



MÉXICO-ALEMANIA
DIÁLOGOS POR UN FUTURO SUSTENTABLE | ENERGÍA DE RESIDUOS

FORO INTERNACIONAL 2015
**VALORIZACIÓN ENERGÉTICA
DE RESIDUOS URBANOS**
Experiencias y estrategias globales

México, D.F. 8 de octubre del 2015

**Biodigestión de residuos sólidos urbanos y
de aguas residuales municipales**

**Carsten Linnenberg
Gerente - AD Solutions UG**

MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



Embajada
de la República Federal de Alemania
Ciudad de México



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

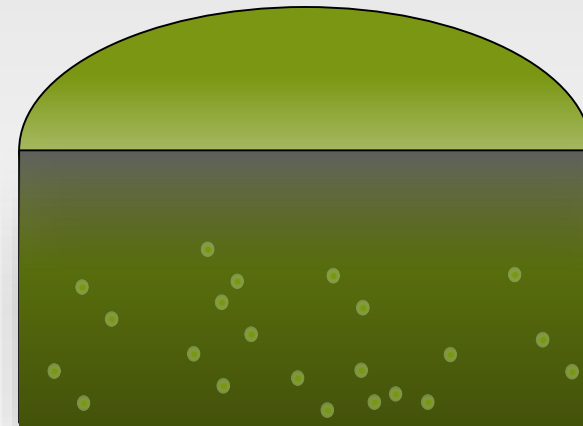
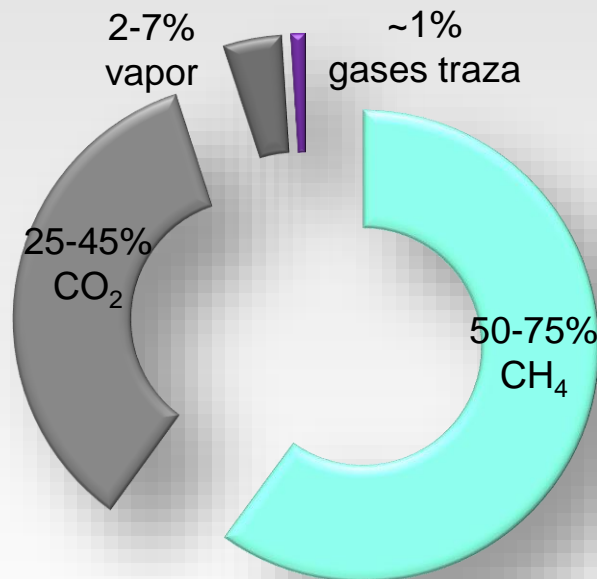


Contenido de la presentación

- Bases de la digestión anaeróbica
- Informaciones necesarias de los sustratos
- Informaciones necesarias del digestado
- Producción de energía
- Energía a partir de residuos sólidos urbanos
- Energía a partir de aguas residuales municipales
- Utilización del biogás para la generación de energía eléctrica
- Conclusiones

Bases de la digestión anaeróbica

- El tratamiento anaerobico es un proceso de la degradación biológica incompleta, las bacterias degradan la materia orgánica y en el resultado liberan biogás
- Biogás contiene gas metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), gas metano es la fuente de energía dentro del biogás.



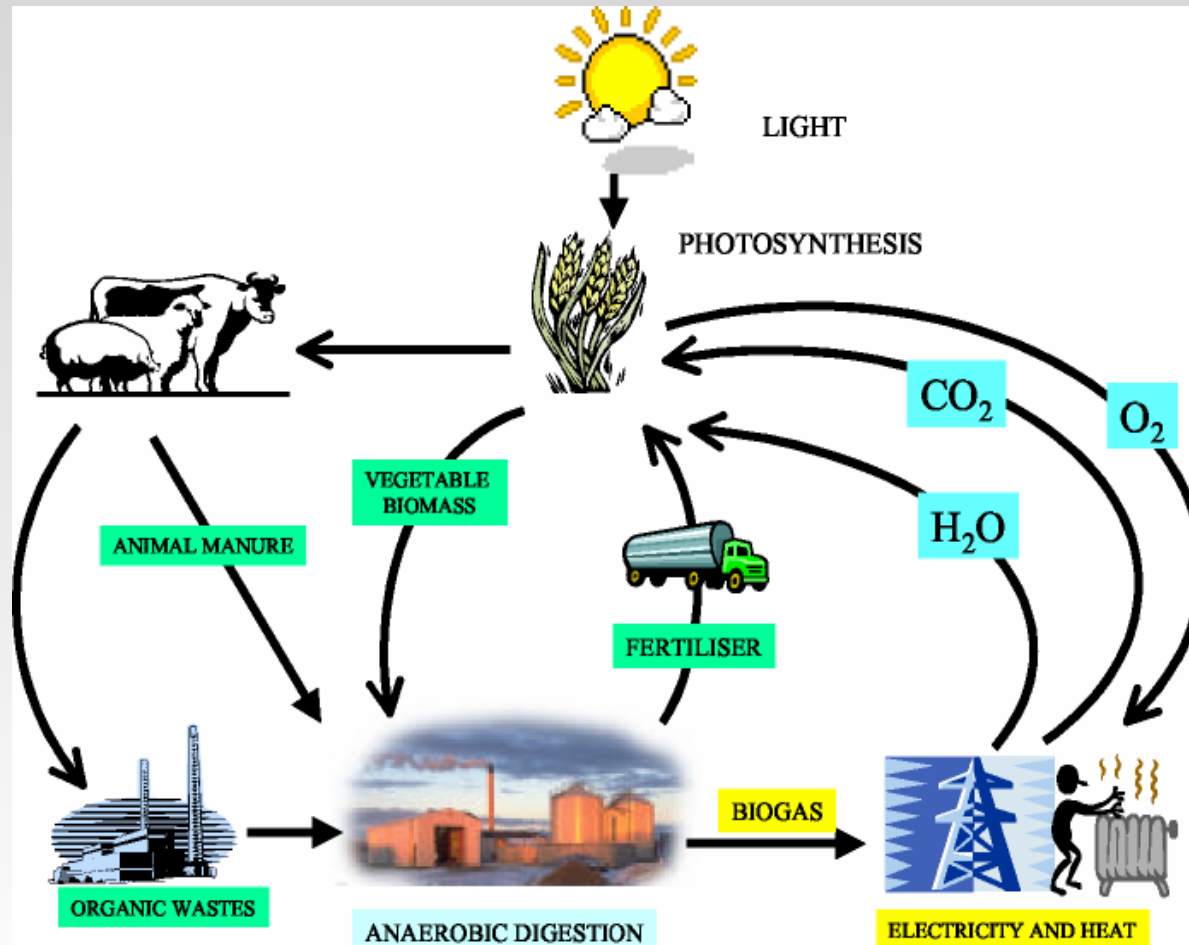


Bases de la digestión anaeróbica

- El impacto del metano afecta mucho más hacia el calentamiento global que el gas CO₂, 1kg de CH₄ liberado calienta la tierra durante los próximas 100 años 25 veces más que 1kg de CO₂
- 1m³ biogás ≈ 1-3 Kg madera o 0,5 L petróleo (diesel) ≈ 6 kWh
- El proceso anaerobico puede ocurrir en cualquier situación con concentraciones elevadas de la materia orgánica y falta de oxígeno, ej. pozos sépticos, red, lagunas, pantanos naturales (también artificiales sobrecargados), depósitos de basura



Bases de la digestión anaeróbica





Bases de la digestión anaeróbica

Modelo de 4 pasos para la fermentación anaeróbica

La hidrólisis

Las sustancias sólidas se descomponen en unidades solubles en agua

La acidogénesis

Las sustancias disueltas se transforman en ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos, dióxido de carbono e hidrógeno.

La acetogénesis

Los productos de la fase acidogénica se transforman en ácido acético

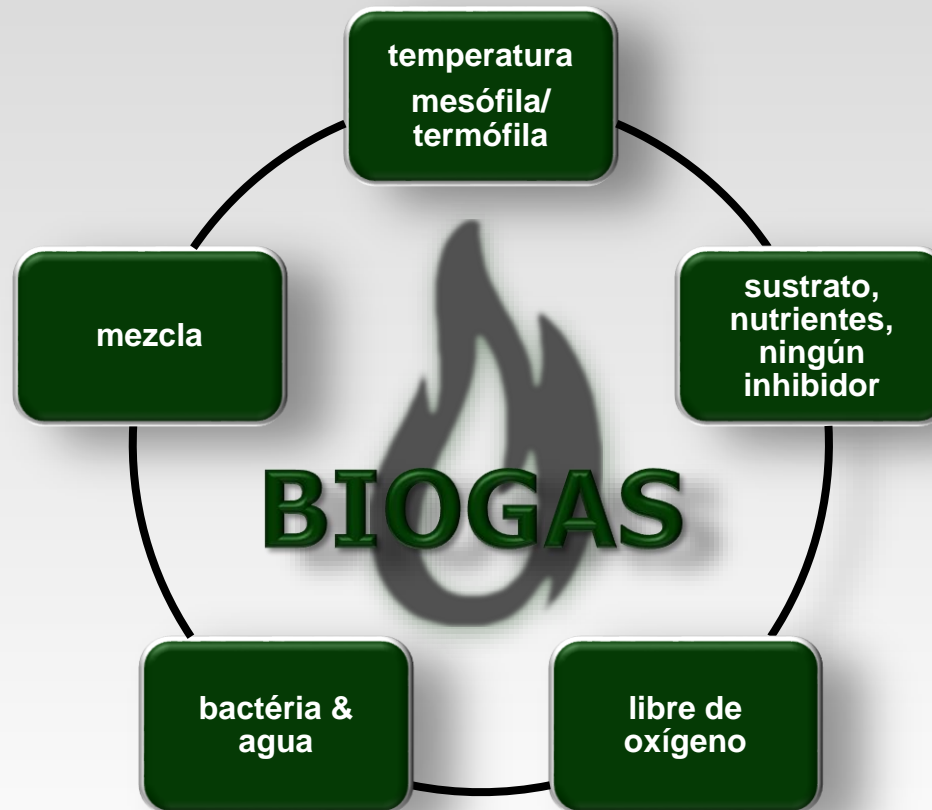
La metanogénesis

El ácido acético se transforma en metano y dióxido de carbono



Bases de la digestión anaeróbica

Condiciones necesarias



Bases de la digestión anaeróbica

Parámetros de medición en el proceso anaerobico

Sustratos

- Materia seca
- Sólidos volátiles
- Nitrógeno

Proceso anaerobico

- Cantidad de sustrato alimentado
- Cantidad de biogás
- Calidad de biogás (concentración de H₂S, Metano)
- Temperatura
- pH
- FOS/TAC – ácidos volátiles
- Concentración de Amonio - NH₄





Informaciones necesarias de los sustratos

- disponibilidad homogénea de sustratos a largo plazo en relación a la calidad y cantidad
- composición y el monto diario de sustratos
- digestibilidad / productividad
- costos del sustrato
- relación carbon / nitrógeno (C/N)
- humedad
- impurezas inorgánicas
- logística para recolectar el sustrato / costos de transporte



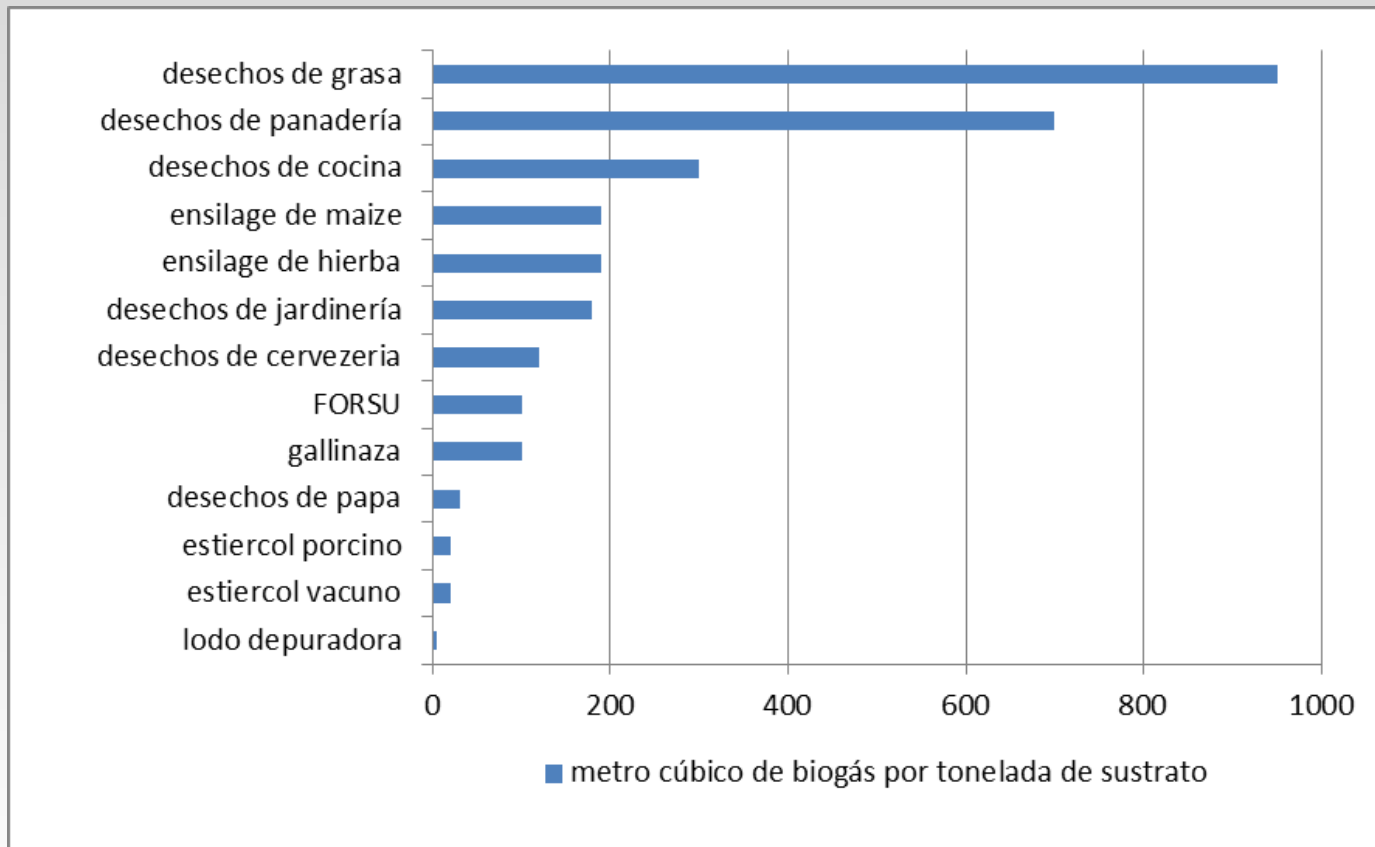
Informaciones necesarias del digestado

- aplicación del digestado en campos agrícolas (permisos/calidad/cantidad)
- demanda de un fertilizante lodoso y mezclado
- aceptación del fertilizante lodoso y/o semiseco
- logística para la aplicación del fertilizante/digestado
- composición del digestado



Producción de energía

Potencial de producción de biogás de sustratos seleccionados





Producción de energía

Números estimados

1 ha maíz = approx. 50 t = 18 – 20,000 kWhel./a

1 ha paja = approx. 25 t = 7 – 10,000 kWhel./a

1 vaca (estiercol vacuno) = 1,000 kWhel./a

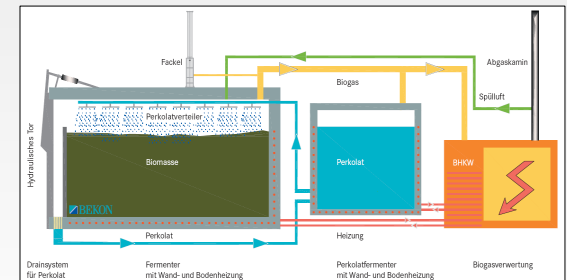
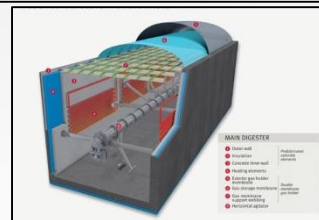
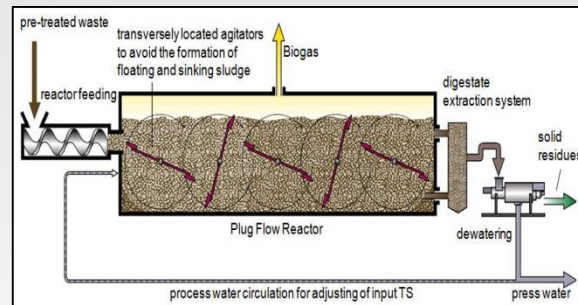
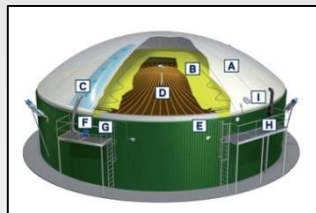
1 persona (aguas residuales) = 11 - 13 kWhel./a

1 persona (residuos sólidos orgánicos) = 20 – 30 kWhel./a



Energía a partir de residuos sólidos urbanos

Digestión húmeda Reactor de mezcla completa	Digestión continua seca Reactor de tipo flujo pistón	Digestión seca batch Sistema de garaje
<15% MS	15 – 30% MS	>30% MS
Termófila	Termófila	Termófila
Mesófila	Mesófila	Mesófila



según Fachverband Biogas

Energía a partir de residuos sólidos urbanos

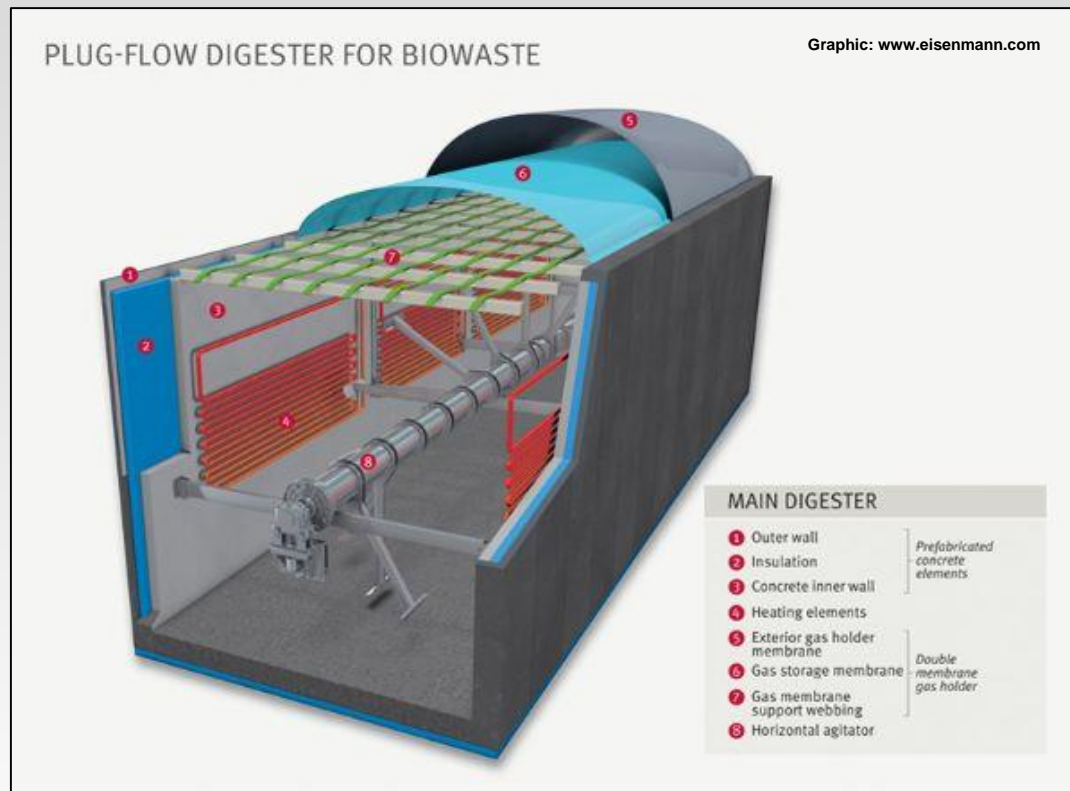
Digestión continua húmeda





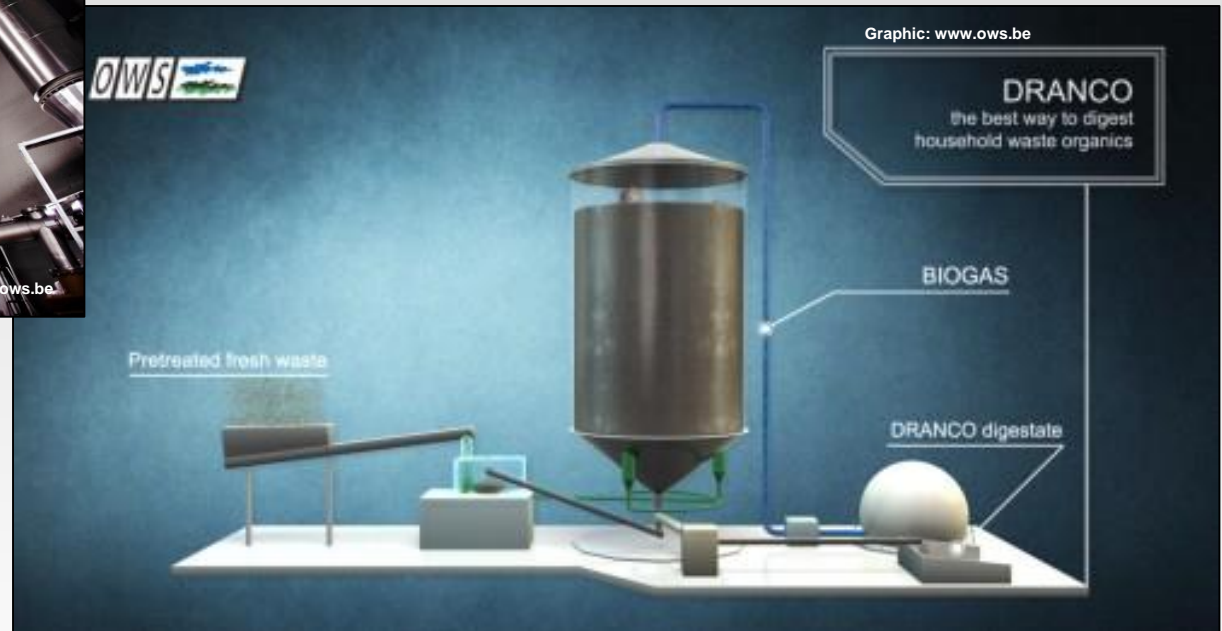
Energía a partir de residuos sólidos urbanos

Digestión continua seca



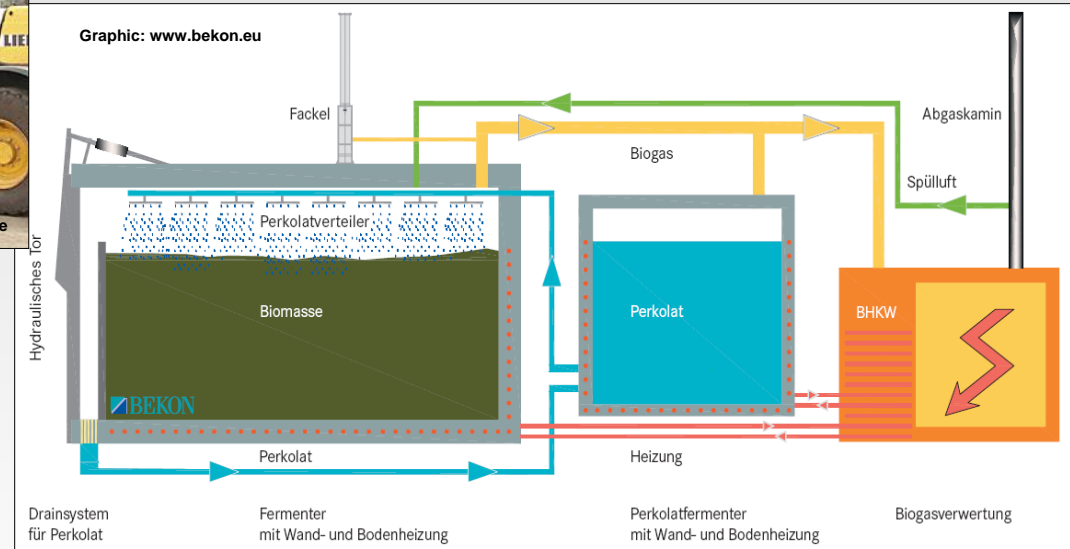
Energía a partir de residuos sólidos urbanos

Digestión continua seca



Energía a partir de residuos sólidos urbanos

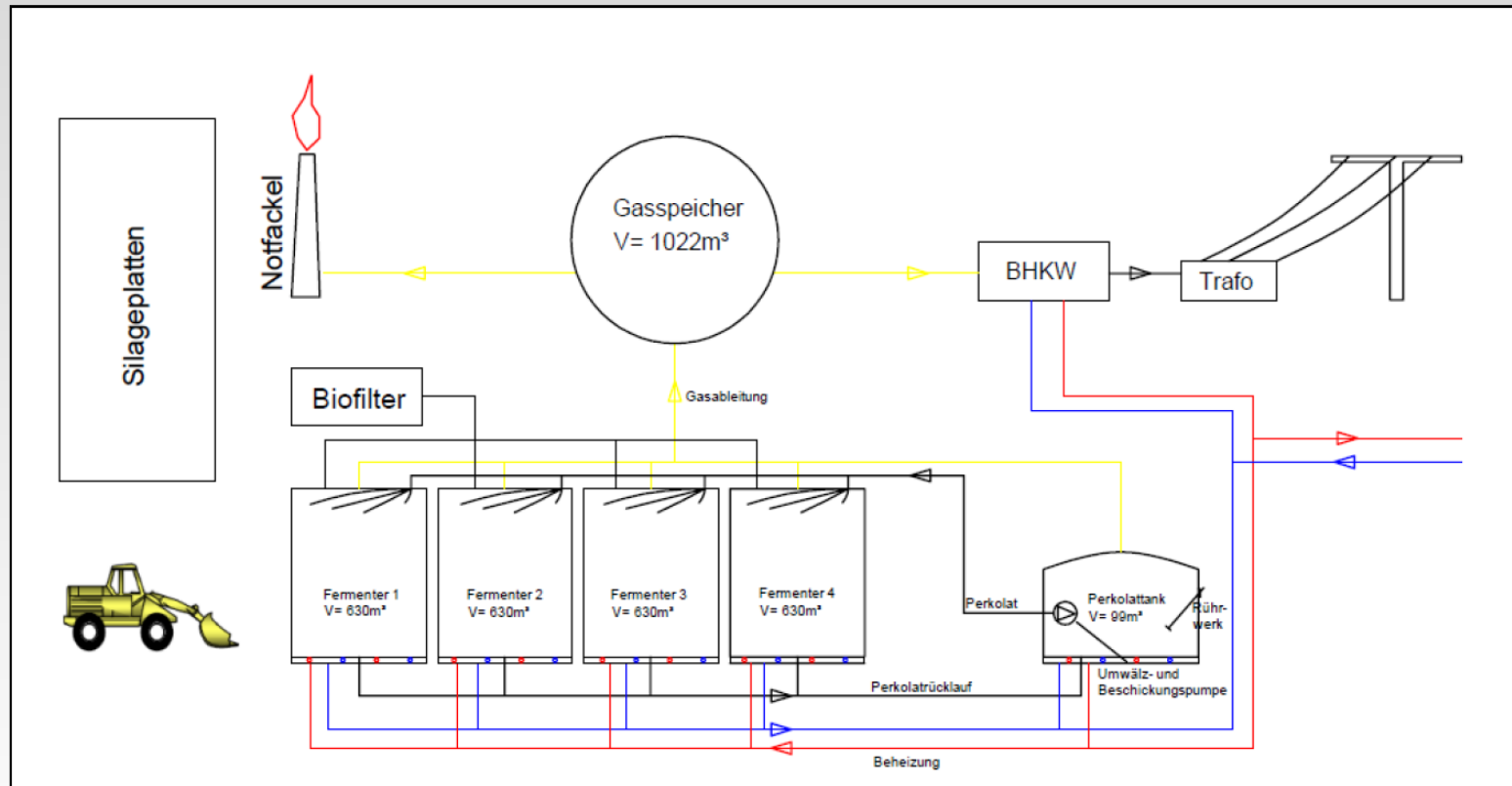
Digestión seca batch





Energía a partir de residuos sólidos urbanos

Digestión seca batch





Energía a partir de residuos sólidos urbanos

Planta de biogás Atlacomulco





Energía a partir de residuos sólidos urbanos



Photo: Sandec

Planta piloto digestión seca batch al KNUST, Kumasi, Ghana

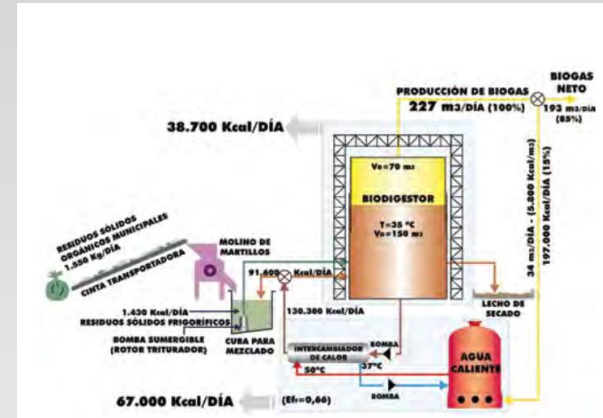


Photo: Eduardo S. Gropelli

Planta de tratamiento de residuos urbanos en Gobernador Crespo, Argentina



Energía a partir de residuos sólidos urbanos

Contenido de energía

Aprovechamiento eléctrico del biogás producido por el tratamiento anaeróbico de residuos urbanos

- Producción de biogás: 50 – 150 m³ por tonelada
- Depende de la composición de residuos y de la tecnología aplicada para el tratamiento
- Producción estimada de energía a través del tratamiento anaeróbico por una ciudad de 100.000 habitantes
 - energía eléctrica: 3.000 – 9.000 kWh/d bruto
2.000 – 6.500 kWh/d neto
 - energía térmica: 3.300 – 10.000 kWh/d bruto
2.500 – 8.000 kWh/d neto



Energía a partir de aguas residuales municipales





Energía a partir de aguas residuales municipales

Digestores de lodo - estabilización anaeróbica del lodo

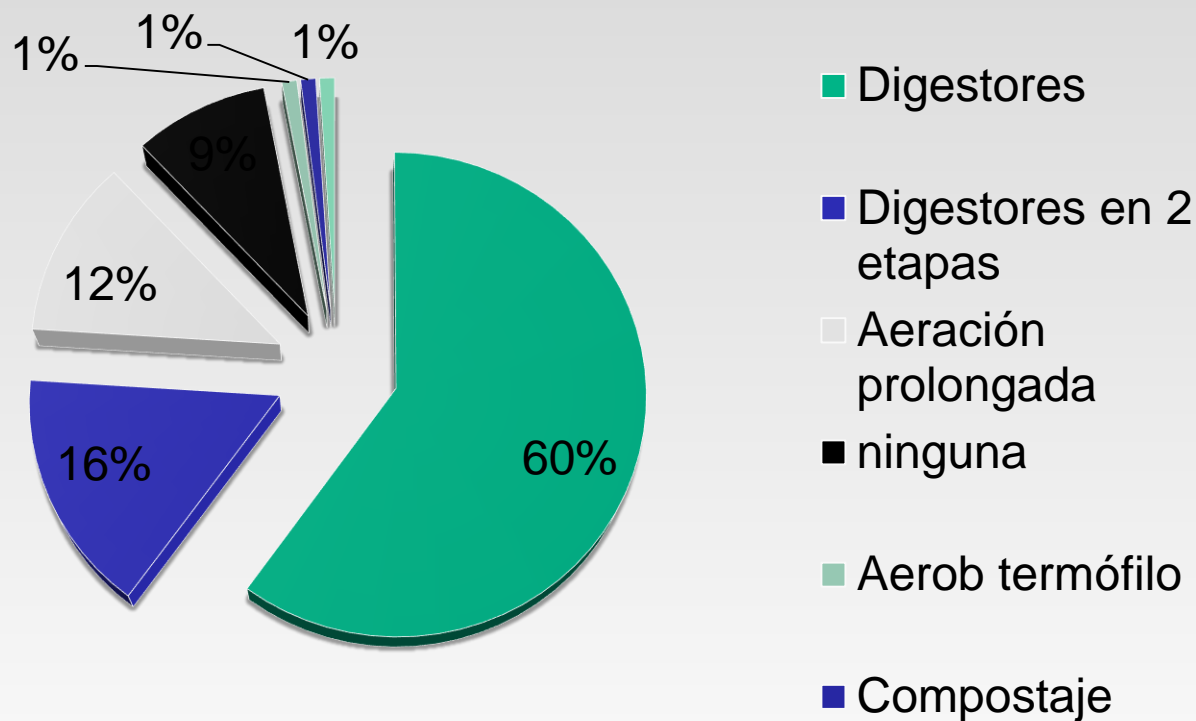




Energía a partir de aguas residuales municipales

Tecnologías de estabilización del lodo en Alemania

(en relación a los habitantes atendidos)

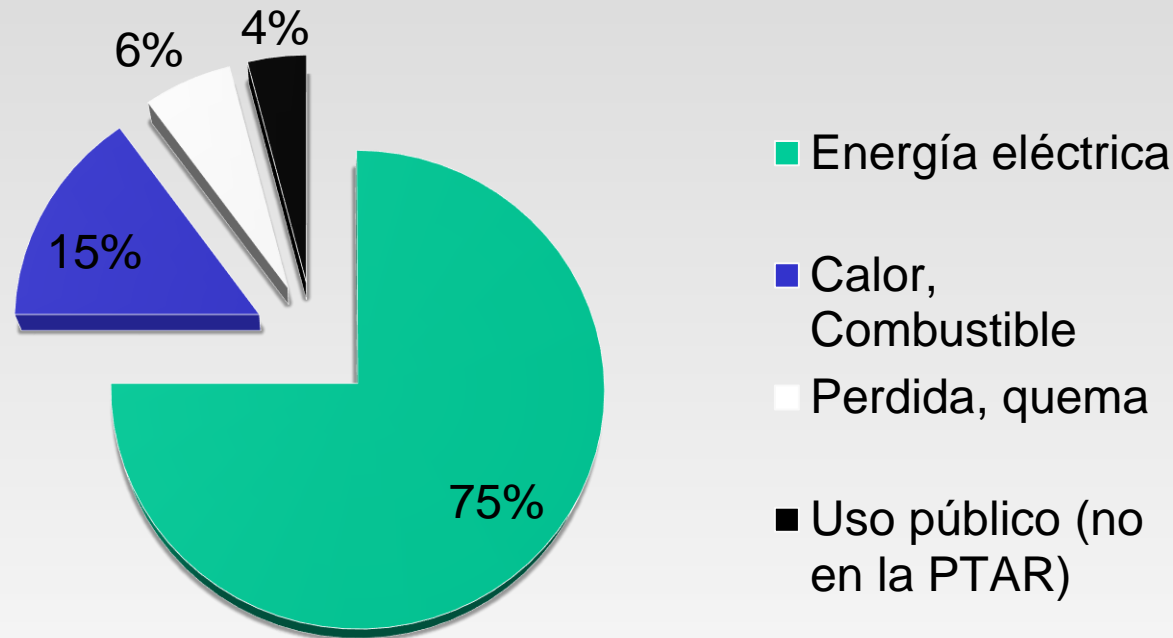


(DWA 2003)



Energía a partir de aguas residuales municipales

Como se utiliza el biogás en Alemania



(StBA 2009)



Energía a partir de aguas residuales municipales

Contenido de energía

- Contenido teórico de energía calculado por la carga orgánica (DQO)
 - 120 g DQO/hab/día = 43,8 kg DQO/hab/año \approx 60 kWhel./hab/año
- Producción de la energía por tipo de tratamiento:

Edad de lodo	Eficiencia de pre-tratamiento	Biogas total	Energía Biogás	Energía eléctrica
días	% DQO	l/hab/día	kWh/hab/a	
8	40	20,7	49,1	17,7
15	40	18,3	43,4	15,6
15	20	13,2	31,3	11,3
25	-	4,4	10,4	3,8



Energía a partir de aguas residuales municipales

Contenido de energía

Aprovechamiento eléctrico del biogás producido por la estabilización del lodo

- Actual
 - Producción eléctrica: $\approx 11,5$ kWh/hab/año
- Potencial
- Depende de la tecnología de la utilización de biogás y del sistema del tratamiento de las aguas residuales
- Potencial de todas las PTAR en Alemania > 10.000 habitantes
 - Producción eléctrica: $\approx 21,2$ kWh/hab/año
- Economía debe ser analizado caso por caso

Fuente: Schröder 2008

Energía a partir de aguas residuales municipales

Lagunas anaeróbicas – tratamiento más usado en América Latina



**Laguna anaerobia sin tapa
Florianópolis -Potecas (Brasil)
Lima-Ventanilla (Perú)**

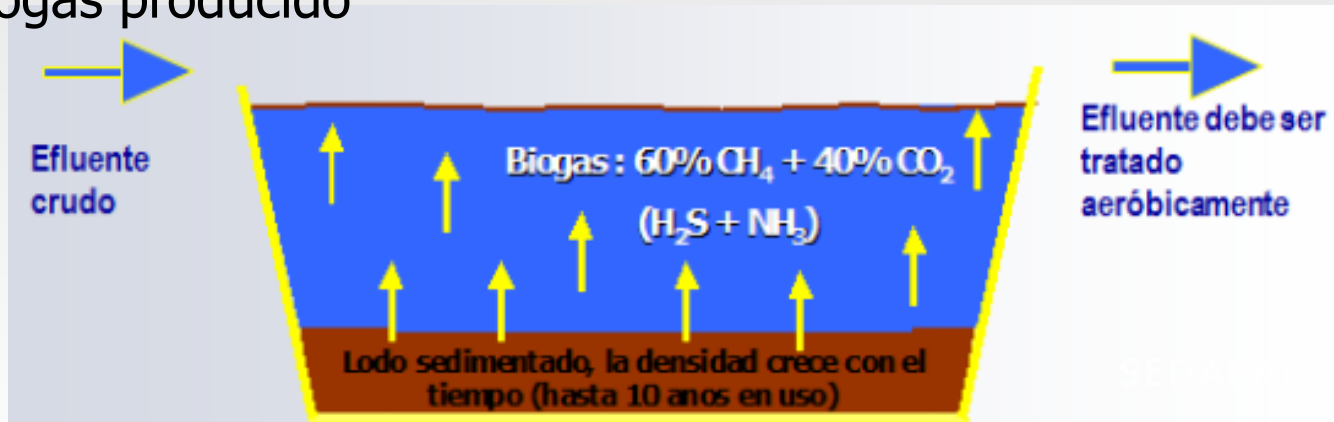
**Arriba: Pretratamiento mecánico
para sacar la basura es necesaria
(Ventanilla)**



Energía a partir de aguas residuales municipales

Lagunas anaeróbicas – tratamiento más usado en América Latina

- Sistemas “naturales”, actividades biológicas relativamente bajas – carga baja, áreas grandes – 1 – 2 kg DQO/m³/d
- Principio: Los sólidos sedimentan y ocurre degradación anaeróbica
- Profundidad ≈ 3 – 4 m
- Es liberado el biogás junto con H₂S que provoca malos olores
- La laguna anaeróbica debería ser cubierta con una membrana para usar el biogás producido





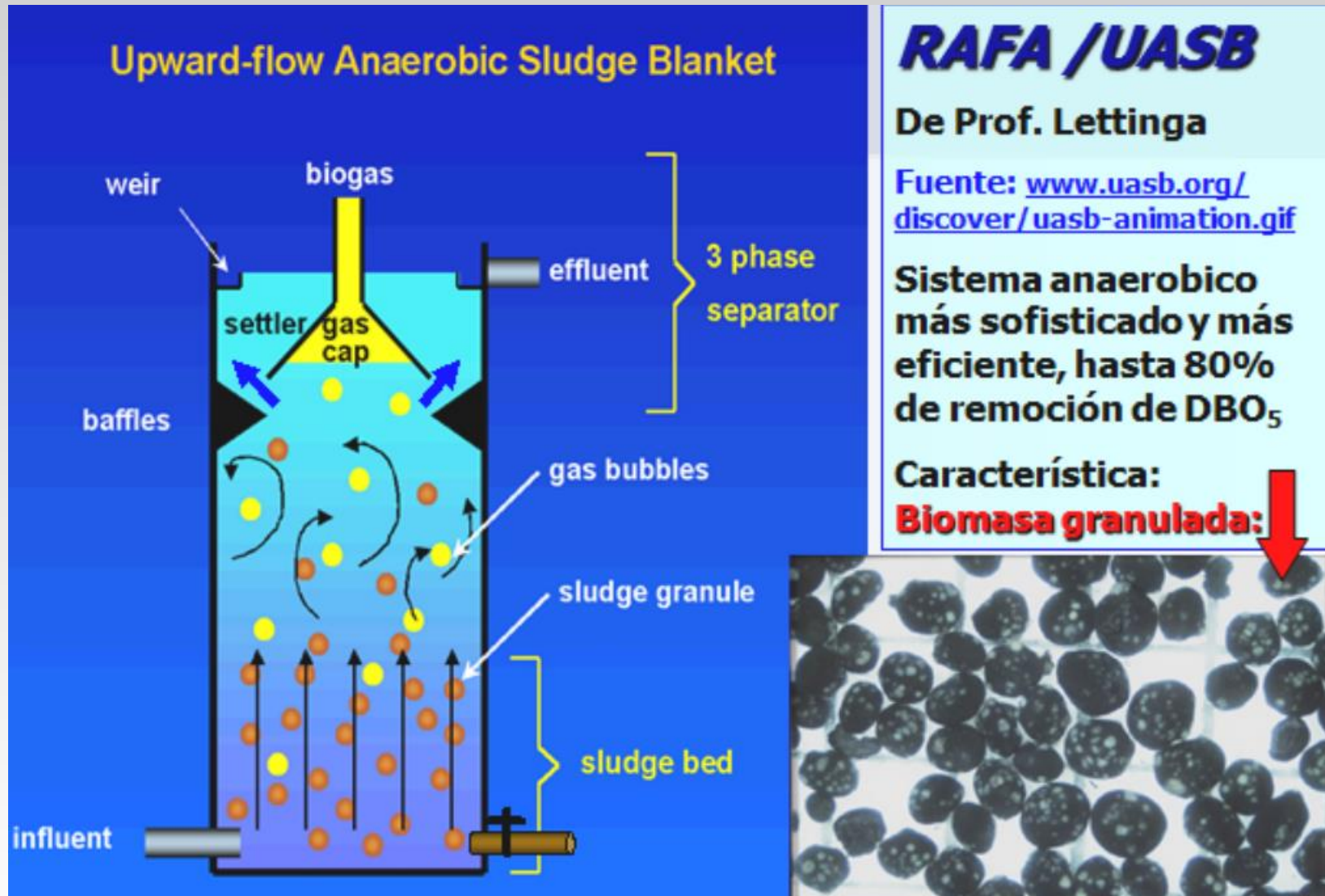
Lima Carapongo:
laguna anaeróbica
totalmente cubierta



Energía a partir de aguas residuales municipales

Reactor anaeróbico UASB/RAFA

- Los efluentes pasan de abajo hacia arriba, el contacto entre lodo (bacterias) y el efluente es óptimo
- Los reactores mantienen una alta concentración de biomasa, que resulta en un tiempo muy elevado de retención de sólidos y pueden operar con tiempos cortos de retención hidráulica y con cargas orgánicas altas (2-24 kg DQO/m³/d)
- Resulta un reactor relativamente pequeño con procesos biológicos intensivos
- UASBs pueden ser utilizados por desagües convencionales, aguas negras y efluentes industriales



Energía a partir de aguas residuales municipales

Reactor anaeróbico RAFA de la Universidad de Ingeniería (Lima)

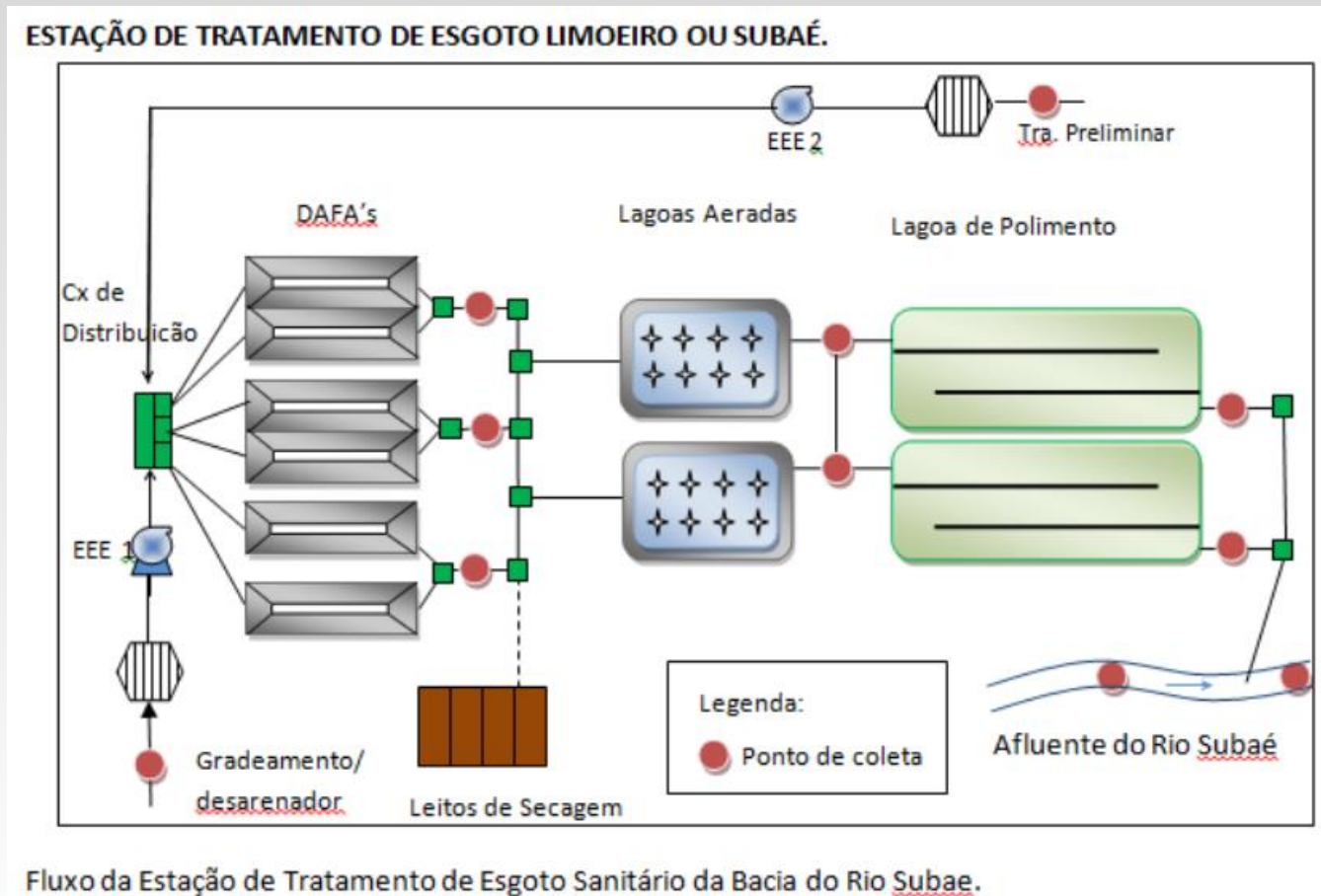


Pre-tratamiento, después lagunas facultativas,
eficiencia total: 99% DBO5 y 100 % Parásitos



Energía a partir de aguas residuales municipales

Ejemplo de un proyecto en Brasil





Energía a partir de aguas residuales municipales

Ejemplo de un proyecto
 en Brasil –
 estimativa primaria

Avaliação do Potencial Energético	
Parâmetro	Valor Unidade
Dados EMBASA	
	SUBAÉ
Habitantes (estimativa hidraulica)	74.880
Habitantes (estimativa carga)	91.898
Vazão reportada média	130 l/s
Vazão	11.232 m³/d
DQO	900 mg/l
Carga	10.109 kg/d
Eficiência do Tratamento Anaeróbio	70%
Carga Eliminada	7.076 kg/d
Geração de Gás /equivalente	200 l/kg DQO eli
Geração de Gás	1.415 m³/d
Energia Disponível	8.491 kWh/d
Energia Disponível /m³	6 kWh/m³
Rendimento Elétrico do Motor	35%
Energia Elétrica Potencia	2.972 kWh/d
Duração em Hora Pico	3 h
Carga Caso Utilizando em Hora Pico	991 kW
Carga Caso Utilizado Permanente	124 kW
Dados COELBA	
Carga NP	320 kW
Consumo médio atual	125.506 kWh/mes
Calculos	
Potencial produção	89.160 kWh/mes
Produção própria	71%
Consumo específico	16,4 kWh/hab,a
Produção específica	11,6 kWh/hab,a



Utilización del biogás para la generación de energía eléctrica

- Generación continua
 - Almacenamiento y tratamiento del biogás es necesario
 - Utilización continua de la energía eléctrica p.e. enganche a la red o en la PTAR
 - Energía térmica puede ser utilizado p.e. para el proceso del secado del lodo
- Generación para horario de pico
 - Economía depende de las condiciones locales
 - Almacenamiento y tratamiento del biogás es necesario
 - Almacenamiento debe ser mucho más grande
 - Utilización de la energía eléctrica durante las horas picos
 - Generador debe ser mucho más grande y es una carga más alto para el motor
 - Energía térmica puede ser utilizado p.e. para el proceso del secado del lodo



Conclusiones

- Existen grandes potenciales para la producción de biogás así como para la reducción de emisiones en el caso de tratamiento anaeróbico de residuos urbanos y de aguas residuales
- Por una instalación exitosa de una planta de biogás se tiene que definir bien las condiciones de los sustratos así como del digestado.
- Posible solución de un problema ecológico
- Posible reducción de costos de energía
- La utilización de la energía depende de las condiciones locales



Gracias por su atención