas de todos los participantes en el estudio y al mismo tiempo de futuros interesados en cubrir el uso de

biogás. Se plantea el modelo “uno” con una entrada de $27,5 \frac{t}{d}$ hasta $50 \frac{t}{d}$ y el modelo

“dos” para una entrada de $55 \frac{t}{d}$ hasta $130 \frac{t}{d}$.

Los límites según los cuales se presenta la planificación de detalle para los modelos se obtienen debido a distintos factores de influencia.

Así, el modelo 1 con una cantidad de alimentación posible de hasta $50 \frac{t}{d}$ hacia abajo sólo

se restringe con el volumen de turba de los soportes de biogás. Esto significa que menos alimentación llevaría a menores necesidades de la energía y tiene sentido ya sea económico como ecológico.

Este modelo es para plantas con 600-833 ganados grandes (unidad de animal), esto significa que la masa fresca que se alimente, $Fm_{75\%}$, debiera estar entre $27,5 \frac{t}{d}$ y $50 \frac{t}{d}$.

El modelo "dos" cubre un amplio espectro y es interesante con una capacidad máxima de $100 \frac{t}{d}$ para plantas de tamaño mediano a grande con 833-2222 unidades de animales.

Los módulos fueron definidos como „Potencia Instalada“, y se estructuran tal como se presenta en la Tabla 13, en módulo A, B, C y D, cada uno con distintos datos de potencia. Las potencias corresponden a descripciones de posibles fabricantes de un módulo de cogeneración, tales como por ejemplo de Pewo o Haase Energietechnik AG.

Para las 13 plantas se presenta en la Tabla 14 el modelo que le corresponde (Alimentación: utilización de estiércol puro).

Tabla 5 Módulos: clasificación

Modulo	$P_{\text{Instalada}}$	$P_{\text{eléctrico}}$	$P_{\text{térmico}}$
	kW		
A	190	72	105
B	340	117	169
C	630	215	314
D	1300	445	647

Tabla 6: Productores y módulos correspondientes

Productor N°	Fm _{Ges75%}	Modelo 1	Modelo 2	Modulo
	t/d	Número de ganado	Número de ganado	
7	 	<500		
17	 	<500		
18	27,00	600		B
20	24,3	540		A
24	 	<500		
25	32,49	722		B
32	55,40		1231	A+C
41	35,10	780		C
45	97,20		2160	C+D
48	40,50		900	C
51	 	<500		
55	 	<500		
59	35,10	780		C

Ilustración 3: Modelo 1 Planta de Biogás

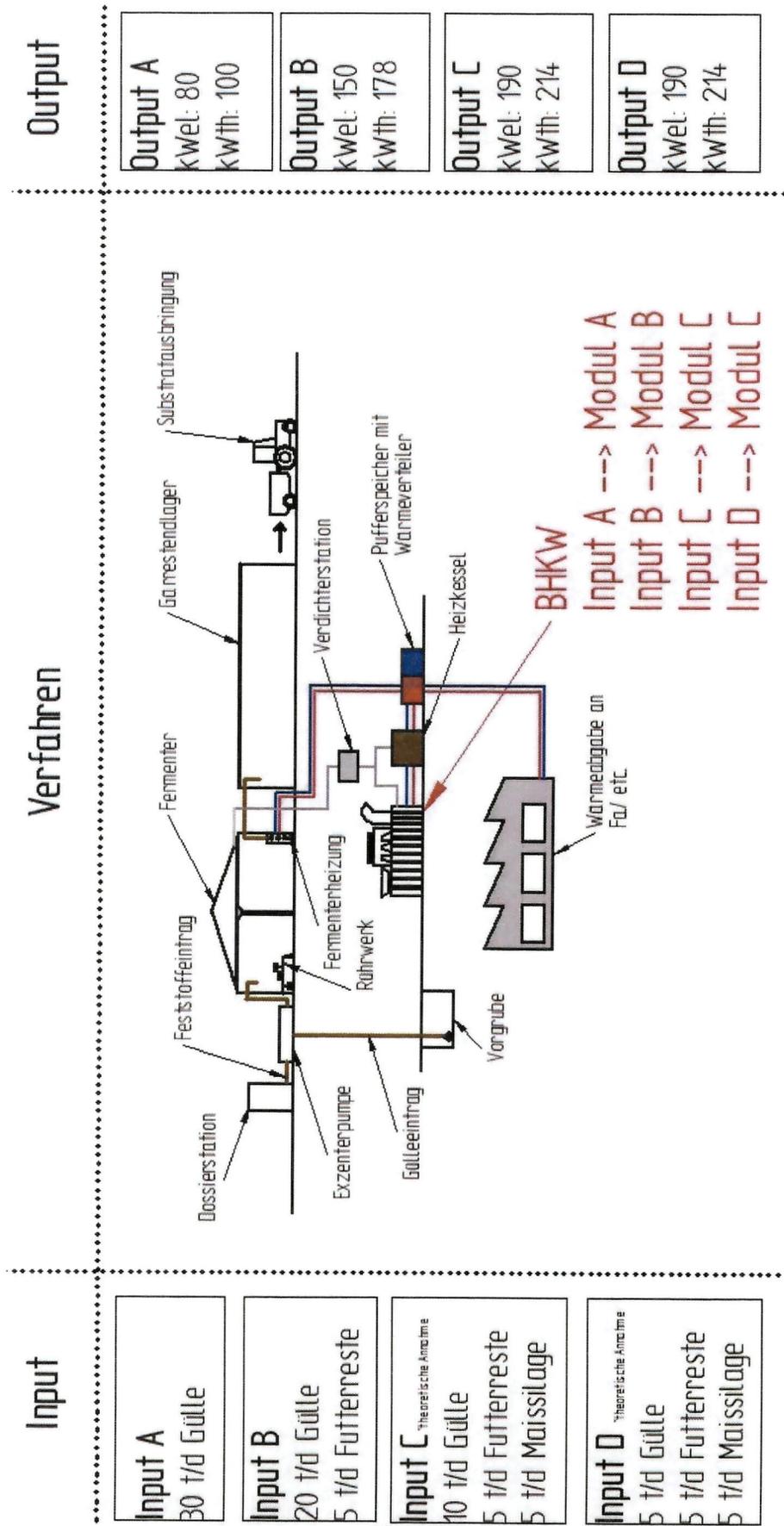


Ilustración 4 Modelo 2 Planta de Biogás

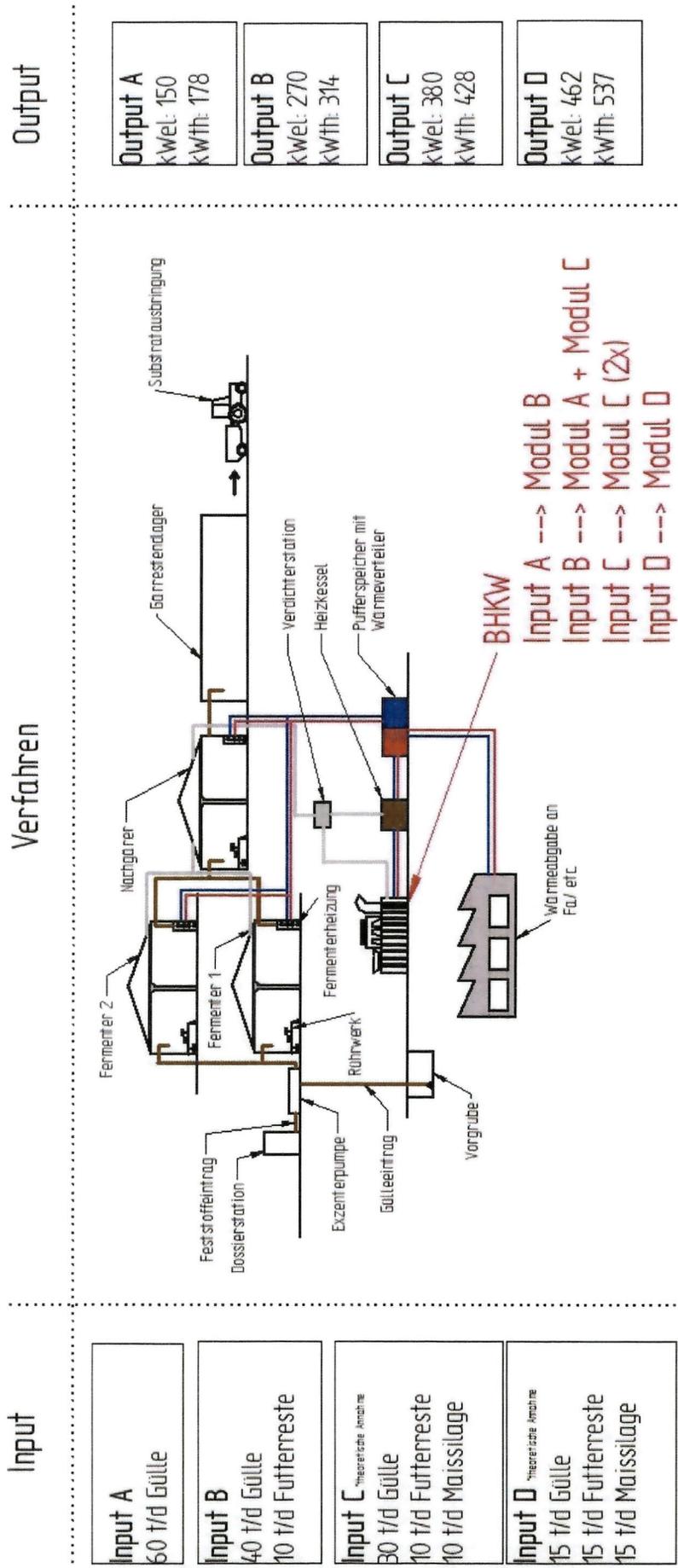


Ilustración 5 Fermentador Modelo 1

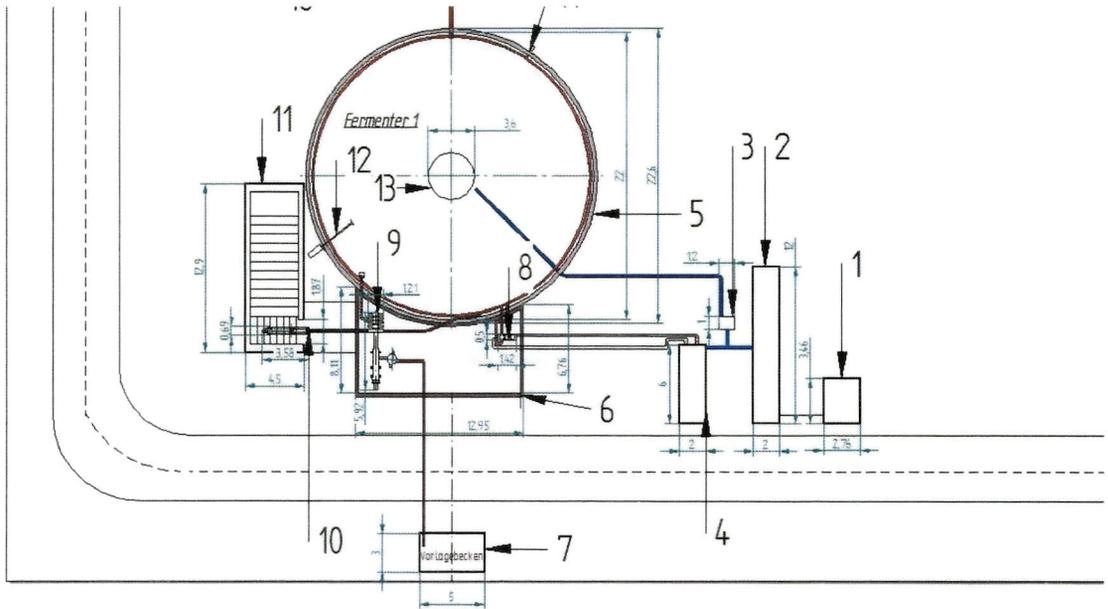
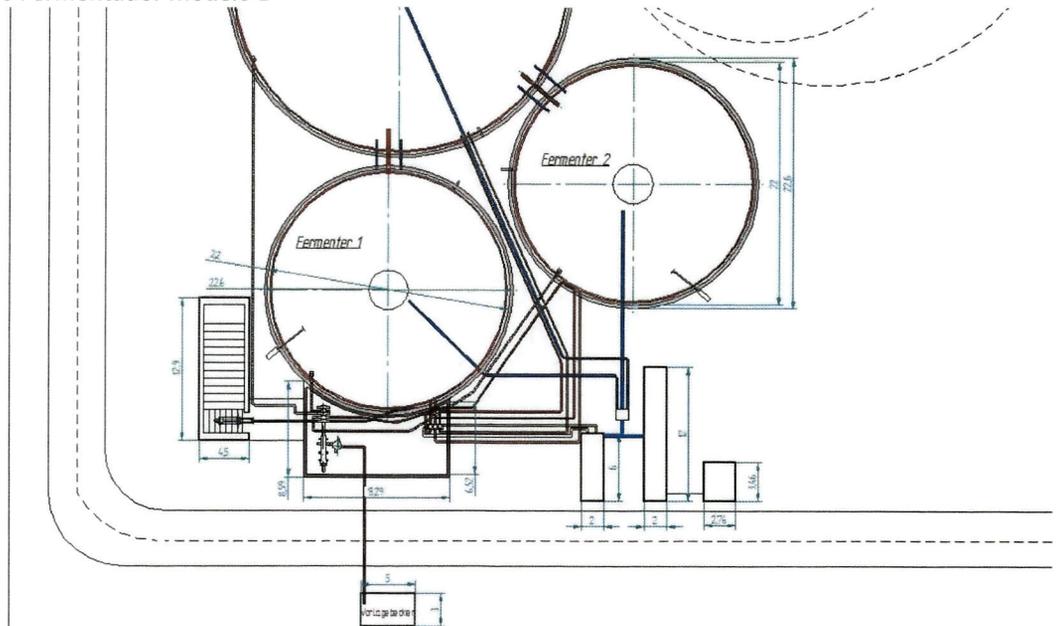


Ilustración 6 Fermentador Modelo 2



2.5 Descripción y evaluación de las tecnologías actuales más eficientes para producción de biogás

Ilustración 7 Paleta gigante



Ilustración 8 Bomba de Tornillo excéntrica

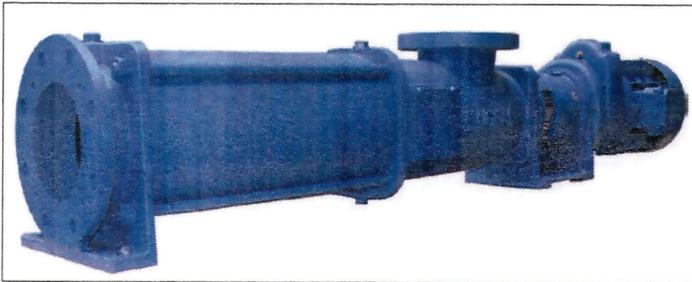


Ilustración 9 Otros componentes de construcción



Techo neumático de folio



Û/U-seguro



Riel apretador

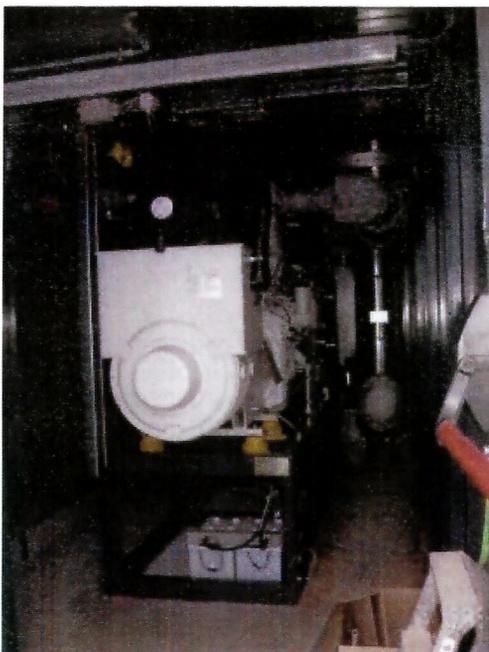


Construcción



Ventanilla

Ilustración 10 Módulo de cogeneración: modulo PEWO BGS-190



Datos Técnicos del Módulo de Cogeneración

- Potencia Eléctrica: 190 kW
- Potencia Térmica: 214 kW
(con calor de escape)
- Potencia introducida: 493 kW

Medidas

- Largo: 3.600 mm
- Ancho: 1.000 mm
- Alto: 2.000 mm
- Peso Seco: 3.600 kg
- Peso Lleno: 3.800 kg

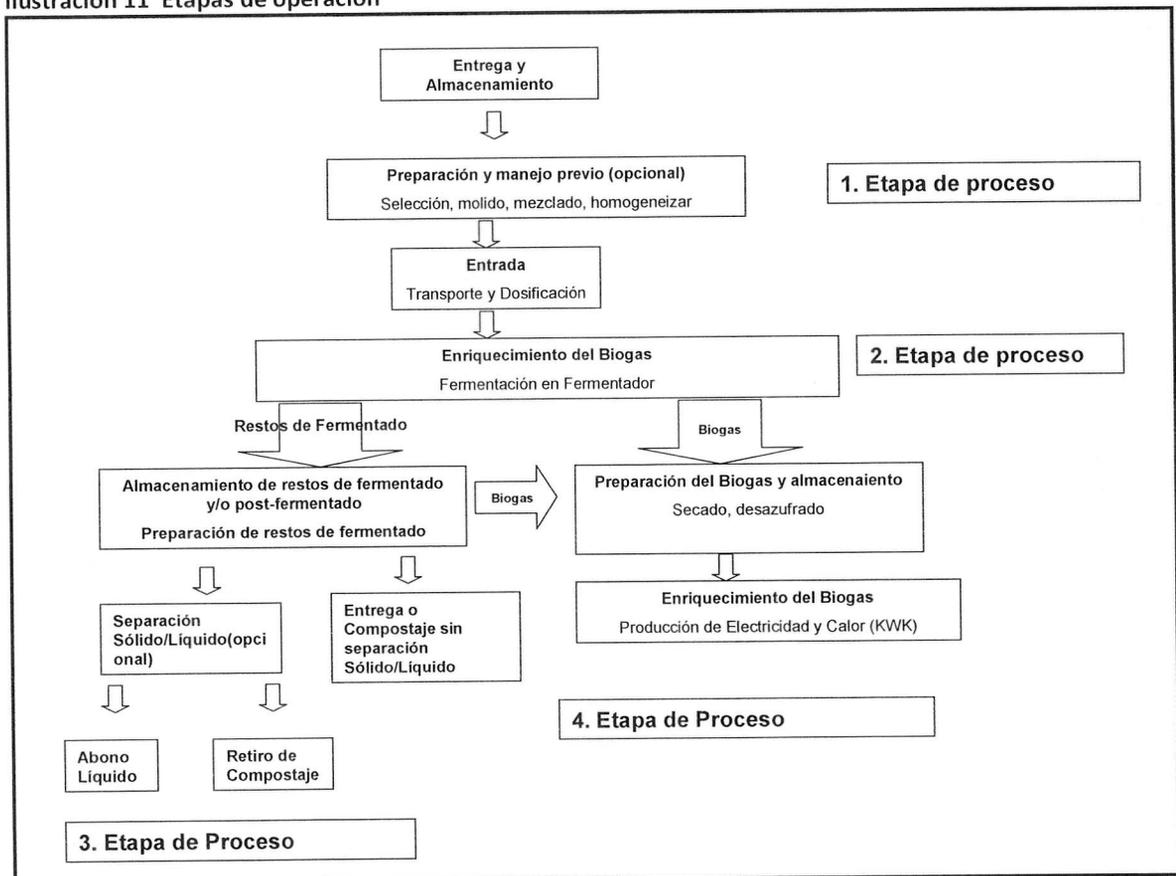
2.6 Evaluación de impacto ambiental de plantas de biogás y cogeneración

2.6.1 Etapa de construcción

- Instalación de faenas
- Trazados de zonas a construir
- Movimiento de tierras y estabilización de terreno para fundaciones
- Hormigonado del estanque del biodigestor
- Instalación de equipos
- Instalación de cobertura de contención de biogás
- Conexión de biodigestor y módulo de cogeneración
- Instalación de módulo- container de cogeneración

2.6.2 Etapa de operación

Ilustración 11 Etapas de operación



2.6.3 Riesgos ambientales y Plan de Prevención de Riesgos

El proyecto genera mejoras ambientales considerables con respecto a la situación actual. Aún así existen riesgos ambientales propios de este tipo de plantas y se clasifican en dos ámbitos:

- 1.- Riesgo de fuga de biogás sin combustión a la atmósfera con posibilidad de explosión
- 2.- Riesgo de generación de residuos orgánicos no estar estabilizados biológicamente o con presencia de patógenos, generando contaminación de los suelos.

En el primer caso los riesgos de fuga de biogás se presentarían por mal manejo de los equipos y/o deficiencias en las mantenciones, para minimizar los riesgos se elaborará un plan de mantenimiento y revisión periódico de los equipos y tuberías y se mantendrá capacitado al personal a cargo.

Se elaborará un plan de prevención de riesgos a cargo de un especialista en el tema

Un proceso de digestión anaeróbica incompleta sería el principal causante de residuos orgánicos no estabilizados, para minimizar los riesgos ambientales que esto conlleva se mantendrá controlado el sistema de digestión y se comprobará periódicamente el estado de los residuos orgánicos resultantes y estos serán reincorporados al digestor para su permanencia por más tiempo hasta obtener su total estabilización

2.6.4 Análisis de antecedentes que justifican el proyecto no requiere la presentación de un EIA (art 15, letra c) reglamento SEIA)

- El proyecto no genera los efectos descritos en el artículo anterior sobre la salud de la población.
- El proyecto genera mejoramientos ambientales sobre la situación actual y no genera los efectos descritos en el artículo anterior sobre la cantidad, calidad y de los recursos naturales renovables.
- El proyecto cumple con la normativa de calidad ambiental propuesta en el artículo anterior, específicamente para la República Federal de Alemania.
- El proyecto no genera cambios sobre los grupos humanos ni sus asentamientos por lo tanto no presenta los efectos descritos en el artículo anterior sobre grupos humanos, sus costumbres y sistemas de vida.

- El proyecto no es próximo a poblaciones, recursos o áreas protegidas por lo tanto no presenta los efectos descritos en el artículo anterior.
- El proyecto no genera efectos el valor paisajístico o turístico de la zona en consecuencia no presenta efectos descritos en el artículo anterior.
- El proyecto esta presente una zona históricamente intervenida y sin áreas con presencia de monumentos o sitios con valor antropológicos, arqueológicos o históricos por lo que no presenta efectos descritos en el artículo anteriormente.
- Bajo el análisis detallado, descrito anteriormente, el proyecto no presenta ningún efecto descrito en el artículo 11 de la ley de bases del medio ambiente y detallados en los artículos 5 al 11 del reglamento del SEIA, por lo tanto no es necesario la elaboración de un EIA en su sometimiento al SEIA, quedando justificada la presentación de una DIA, según lo estipula la Ley.

3 Resultados resumidos: Estudio económico

3.1 Monto de inversión

3.1.1 Planta 1

A continuación los montos de inversión para la Planta 1.

Tabla 7 Inversión Planta 1

INVERSION	EUR	US\$	\$
Cogeneración			
Inversión: Model - 190 kWel			
Planificación	20.000	27.273	15.000.000
Materiales			
Fermentador (24 m)	76.000	103.636	57.000.000
Techo de Folio / fermentador /24 m)	37.000	50.455	27.750.000
Tecnología de sustrato (estiércol)	31.000	42.273	23.250.000
Conexión a gas, módulo de cogeneración	8.000	10.909	6.000.000
Tecnología de calefacción / contenedor de calefacción	25.000	34.091	18.750.000
Instalación eléctrica, control, tecnología de gas	36.000	49.091	27.000.000
Trabajo de tierra, drenaje, fundamentos	15.000	20.455	11.250.000
Módulo de cogeneración / contenedor de calefacción	150.000	204.545	112.500.000
Costos de montaje	29.000	39.545	21.750.000
Costos de Importación	20.000	27.273	15.000.000
Costos de Inversión Total	447.000	609.545	335.250.000

3.1.2 Planta 2

Para efectos de los análisis se muestran a continuación los montos de inversión para la Planta 2, en el caso 2.1 **Modelo 380 kWel**.

Tabla 8 Inversión Planta 2.1

INVERSION	EUR	US\$	\$
Cogeneración			
Inversión: Model - 380 kWel			
Planificación	20.000	27.273	15.000.000
Materiales			
Fermentador (24 m)	152.000	207.273	114.000.000
Techo de Folio / fermentador /24 m)	37.000	50.455	27.750.000
Tecnología de sustrato (estiércol)	31.000	42.273	23.250.000
Conexión a gas, módulo de cogeneración	8.000	10.909	6.000.000
Tecnología de calefacción / contenedor de calefacción	25.000	34.091	18.750.000
Instalación eléctrica, control, tecnología de gas	36.000	49.091	27.000.000
Trabajo de tierra, drenaje, fundamentos	15.000	20.455	11.250.000
Módulo de cogeneración / contenedor de calefacción	300.000	409.091	225.000.000
Costos de montaje	29.000	39.545	21.750.000
Costos de Importación	20.000	27.273	15.000.000
Costos de Inversión Total	673.000	917.727	504.750.000

Para efectos de los análisis se muestran a continuación los montos de inversión para la Planta 2, en el caso 2.2 **Modelo 570 kWel**

Tabla 9 Inversión Planta 2.2

INVERSION	EUR	US\$	\$
Cogeneración			
Inversión: Model - 570 kWel			
Planificación	20.000	27.273	15.000.000
Materiales			
Fermentador (24 m)	152.000	207.273	114.000.000
Techo de Folio / fermentador /24 m)	37.000	50.455	27.750.000
Tecnología de sustrato (estiércol)	31.000	42.273	23.250.000
Conexión a gas, módulo de cogeneración	8.000	10.909	6.000.000
Tecnología de calefacción / contenedor de calefacción	25.000	34.091	18.750.000
Instalación eléctrica, control, tecnología de gas	36.000	49.091	27.000.000
Trabajo de tierra, drenaje, fundamentos	15.000	20.455	11.250.000
Módulo de cogeneración / contenedor de calefacción	450.000	613.636	337.500.000
Costos de montaje	29.000	39.545	21.750.000
Costos de Importación	20.000	27.273	15.000.000
Costos de Inversión Total	823.000	1.122.273	617.250.000

3.2 Ingresos operación y margen operativo

Tabla 10 Ingresos operación y margen operativo

	INGRESOS OPERACIÓN - MARGEN OPERATIVO		
	Planta 1 190 kWel	Planta 2.1 380 kWel	Planta 2.2 570 kWel
INVERSIÓN	335.250.000	504.750.000	617.250.000
INGRESOS (AHORRO) E. ELECTRICA	91.200.000	182.400.000	273.600.000
INGRESO (AHORRO) E. TERMICA	32.000.000	62.504.673	96.000.000
COSTO O & M	28.448.750	43.911.250	58.518.750
DEPRECIACION	30.525.000	47.475.000	58.725.000
MARGEN OPERATIVO	64.226.250	153.518.423	252.356.250