



Universidad de Salamanca
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Industrial

Plantas de producción de biogás

Norberto Redondo Melchor
Doctor Ingeniero Industrial

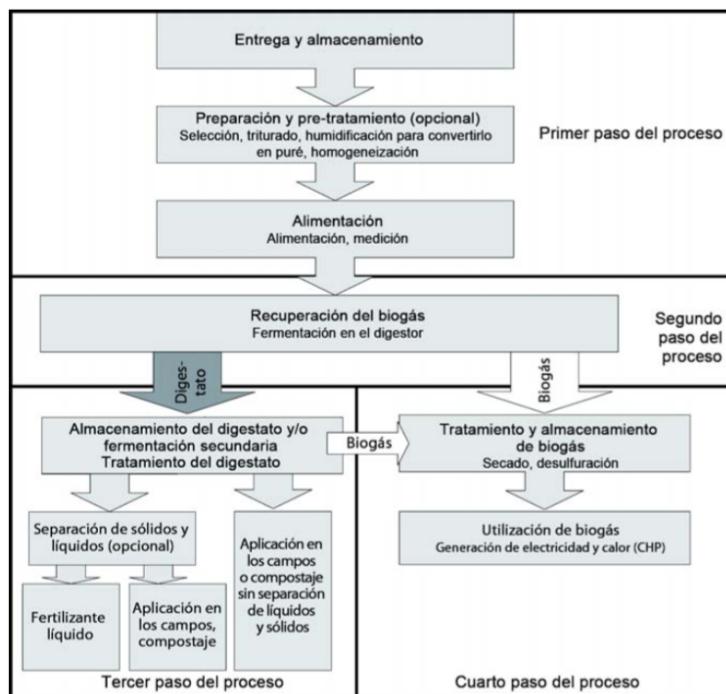
1

Contenidos

Producción de biogás
Prediseño de una planta de biogás

Producción de biogás

Proceso en la planta



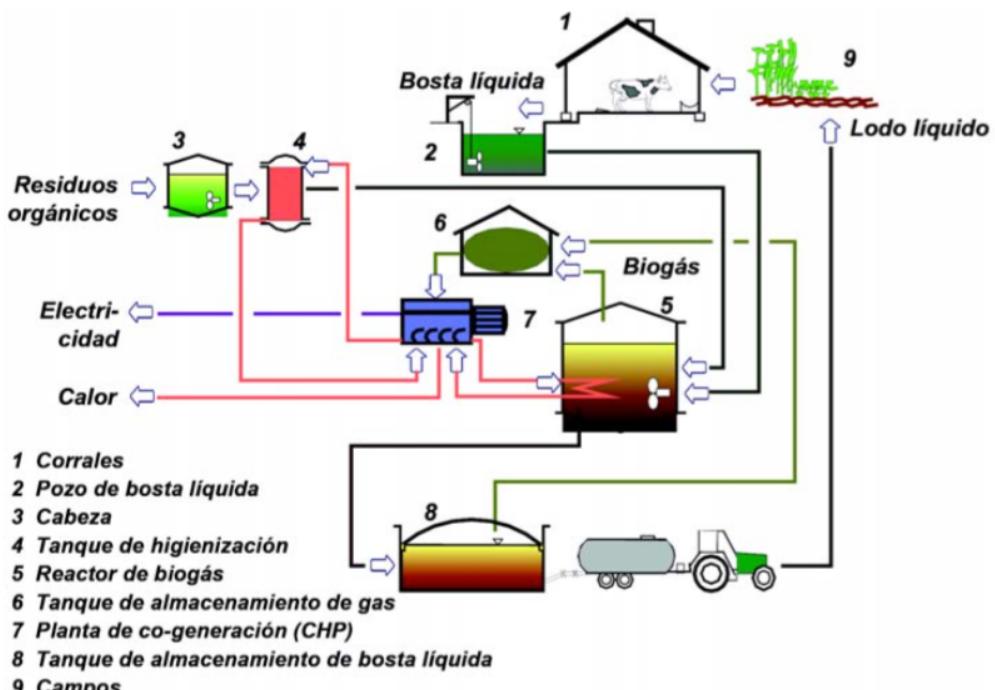
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, versión en español del "Leitfaden Biogas", 5^a ed. 2010.

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

3

Prediseño de una planta de biogás

Proceso completo



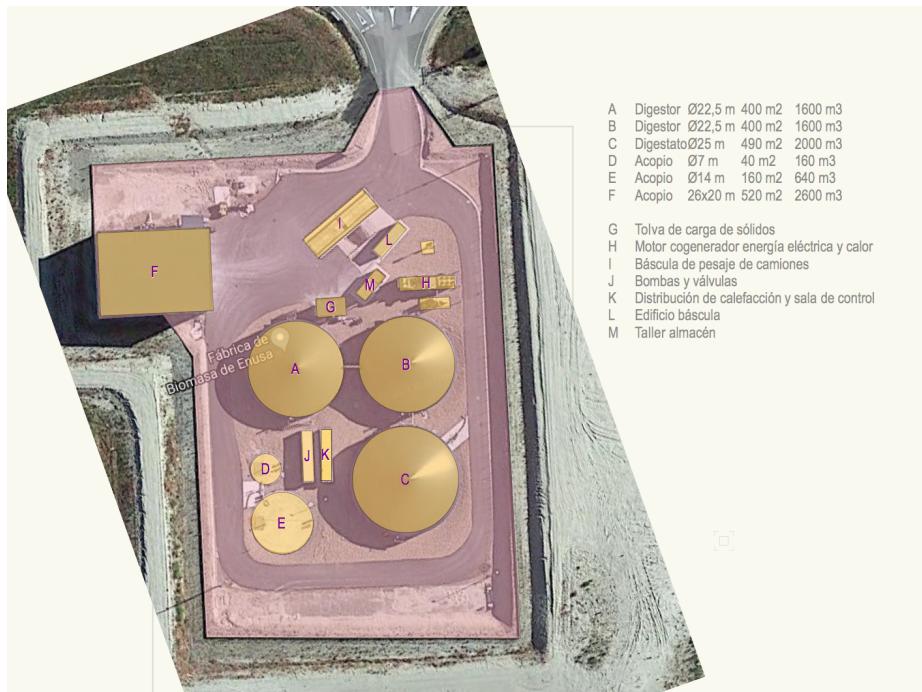
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, versión en español del "Leitfaden Biogas", 5^a ed. 2010.

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

4

Prediseño de una planta de biogás

Planta de ENUSA en Juzbado (Salamanca)



Elaboración propia

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

5

Prediseño de una planta de biogás

Tanques agitados

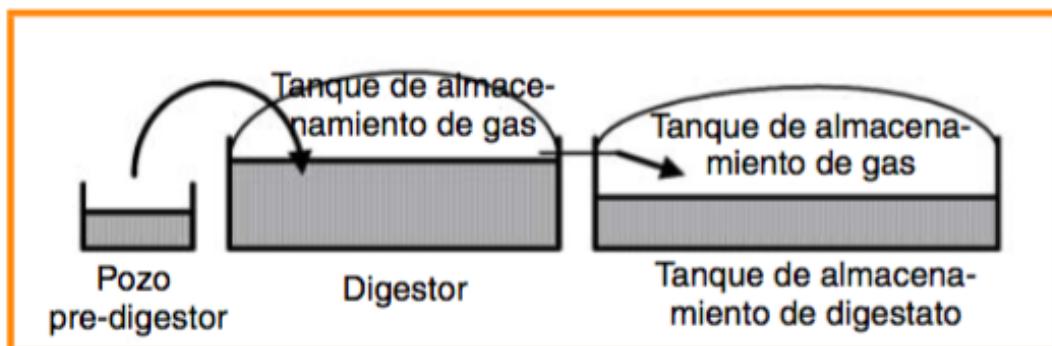
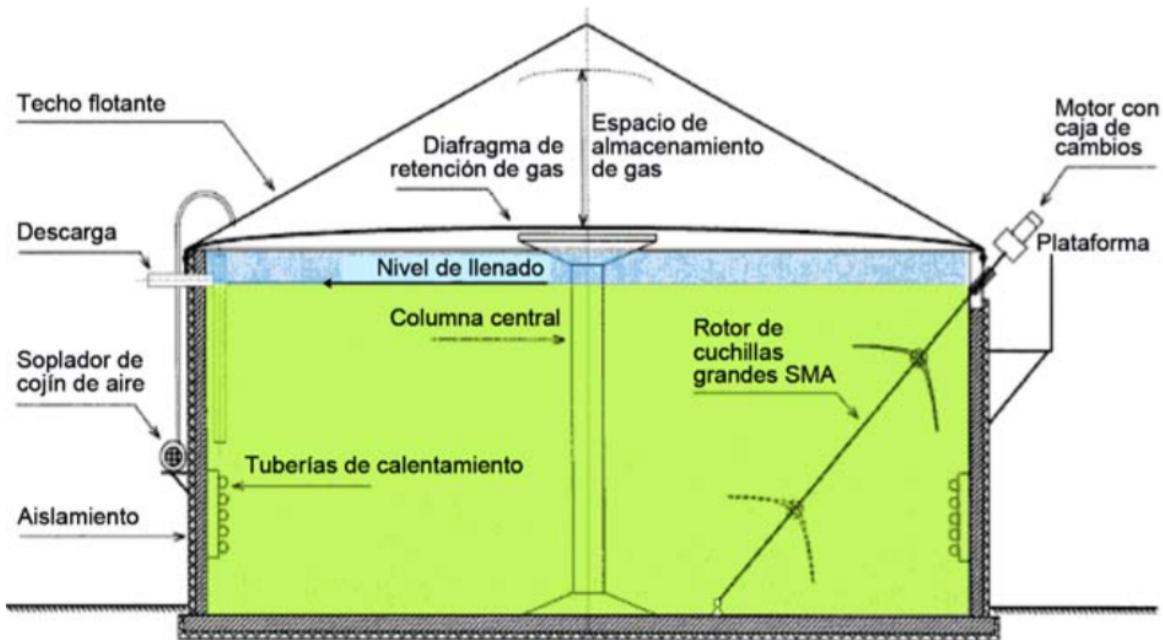


Figura 3.2: Esquema del proceso combinado de flujo continuo/tanque tampón

Prediseño de una planta de biogás

Digestor de tanque agitado típico



Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit , versión
en español del "Leitfaden Biogas", 5^a ed. 2010.

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

7

Prediseño de una planta de biogás

Parámetros de partida

PARÁMETROS DE PARTIDA

Producción de purines	18000 m ³ /año
Rendimiento aproximado	38 m ³ gas / m ³ purín
Tiempo de retención hidráulica TRH	60 días
Temperatura de proceso en digestores	42 °C

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

8

Prediseño de una planta de biogás

Parámetros de partida

Producción de gas

Producción de gas	
Proporción de metano por m3 de biogás C.N.	65 %
Producción de metano por m3 de purín	24,7 m3 CH4 (CN) / m3 purín
Metano obtenido	444 600 m3 CH4 (CN) /año
Poder calorífico inferior metano	9,94 kWh/m3 C.N.
Energía obtenida de la combustión	4 419 MWh/año

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

9

Prediseño de una planta de biogás

Parámetros de partida

Conversión termoeléctrica

Rendimiento conversión total	82 %	11/11
Rendimiento conversión eléctrica	37 %	5/11
Rendimiento conversión térmica	45 %	6/11
Horas de funcionamiento anuales	8760 h/año	

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

10

Prediseño de una planta de biogás

Resultados

Conversión termoeléctrica

Potencia eléctrica disponible para el motor	187	kW
Potencia nominal eléctrica del motor	185	kW
(1) Demanda de potencia eléctrica de la planta	51,5	kW
Potencia neta eléctrica disp. para la granja	133,5	kW
Potencia térmica disponible para el motor	227	kW
Potencia nominal térmica del motor	225	kW
(2) Demanda de potencia térmica para prod. biogás	120	kW
Resto de potencia neta térmica disp. para la granja	105	kW

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

11

Prediseño de una planta de biogás

Resultados

Producción de energía

Eléctrica bruta	1620,6	MWh/año
Reinvertida en la planta	451,1	MWh/año
Proporción de en. el. reinvertida en planta	27,8	%
Producción eléctrica para la granja	1169,5	MWh/año
Coste del kWh eléctrico	0,14	€/kWh
Ingresos anuales por energía eléctrica	163 723	€/año

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

12

Prediseño de una planta de biogás

Resultados

Producción de energía

Térmica bruta	1971,0	MWh/año
Reinvertida en la planta	1049,4	MWh/año
Proporción de calor reinvertido en planta	53,2 %	
Producción térmica neta	921,6	MWh/año
(3) Coste del kWh térmico	0,017	€/kWh
Ingresos anuales por energía térmica	15 891	€/año
Ingresos totales	179 614	€/año

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

13

Prediseño de una planta de biogás

Resultados

Costes

Inversión inicial evitada	-170 000	€
Inversión inicial a efectuar	800 000	€
Mantenimiento anual	20 000	€/año
Totales	655 000	€/año

Amortización

Recuperación de la inversión inicial	3,5	años
Amortización total	3,9	años

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

14

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

(3) ENERGÍA TÉRMICA

Precio de la astilla biomasa G30 seca	85	€/tonelada
Rendimiento de calderas de astilla tipo	85 %	
Poder calorífico inferior de la astilla	4,19	kWh/kg
Coste del kWh térmico	0,017	€/kWh

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

15

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

(1) POTENCIA ELÉCTRICA ABSORBIDA POR LA PLANTA

		ud	kW/ud	h/día
Recepción y homogeneización				
Agitadores	1	3	24	
Trampilla	1	0,2	0,1	
Depósito de materia orgánica				
Bomba inyección	1	5	20	
Digestores				
Agitadores de hélice	6	3	24	
Palas	2	3	24	
Digestato				
Agitadores de hélice	3	3	24	
Palas	1	3	24	
Trasiegos				
Bomba principal de trasiego	1	10	20	
Total	Energía total diaria	1236	kWh/día	
	Potencia media equivalente	51,5	kW	

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

16

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

TAMAÑO DE LOS DEPÓSITOS DE LA PLANTA

Recepción y homogeneización		
Tiempo de residencia	5	días
Volumen teórico necesario	247	m ³
Altura de almacenamiento	4	m
Diámetro interior útil	8,9	m
Margen superior	1	m
Superficie de pared interior	139,2	m ²

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

17

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

TAMAÑO DE LOS DEPÓSITOS DE LA PLANTA

Depósito de materia orgánica		
Densidad de la materia orgánica	500	kg/m ³
Cantidad a almacenar	2000	toneladas
Volumen teórico necesario	4000	m ³

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

18

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

TAMAÑO DE LOS DEPÓSITOS DE LA PLANTA

Digestores		
Número de digestores idénticos	2	ud
Tiempo de residencia	60	días
Volumen teórico necesario	2959	m ³
Altura de almacenamiento	4	m
Diámetro interior útil	22	m
Margen superior	1	m
Superficie de pared interior	345,6	m ²
Altura de la bóveda h	2	m

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

19

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

(2) POTENCIA TÉRMICA ABSORBIDA POR LA PLANTA

Digestores		
Temperatura entrada purines	13	°C
Temperatura de proceso en digestores	42	°C
Flujo diario de proceso de purines	49,3	m ³ /día
Horas para trasegarlo completamente	20	h/día
Flujo teórico de trasiego	2466	L/h
Potencia de calefacción para atemperado	69	kW
(4) Potencia de calefacción por pérdidas	46	kW
Pérdidas adicionales	10	%
Potencia de calefacción necesaria	120	kW
Energía térmica consumida	2598	kWh/día

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

20

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

TAMAÑO DE LOS DEPÓSITOS DE LA PLANTA

Digestato	
Número de depósitos idénticos	1 ud
Tiempo de residencia	10 días
Volumen teórico necesario	493 m ³
Altura de almacenamiento	4 m
Diámetro interior útil	12,5 m
Margen superior	1 m
Superficie de pared interior	196,8 m ²

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

21

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

(4) PÉRDIDAS POR AISLAMIENTO EN DIGESTORES

(5)	Coeficiente U de transmisión suelo	0,40	W/(m ² ºC)
	Coeficiente U de transmisión paredes	0,46	W/(m ² ºC)
	Coeficiente U de transmisión techo	0,6	W/(m ² ºC)
	Temperatura exterior	0	ºC
	Superficie suelo	380	m ² /digestor
	Superficie paredes	346	m ² /digestor
	Superficie techo	393	m ² /digestor
	Superficie total	1118	m ² /digestor
	Pérdidas totales por digestor	23	kW/digestor

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

22

Prediseño de una planta de biogás

Justificación de parámetros

(5) Coeficiente global de pérdidas térmicas del suelo (LIDER)

Nombre: Suelo

Composición del Cerramiento:
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,150	2,300	2400	1000	
2	EPS Poliestireno Expandido [0,037 W/[mK]]	0,080	0,038	30	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 12	0,100	0,550	1125	1000	
4						

Grupo Material: Morteros

Material: Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 12

0,100 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar U 0,40 W/[m²K]

© NRM 2018-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

23

Fin del bloque segundo