



Universidad de Salamanca
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Industrial

Plantas de producción de biogás

Norberto Redondo Melchor
Doctor Ingeniero Industrial

1

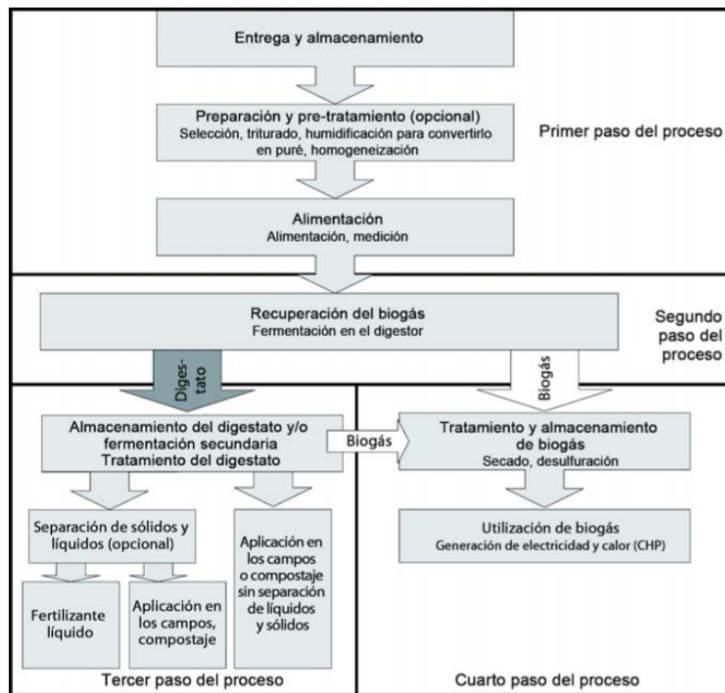
Contenidos

Producción de biogás

Prediseño de una planta de biogás

Producción de biogás

Proceso en la planta



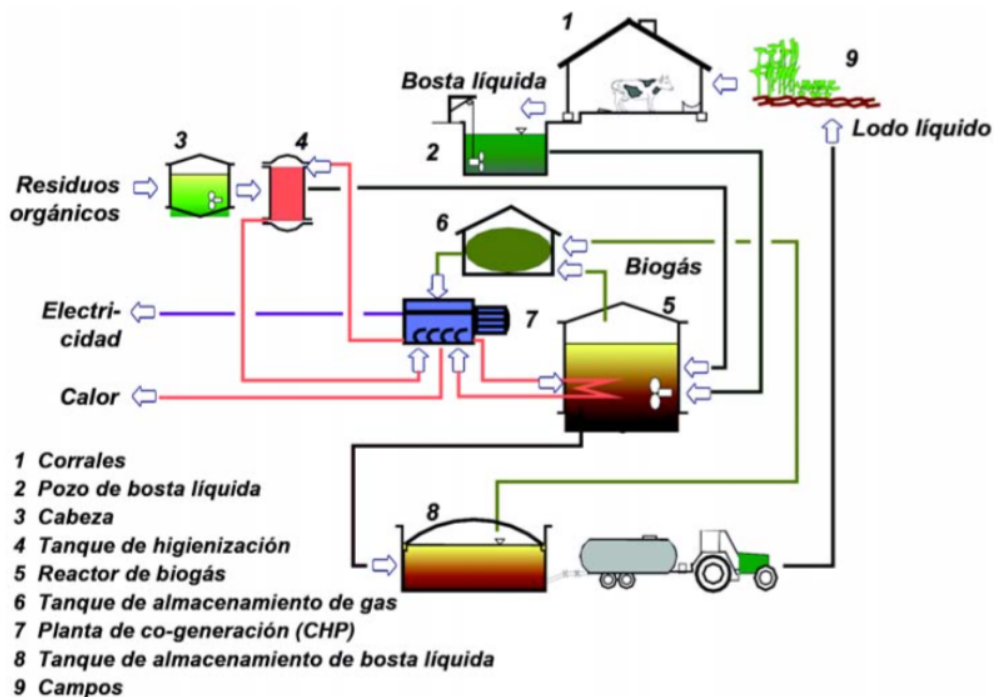
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, versión en español del "Leitfaden Biogas", 5ª ed. 2010.

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

3

Prediseño de una planta de biogás

Proceso completo



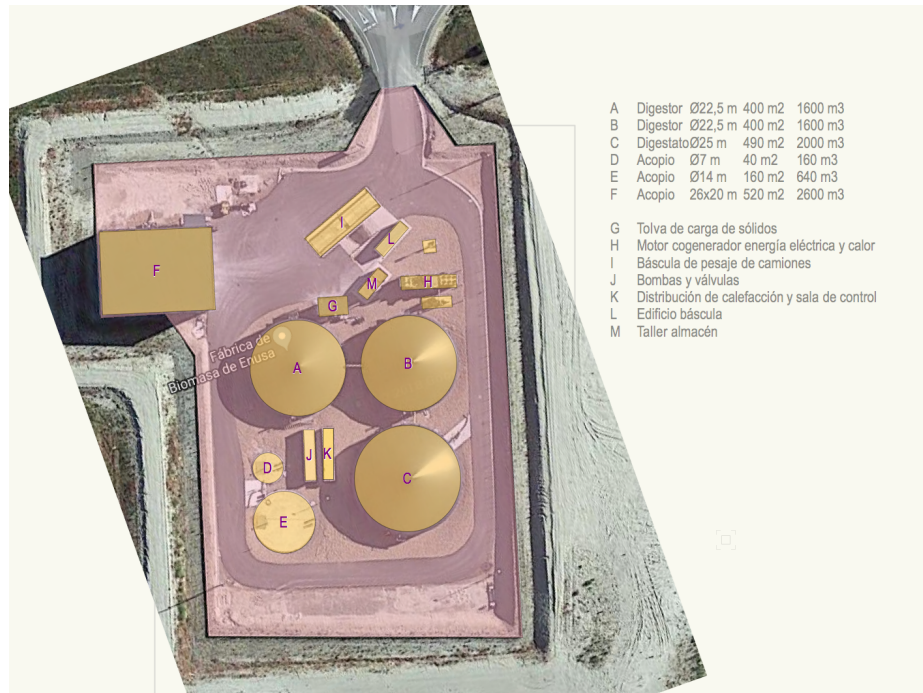
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, versión en español del "Leitfaden Biogas", 5ª ed. 2010.

© 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

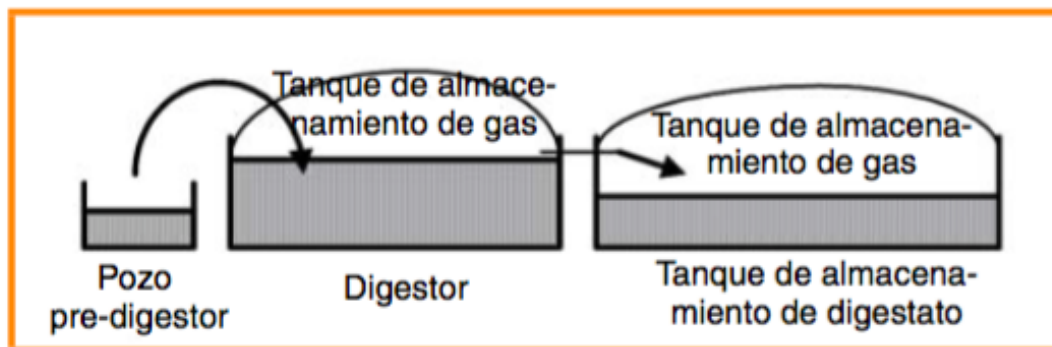
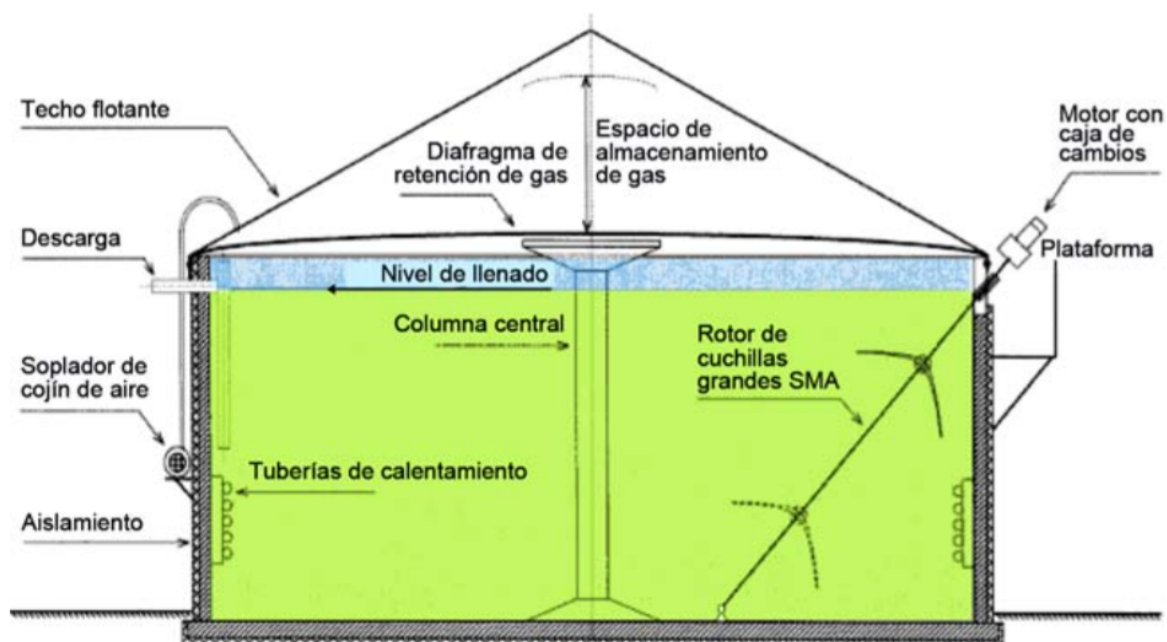


Figura 3.2: Esquema del proceso combinado de flujo continuo/tanque tampón

6

Prediseño de una planta de biogás

Digestor de tanque agitado típico



Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, versión en español del "Leitfaden Biogas", 5ª 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	m3/año
Rendimiento aproximado	38	m3 gas / m3 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		
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

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

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 homogeinización			
	Tiempo de residencia	5	días
	Volumen teórico necesario	247	m3
	Altura de almacenamiento	4	m
	Diámetro interior útil	8,9	m
	Margen superior	1	m
	Superficie de pared interior	139,2	m2

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

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/m3
	Cantidad a almacenar	2000	toneladas
	Volumen teórico necesario	4000	m3

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

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 °C)
	Coeficiente U de transmisión paredes	0,46	W/(m ² °C)
	Coeficiente U de transmisión techo	0,6	W/(m ² °C)
	Temperatura exterior	0	°C
	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

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	0,100	0,550	1125	1000	
4						

Grupo Material

Material

Espesor (m)

U W/(m²K)

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

23

Fin del bloque segundo