

Curso de especialización para docentes de Liceos Agrícolas

Gestión Medio Ambiental - Energías Renovables – Tratamiento de Residuos

UTEC GmbH

Cuxhavener Straße 10

D-28217 Bremen

Tel: +49-421-38678 34

Fax: +49-421-38780 88

www.utec-bremen.de

utec@utec-bremen.de

Presentación

- UTEC GmbH
- Biogás – una técnica reconocida –
- Referencias
- ERNC en Chile

UTEC GmbH es una empresa de Ingeniería dedicada desde 1980 al planeamiento, construcción, operación y monitoreo de proyectos energéticos a base de Fuentes Naturales Renovables.

Los campos específicos desarrollados por UTEC GmbH son:

- Gestión energética industrial y comunal,
- Energía Eólica,
- Biomasa,
- Biogás y
- Proceso de Compostaje.



Producción de Biogás

UTECH GmbH ha proyectado y construido en Alemania más de 20 plantas de Biogás. Estas plantas son utilizadas para el tratamiento anaeróbico de biomasa residual húmeda.



Utilización del Biogás

Las plantas están equipadas con motores de cogeneración para la producción de energía eléctrica y térmica.



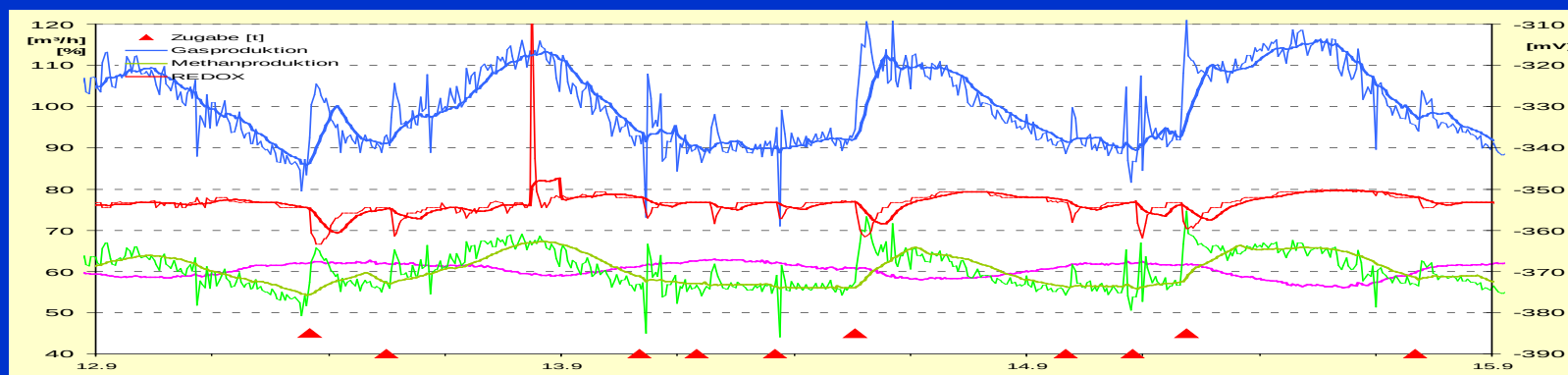
Abono orgánico

En el proceso de fermentación que se lleva a cabo en el biodigestor se genera un producto final (Efluente) que conserva todos los nutrientes originales (N, P, K) contenidos en la materia prima, esto lo convierte en un valioso abono orgánico.



Monitoreo de la Operación

UTEC GmbH implementa en la construcción de sus Plantas de Biogás un moderno sistema de Visualización y Proceso de Mando que permite vía modem, en la Etapa de Operación, el control del proceso biológico.



Ecología y Rentabilidad

En nuestros Conceptos, Estudios y Peritajes ponemos especial énfasis en la realización de proyectos que se ajusten a un marco económico y de rentabilidad.

La factibilidad técnica, la protección del Medio Ambiente así como las ventajas económicas y la rentabilidad de los proyectos de nuestros clientes se encuentran en nuestro accionar al mismo nivel de responsabilidad.

UTEC Laboratorio de biogas

Digestor:

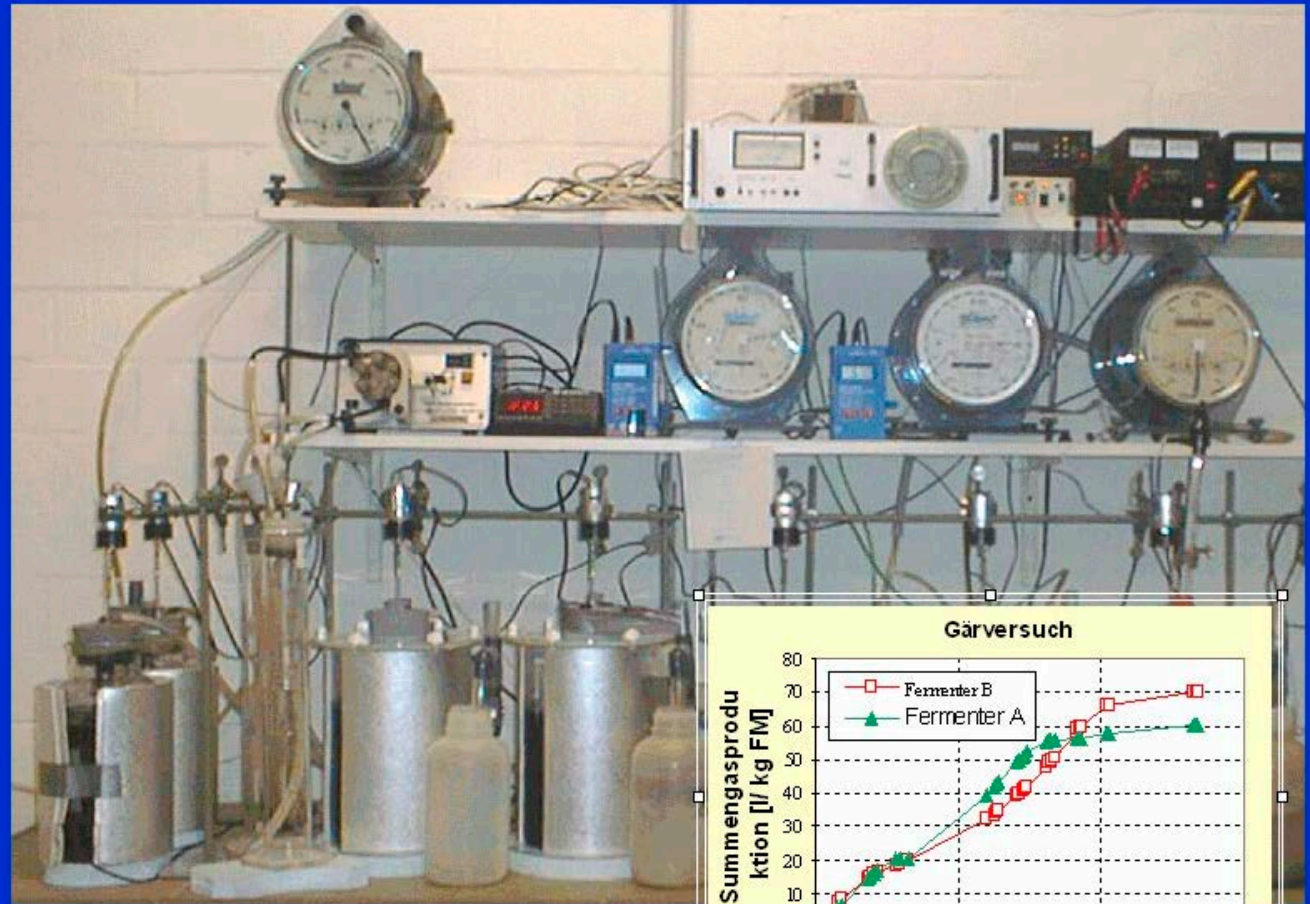
Batch, continuo y
Fixed bed
5 - 10 Litros de volumen

Sustratos:

Residuos organicos,
lodos y aguas servidas

Resultados:

Online-Monitoreo,
Control via modem



Ejemplo Biogás 1

Mandante:

Matadero de Hamburg

Volumen de Digestor:

300 m³

Substrato:

Lodo residual de frigorífico

Utilización del gas:

energía térmica



Ejemplo Biogás 2

Mandante:

CSH Jakarta / Indonesia

Volumen de Digestor:

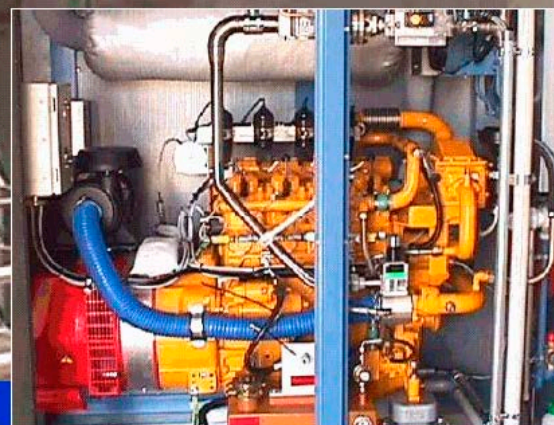
590 m³ (fixed bed)

Sustrato:

Lodo residual de la faenación de animales

Utilización del gas:

Generación de electricidad 45 KWel



Ejemplo Biogás 3

Mandante:

Hanseatische Humus
Gesellschaft GmbH

Volumen de Digestor:

2.000 m³

Sustrato:

Residuos orgánicos de la
industria alimenticia

Utilización del gas:

Generación de
electricidad 330 KWel



Ejemplo Biogás 4

Mandante:

Bioenergie Elm GmbH

Volumen de Digestor:

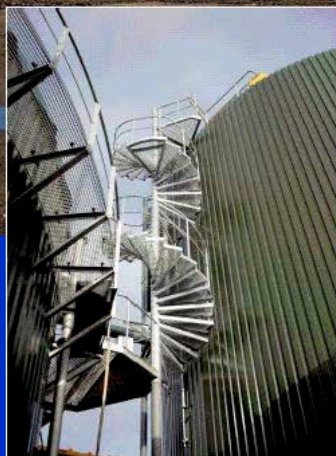
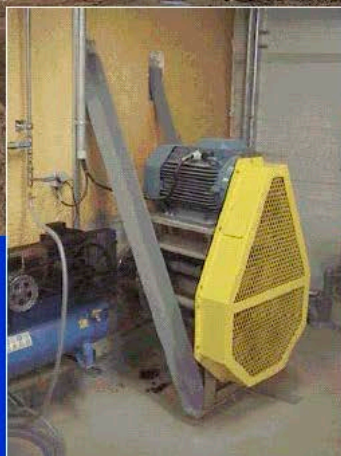
3.000 m³

Sustrato:

Materias Primas
Energéticas Agrícolas

Utilización del gas:

Co-generación de
energía eléctrica
(536 KW_{el}) y térmica



Ejemplo Biogás 5

Mandante:

Wüsthof Biogas GmbH

Volumen de Digestor:

9.000 m³

Substrato:

Residuos orgánicos de la industria alimenticia

Utilización del gas:

Generación de electricidad 2.000 KWeI



Participación de las Energías Renovables

Sistemas eléctricos de Chile Potencia instalada a diciembre de 2005



Sistema	Renovables						Térmica*	
	Hidráulica		Eólica		Biomasa		MW	%
	MW	%	MW	%	MW	%		
SING	13	0,4	0	0	0	0	3.620	99,6
SIC	4.619	59	0	0	153	2	3.108	39
Aysén	17	50	2	6	0	0	15	44
Magalla.	0	0	0	0	0	0	78	100
Total	4.649	40	2	0,0	153	1,3	6.822	58,7

*Descontado biomasa

Energías Renovables No Convencionales

**Fuentes no
Convencionales**



Geotérmica
Eólica
Solar
Biomasa
Mareomotriz
Pequeñas centrales hidráulicas
Cogeneración
Otras a definir por la CNE

**Tamaños de
los proyectos**



- Menores a 20 MW
- Menores a 9 MW

Marco regulatorio Chileno para ERNC

Ley Corta I



- ❖ Apertura amplia y sin restricciones al mercado spot a proyectos ERNC y Cogeneración
- ❖ Establecimiento de exención de pago de peaje troncal

Ley Corta II



Se establece el DERECHO de los generadores con ERNC a suministrar a los concesionarios de distribución hasta por un máximo del 5% de la demanda total de los clientes regulados

Christoph Zimmermann

gerente de UTEC

Contenido

- Introducción ✓
- Aspectos fundamentales de Biogás ✓
- Proceso biológico ✓
- Substratos y producción de biogás ✓
- La técnica ✓
- Utilización de biogás
- Utilización de efluente
- Economía
- La planta piloto en Negrete

Christoph Zimmermann

gerente de UTEC

Aspectos fundamentales de Biogás

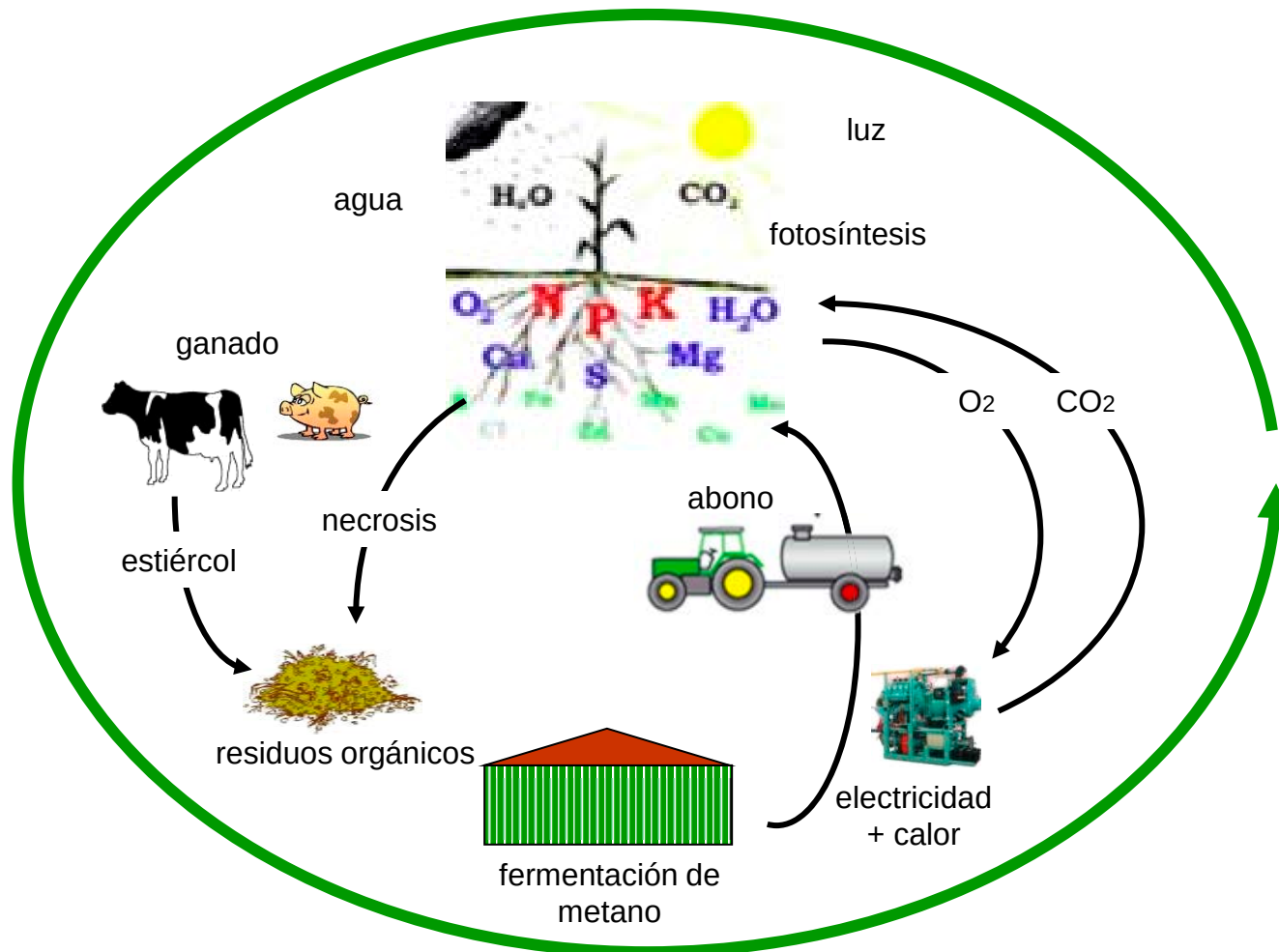
Una planta de biogás - vivida y popular:



Come materia orgánica - produce biogás y abono

Una vaca produce 700 litros de biogás por día !

El biogás en el ciclo natural de la materia



Biogás – una tecnología compleja:

Física

economía
economía

Química

Técnica

medio ambiente

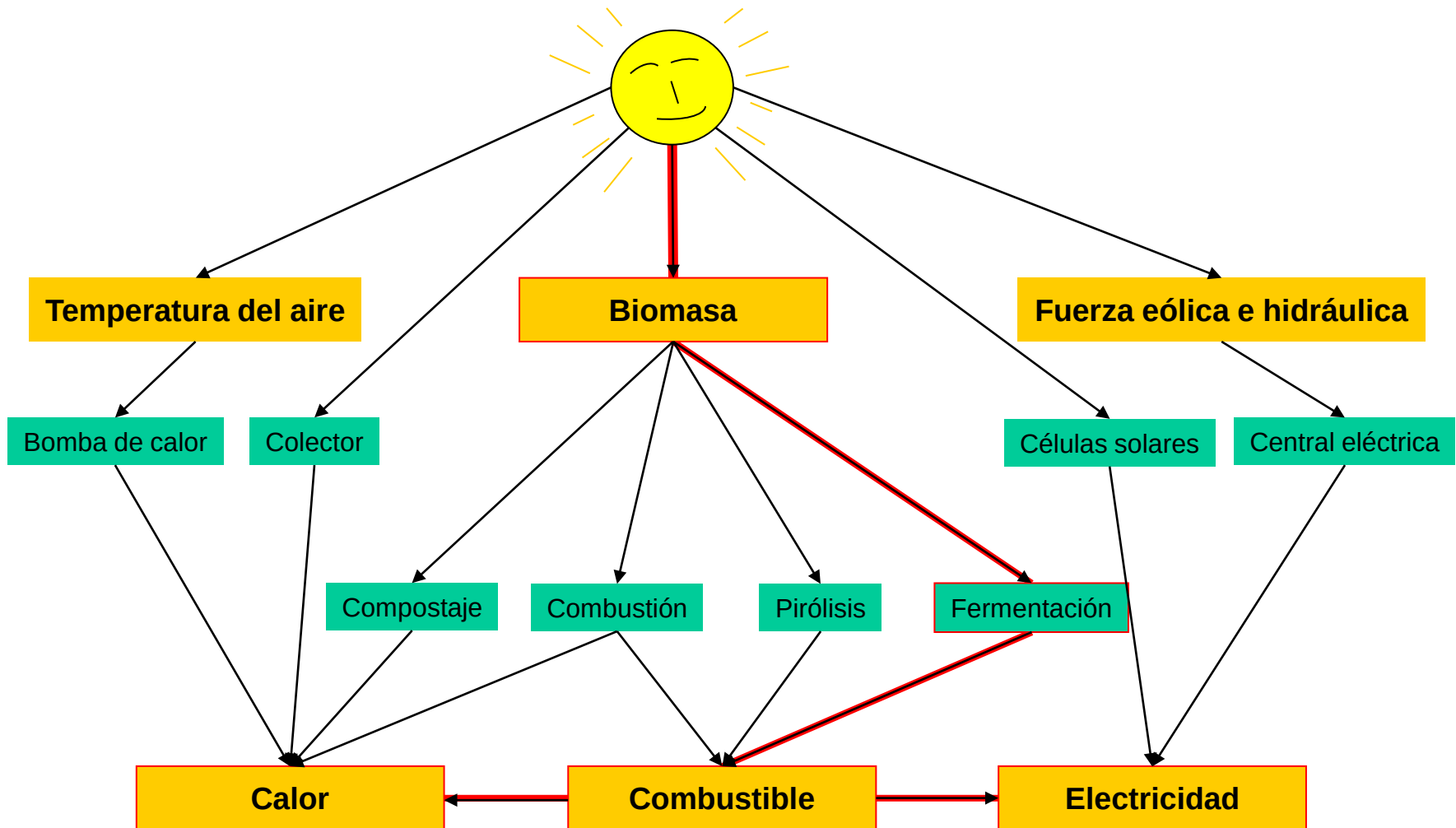
Agricultura

Biología

Ecología

Electricidad

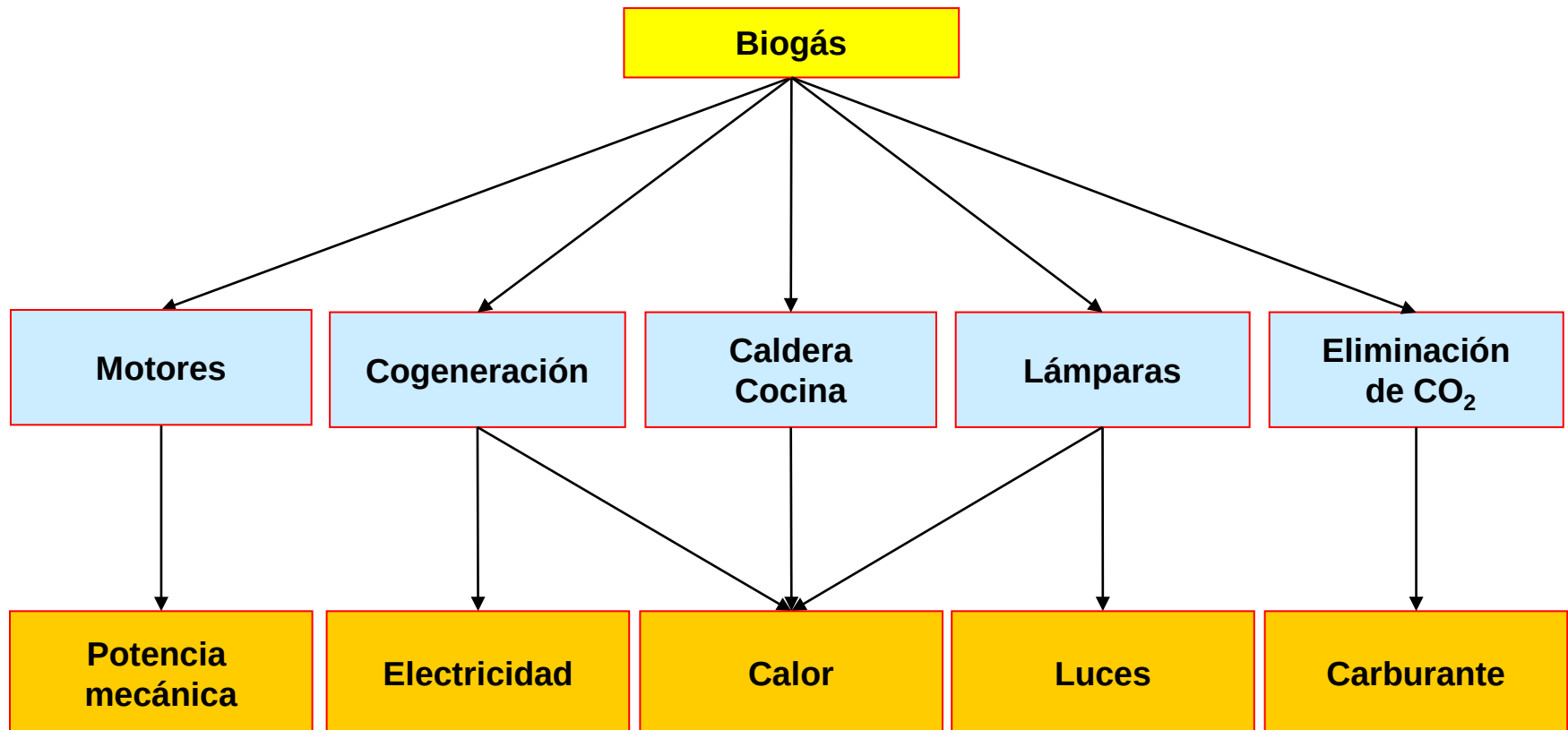
El sistema solar de energía



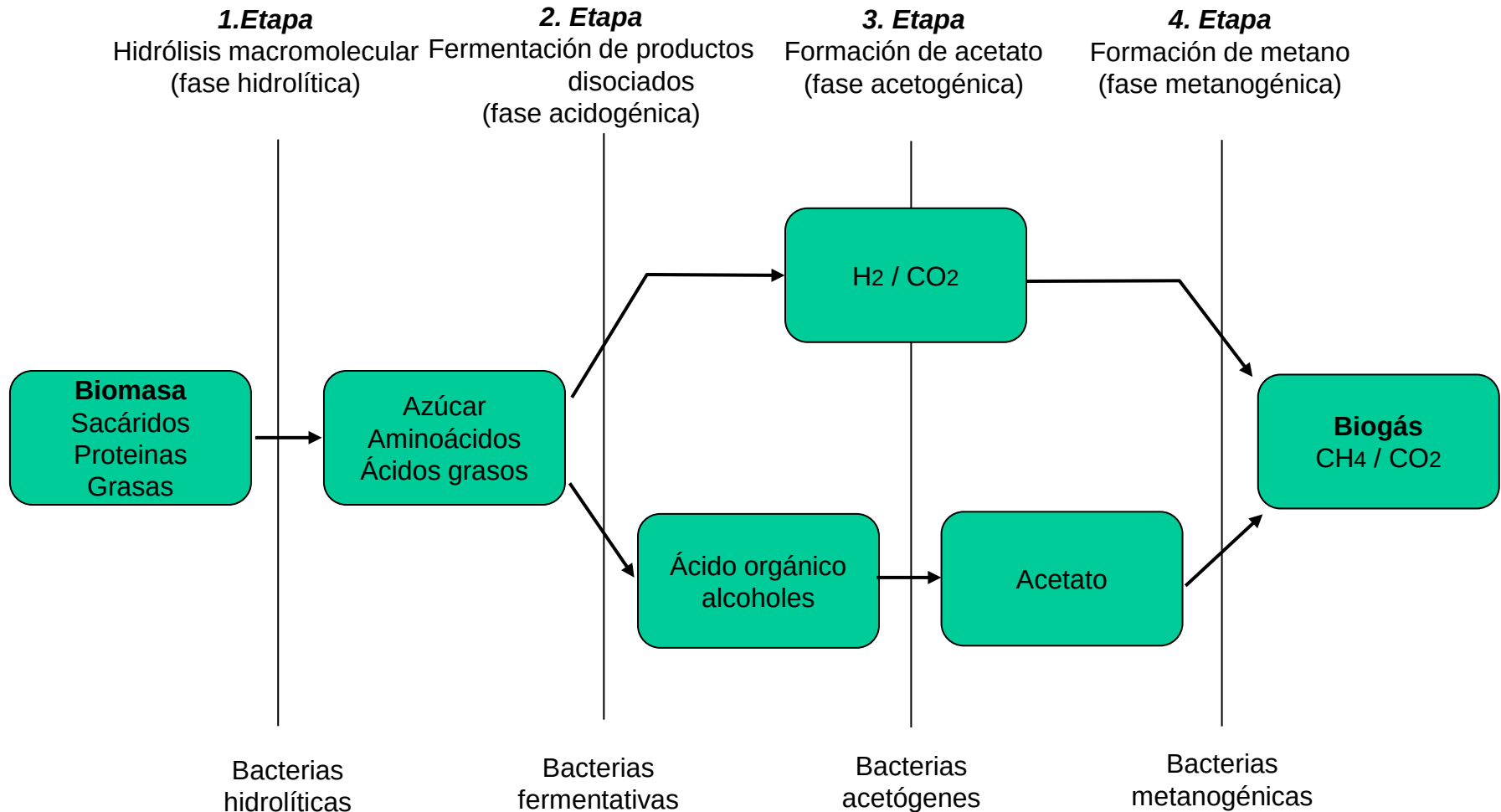
Fermentación anaeróbica

- Fermentación de sustancias orgánicas sin presencia de aire
- Medio temperado (35 – 55 °C)
- Procedimiento de descomposición biológica por medio de bacterias en varias etapas
- Formación de biogás (CH_4 , CO_2 y trazas de otros gases)
- Plena conservación de nutrientes en efluentes

La utilización de biogás



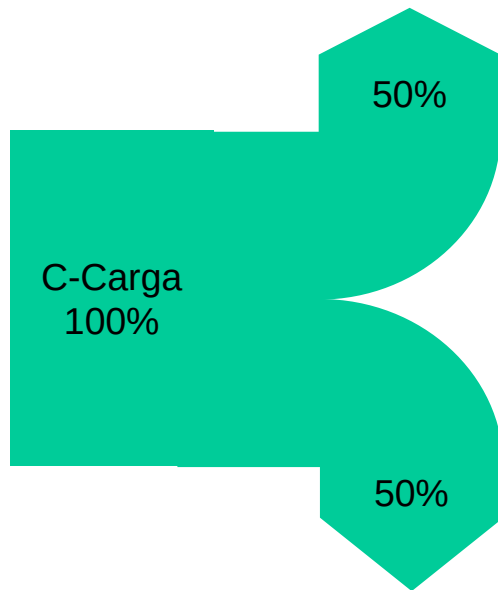
Las 4 etapas de la descomposición anaeróbica



Balance de carbono en completa desintegración de carbono

Descomposición aeróbica (compostaje)

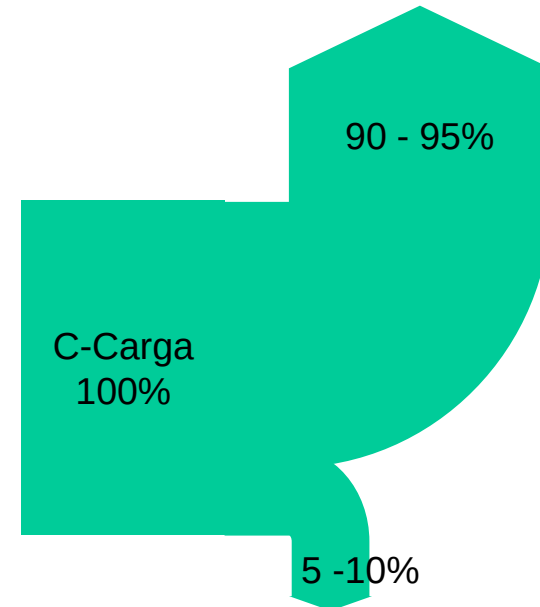
CO₂



Biomasa

Descomposición anaeróbica (Biogás)

CH₄ + CO₂



Biomasa

Tiempo de regeneración diferentes microorganismos

Microorganismos anaeróbicos

bacterias acidogénicas

Bacterioides	< 24 h
Bacterias acétogenas	80 - 90 h

Bacterias metanogénicas

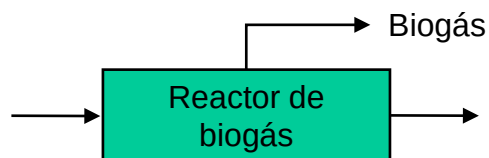
Methanosarcina barkeri	5 - 15 d
Methanococcusca.	10 d

Microorganismos aeróbicos

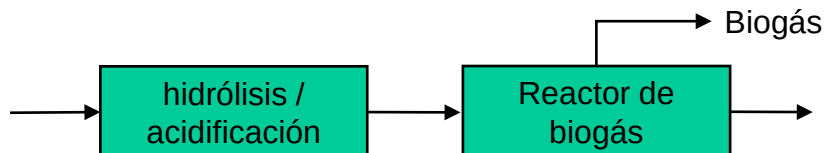
Escherichia coli	20 min
Lodo activo	2 h

Proceso de fermentación

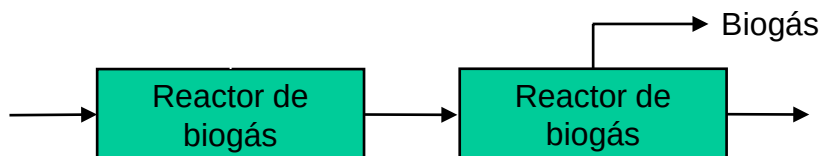
Proceso de una etapa



Proceso de dos etapas

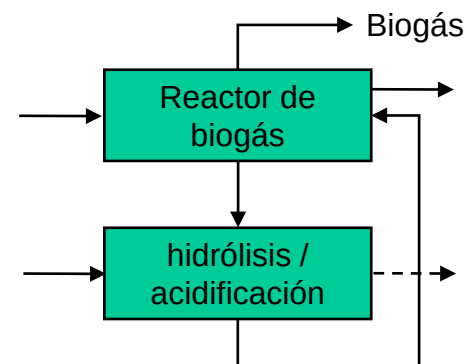


Reactor en cascada

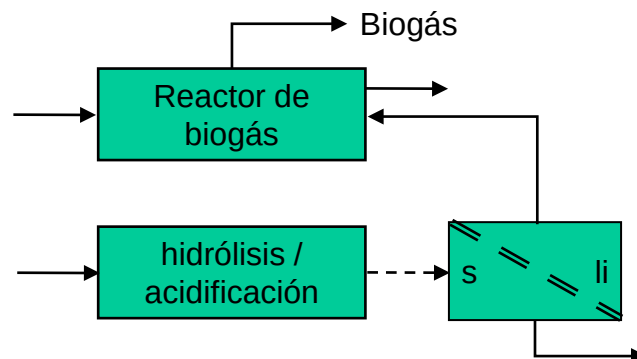


Proceso bifásico de dos etapas

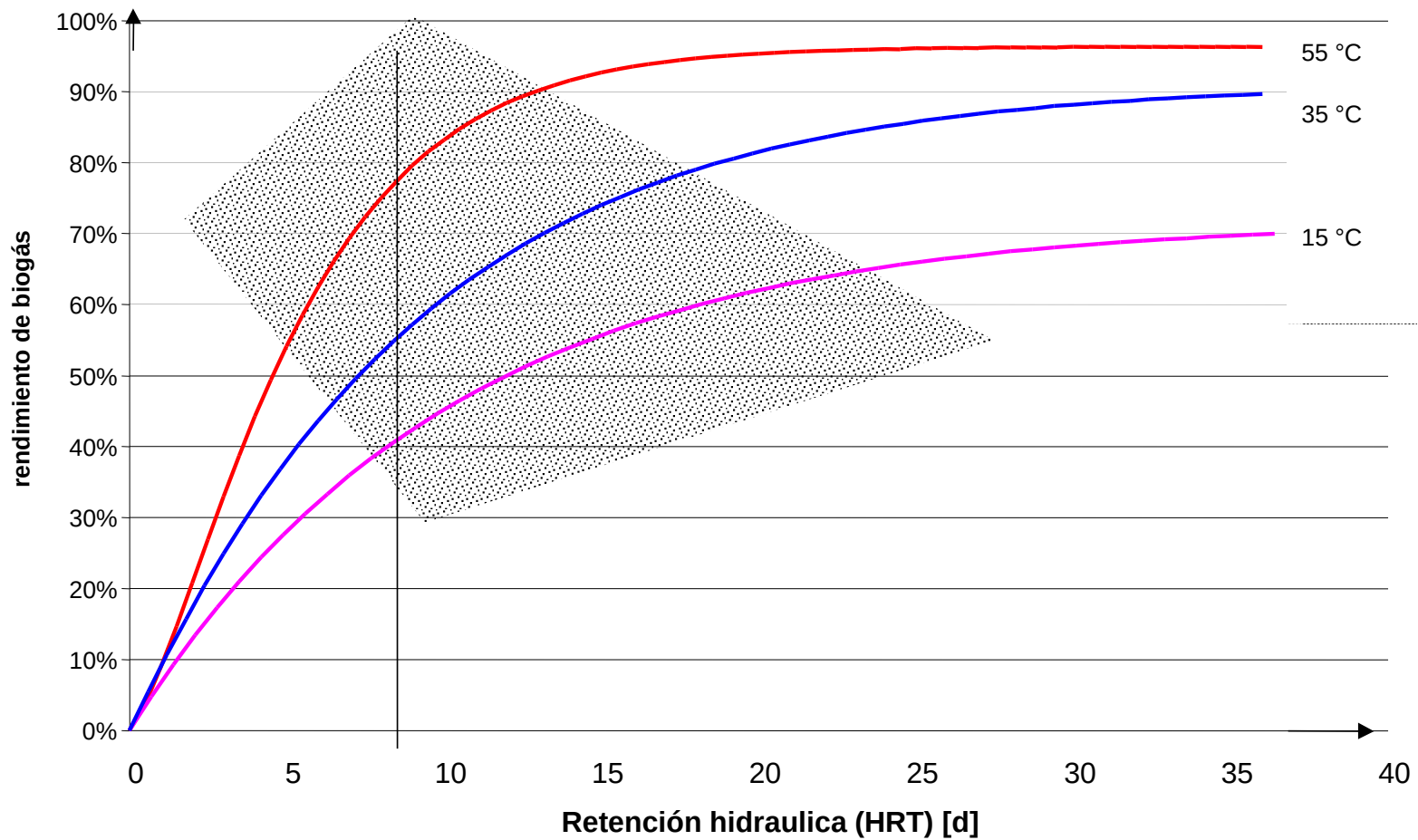
a) Método de percolación



b) Separación sólidos/líquidos

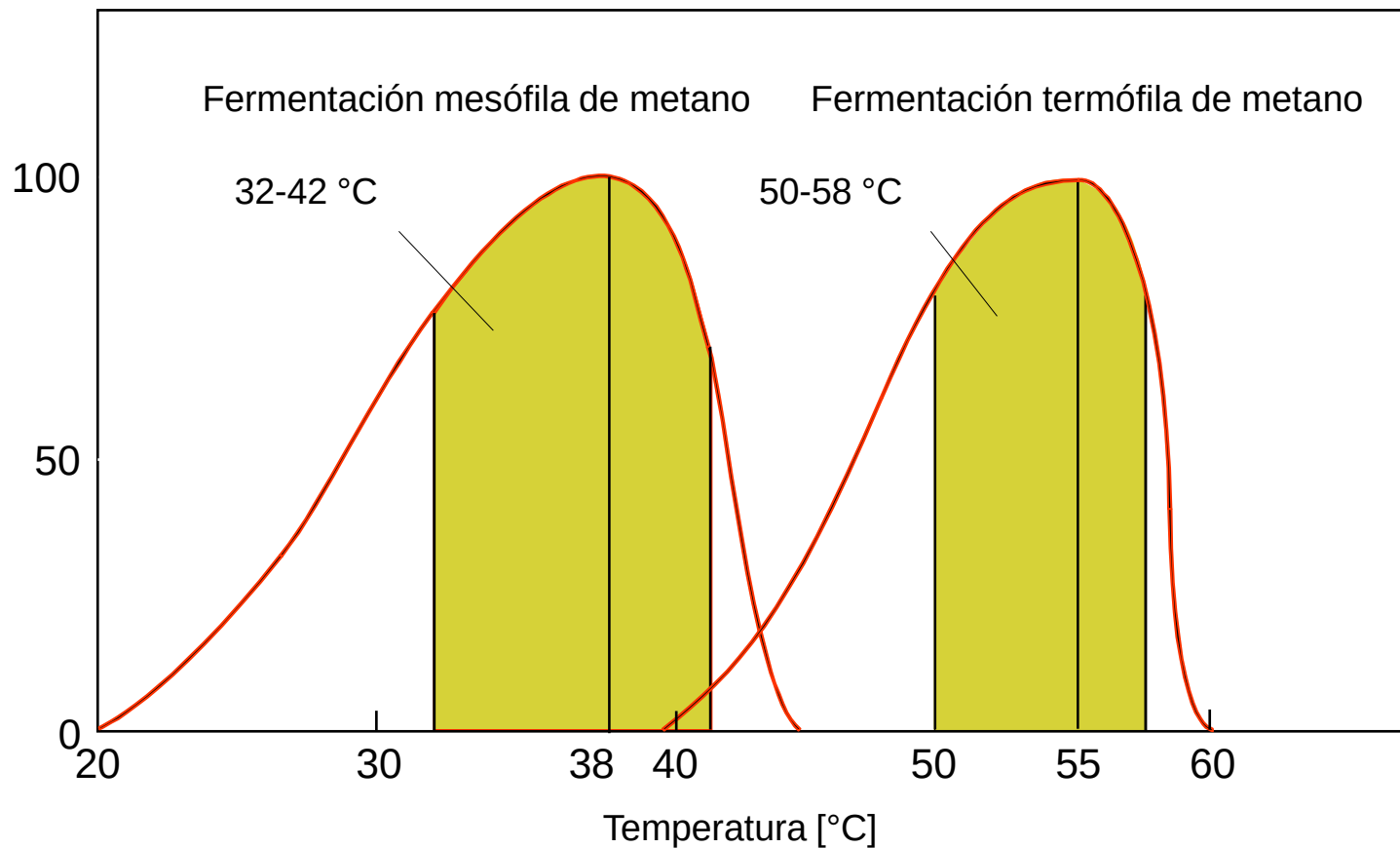


Rendimiento de biogás en relación de la temperatura



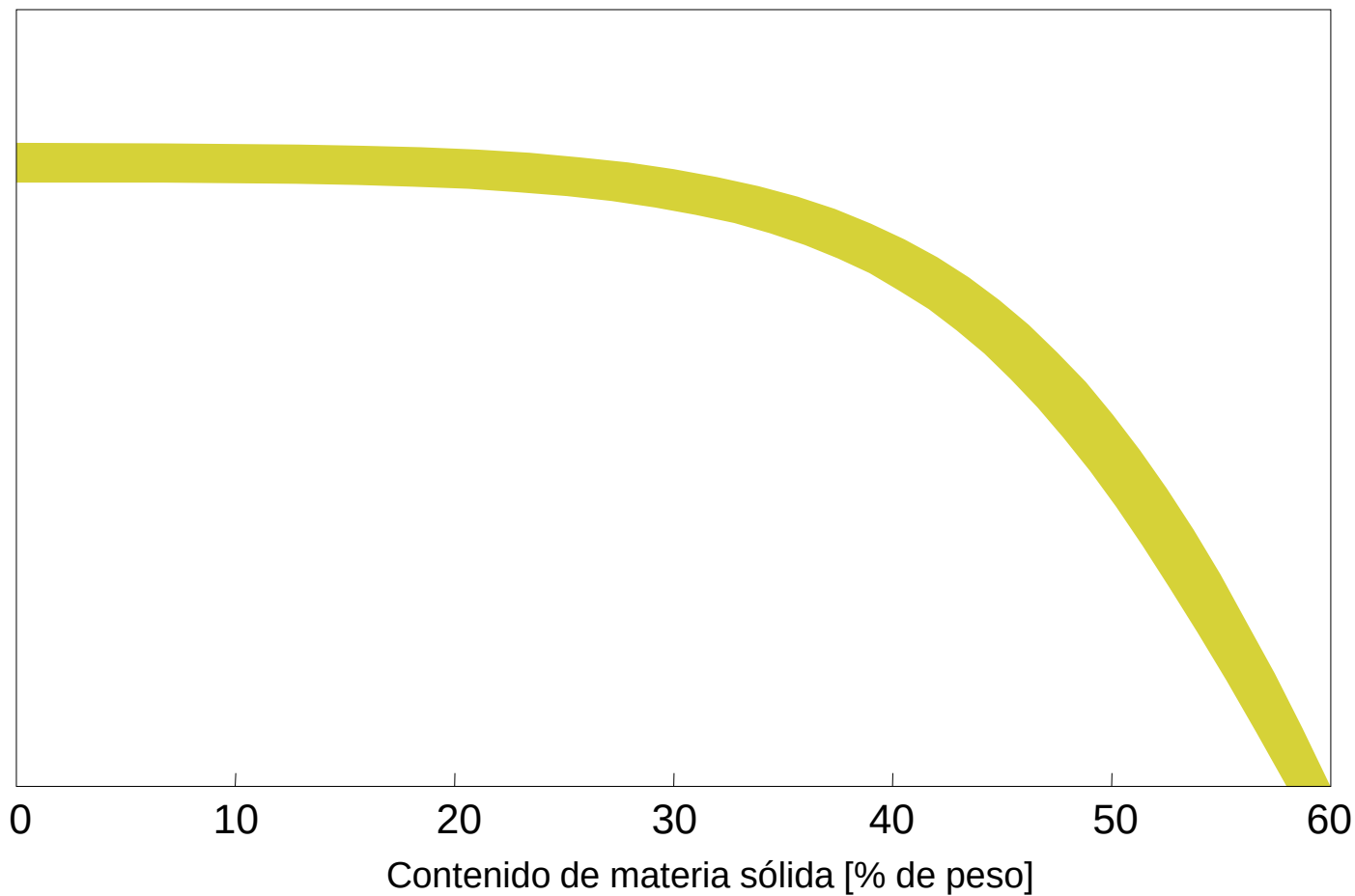
Temperatura de fermentación y actividad de producción de metano

Actividad metanogénica [%]



Contenido de materia sólida y rendimiento de gas

rendimiento de gas



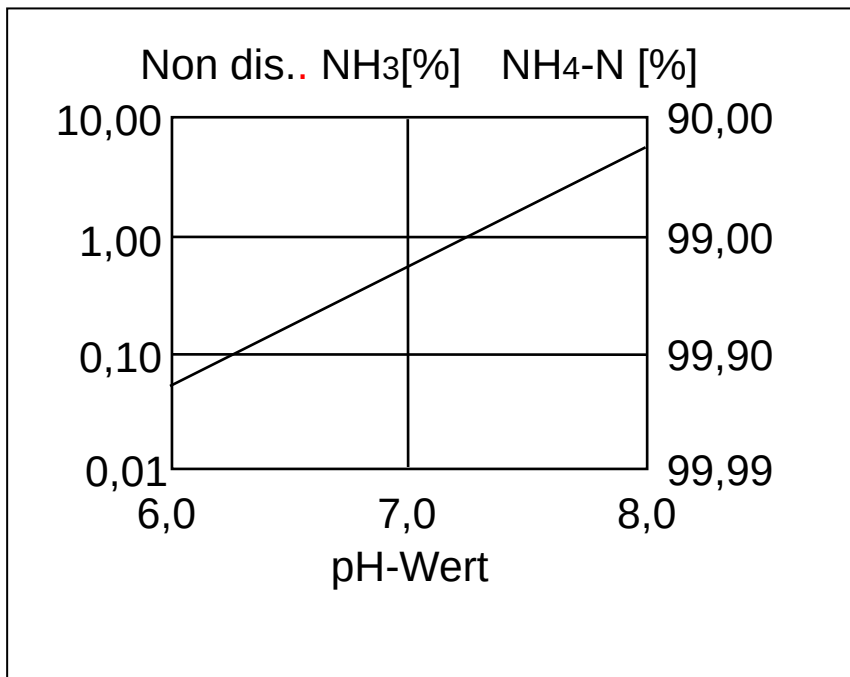
Componentes típicos del biogás

Componente	Contenido	Efecto
CH ₄	50 - 75 Vol.-%	• Componente combustible del biogás
CO ₂	25 - 50 Vol.-%	• Valor y respuesta de combustión disminuidos • Favorece la corrosión
H ₂ S	0 - 5.000 ppmV	• Corrosión en grupos electrógenos y tuberías • Emisiones de SO₂ previo ajuste • Tóxico para los catalizadores
NH ₃	0 - 500 ppmV	• Disminuye la capacidad de encendido • NOx-Emisiones
Vapor de agua	1 - 5 Vol.-%	• Corrosión en grupos y tuberías • Condensador daña instrumentos y grupos electrógenos • En heladas peligro de congelamiento de tuberías e inyectores
Partículas de polvo	> 5 µm	• Obstruye inyectores
N ₂	0 - 5 Vol.-%	• Disminuye valor calórico y comportamiento de encendido.

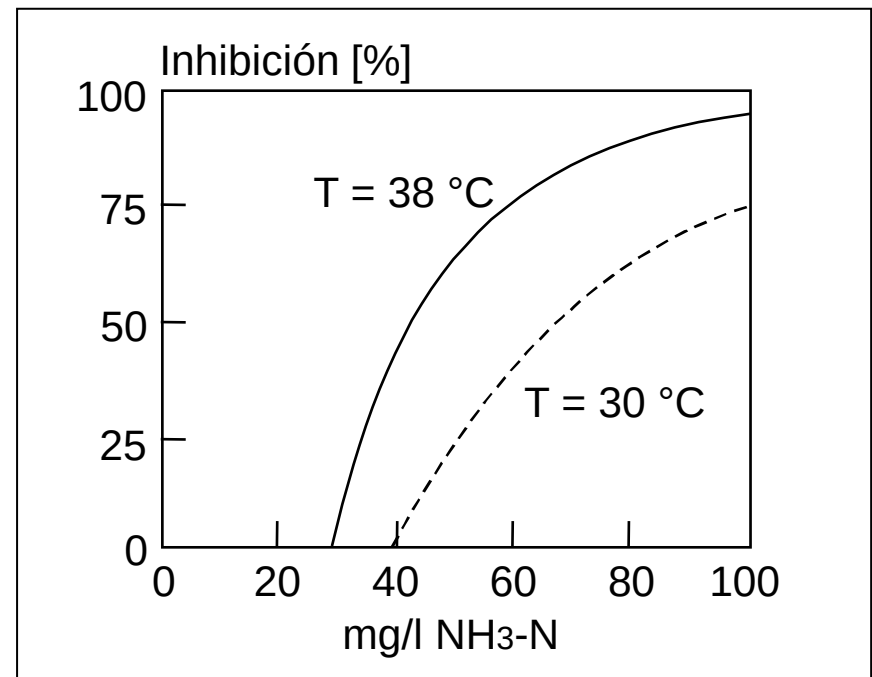
Parámetros inhibidores y tóxicos

Substancia inhibidora	Concentración inhibidora	Observaciones
Hidrógeno	> 0,1 mg/l O ₂	Inhibición inevitable de las bacterias anaeróbicas de metano.
Ácido sulfhídrico	> 50 mg/l H ₂ S	La acción inhibidora aumenta con los valores de pH en descenso.
Ácidos grasos Volátiles	> 2000 mg/l HAc (pH = 7,0)	La acción inhibidora aumenta con los valores de pH en descenso. Alta adaptabilidad de las bacterias.
Nitrato de amonio	> 3500 mg/l NH ₃	La acción inhibidora aumenta con valores crecientes de pH y de temperatura. Alta adaptabilidad de las bacterias.
Metales pesados	Cu > 50 mg/l Zn > 150 mg/l Cr > 100 mg/l	Sólo metales diluidos reaccionan inhibiendo. Desintoxicación por medio precipitación de sulfuro.
Desinfectante Antibiótico	variado	Inhibición (dependiente de producto)

Inhibición de la formación de metano a causa de Amonio-Nitrógeno

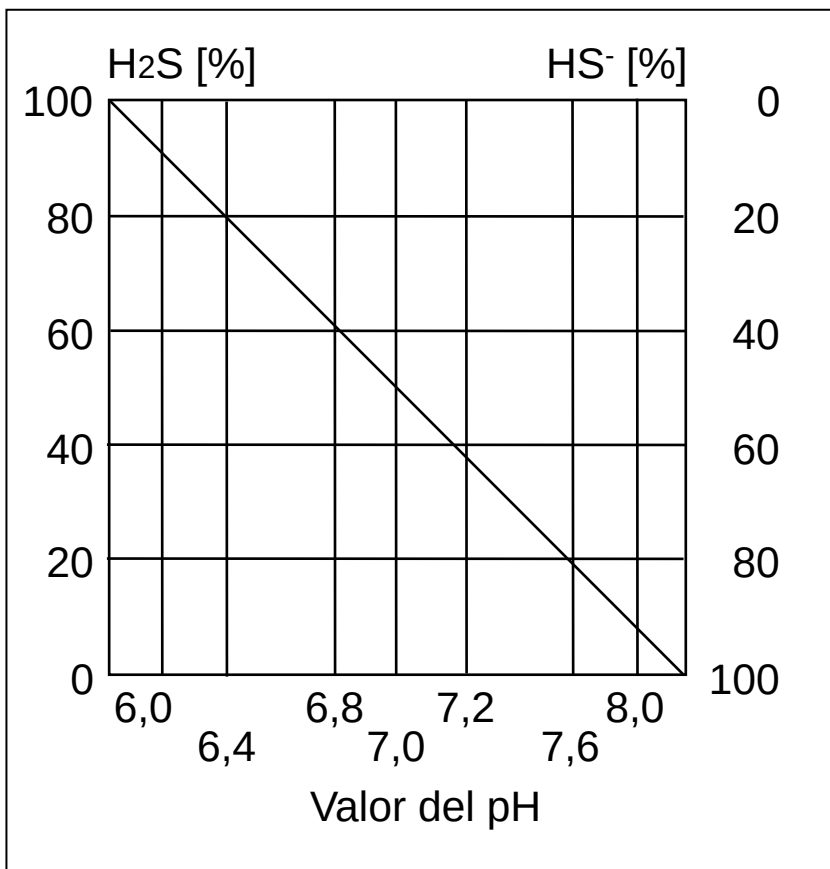


Equilibrio de disociación del $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{-N}$

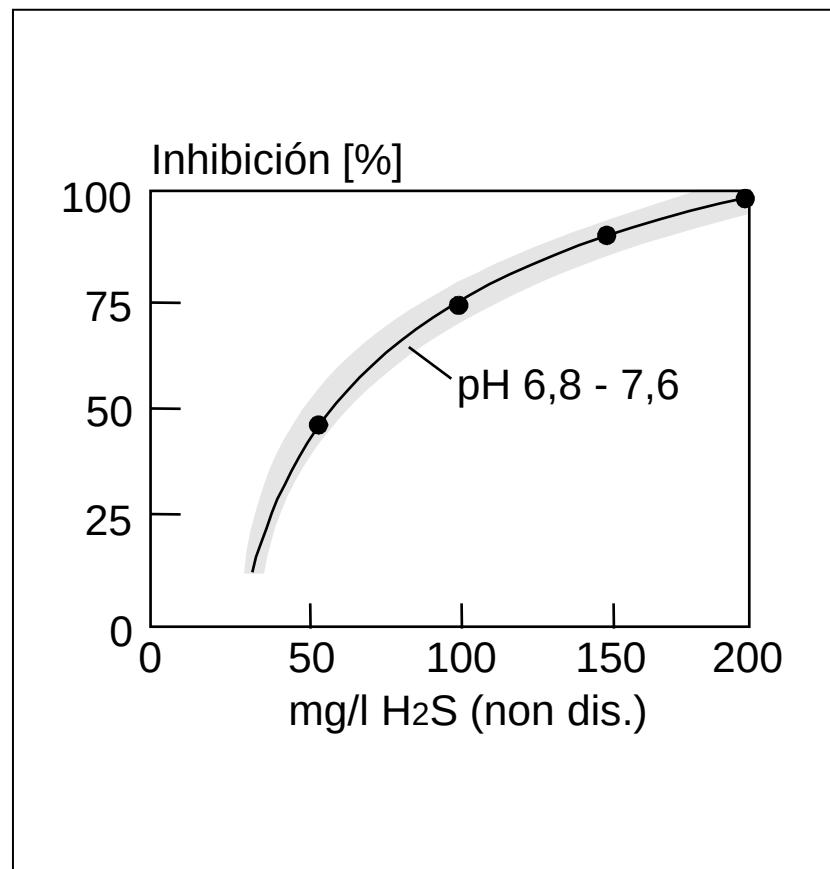


Inhibición de la formación de metano por NH_3
(Formación de metano ácido acético)

Inhibición en la formación de metano por acción del ácido sulfídrico

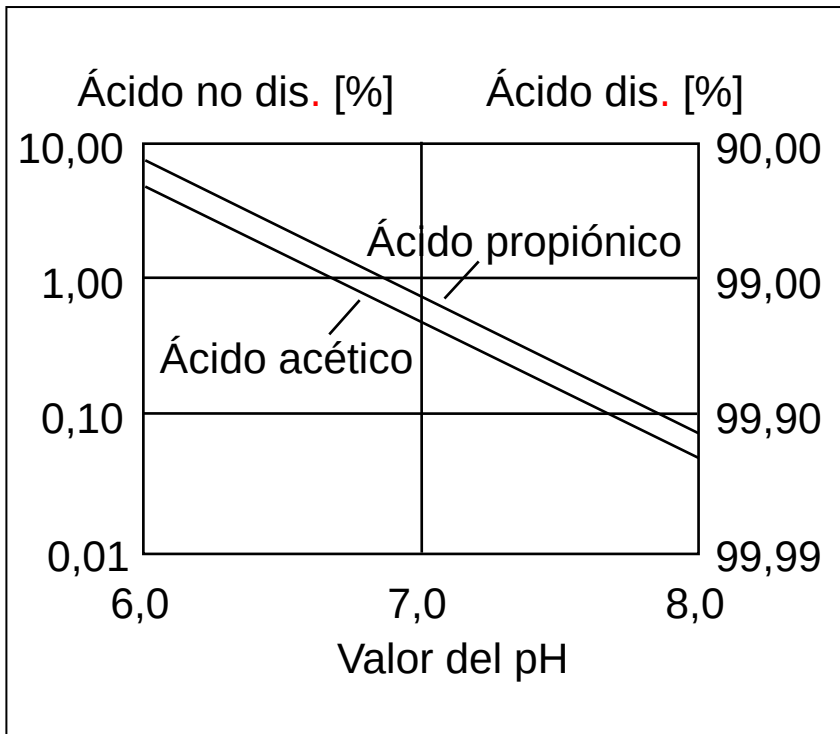


Equilibrio de disociación del $\text{H}_2\text{S}/\text{HS}^-$

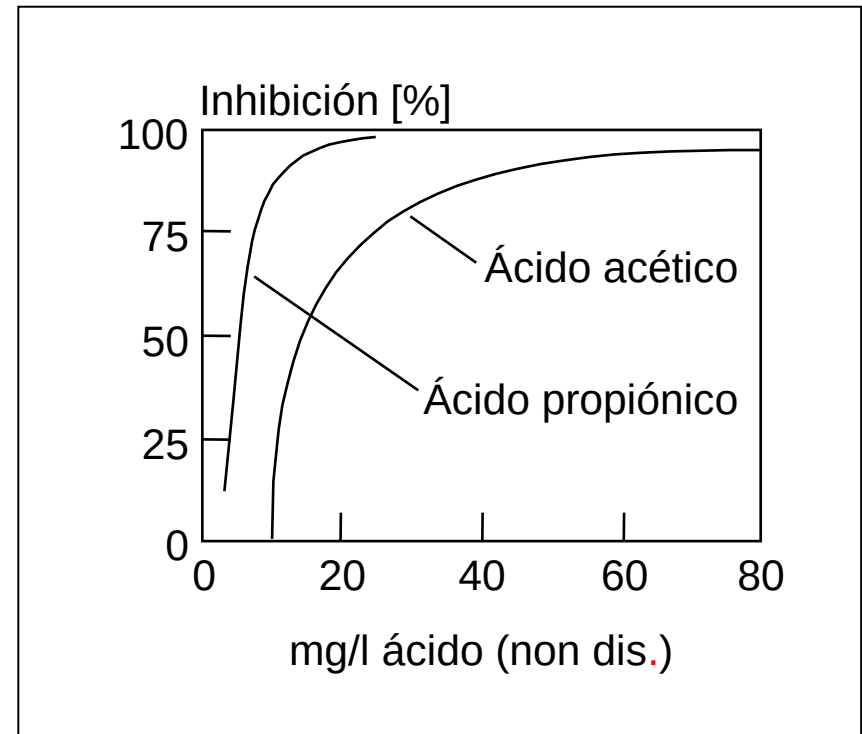


Inhibición de la formación de metano
(Formación de metano de ácido acético)

Inhibición de la formación de metano por acción de ácidos grasos volátiles



Equilibrio de disociación de los ácidos grasos



Inhibición de la producción metano

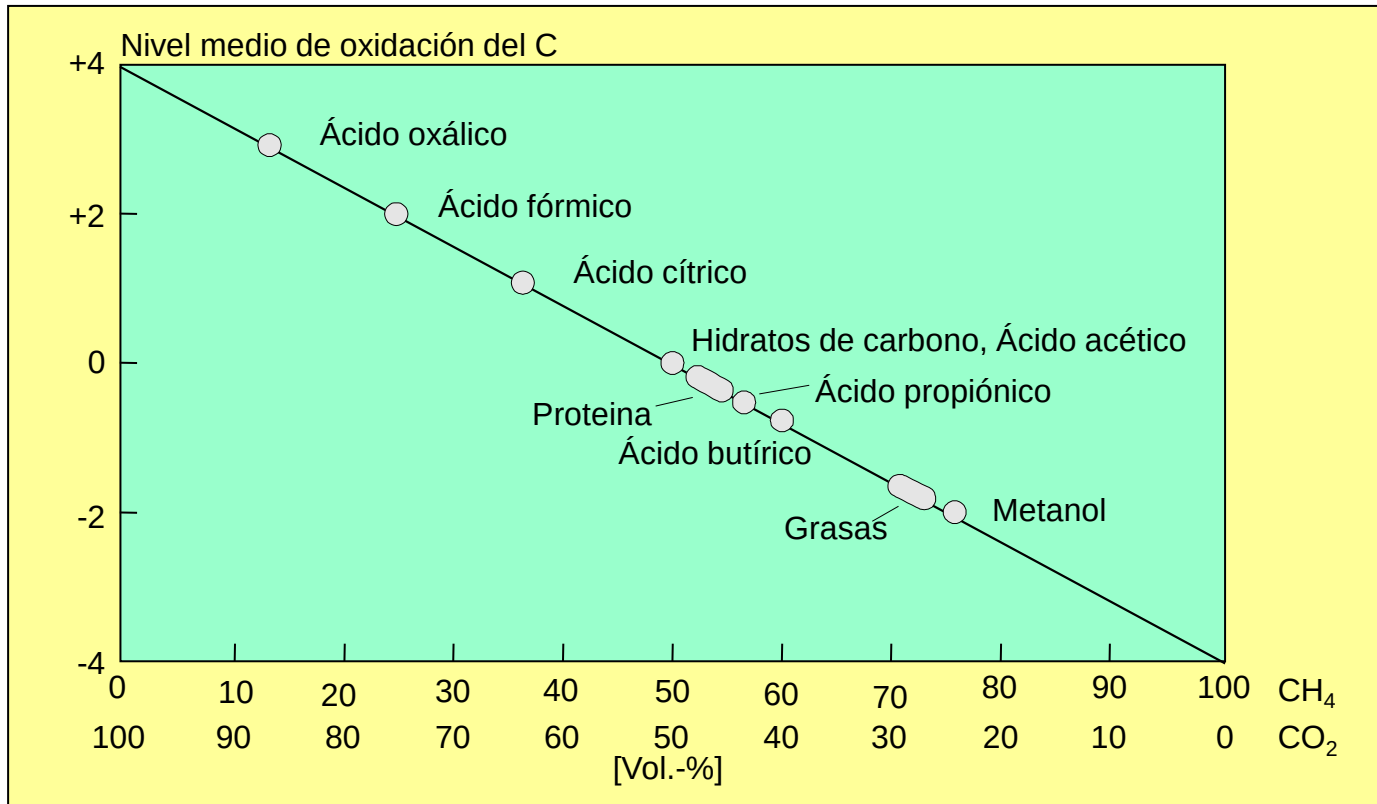
Contenido del metano: La formula de Buswell

$$C_nH_aO_b+(n-a/4-b/2)H_2O = (n/2-a/8+b/4)CO_2+(n/2+a/8-b/4)CH_4$$

Por ejemplo: Glucosa ($C_6H_{11}O_6$)

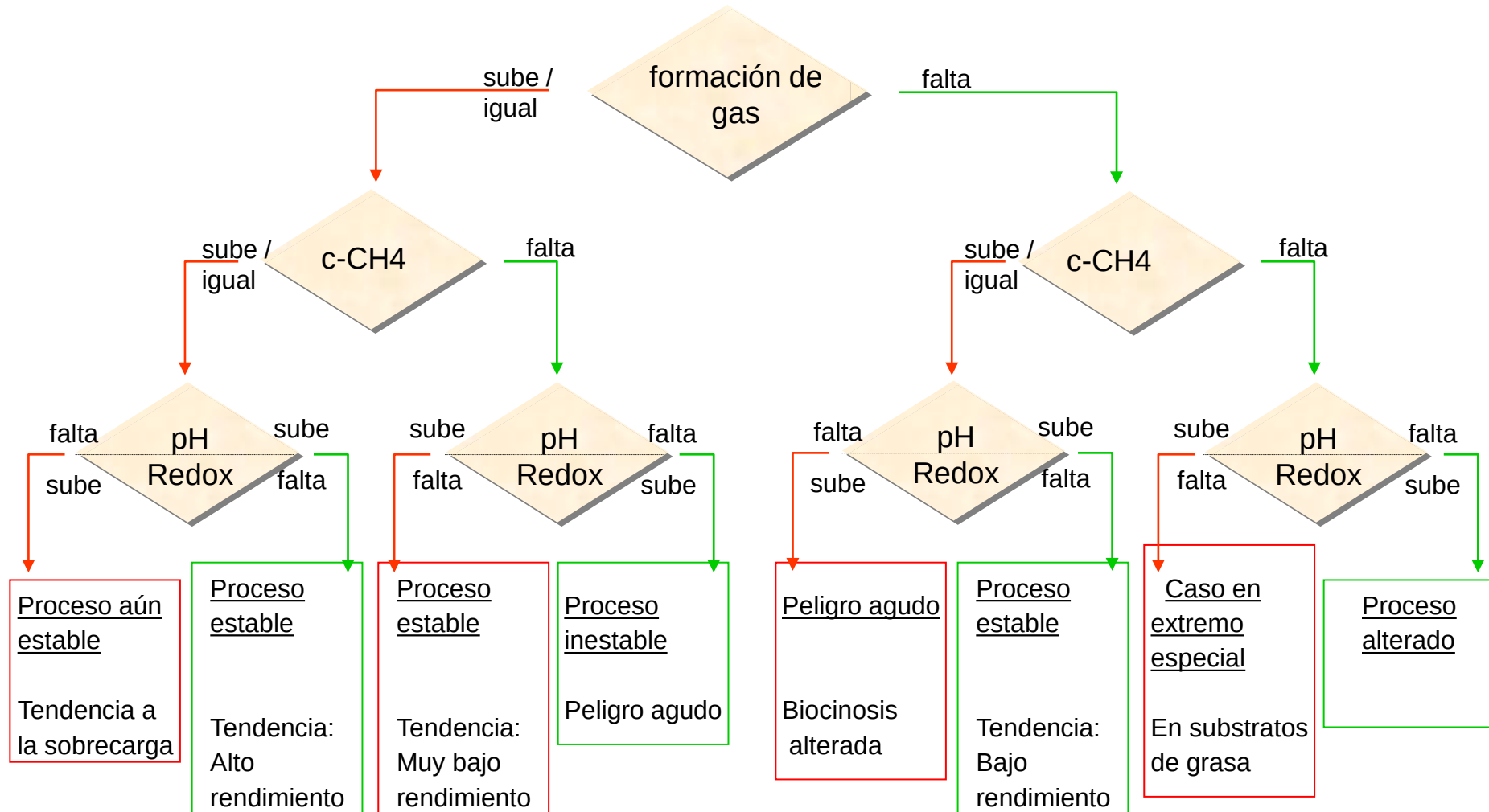
6	C	→	3	CH ₄	50%
12	H		3	CO ₂	50%
6	O		0	H ₂ O	

CH₄ / CO₂

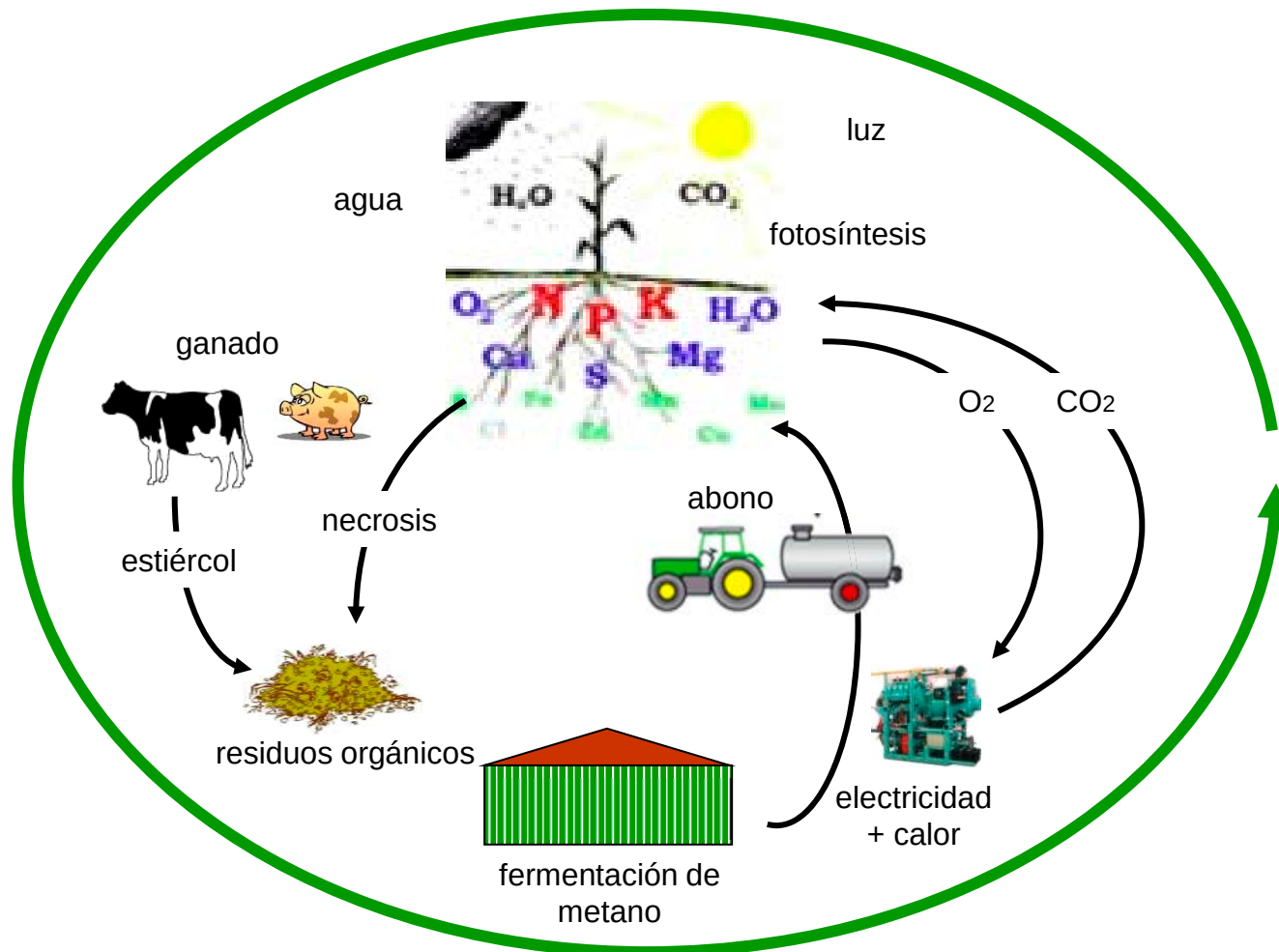


Composición del biogás en dependencia de la oxidación del carbono

Árbol de decisiones



El biogás en el ciclo natural de la materia



Fermentación anaeróbica

- Fermentación de sustancias orgánicas sin presencia de aire
- Medio temperado (35 – 55 °C)
- Procedimiento de descomposición biológica por medio de bacterias en varias etapas
- Formación de biogás (CH_4 , CO_2 y trazas de otros gases)
- Plena conservación de nutrientes en efluentes

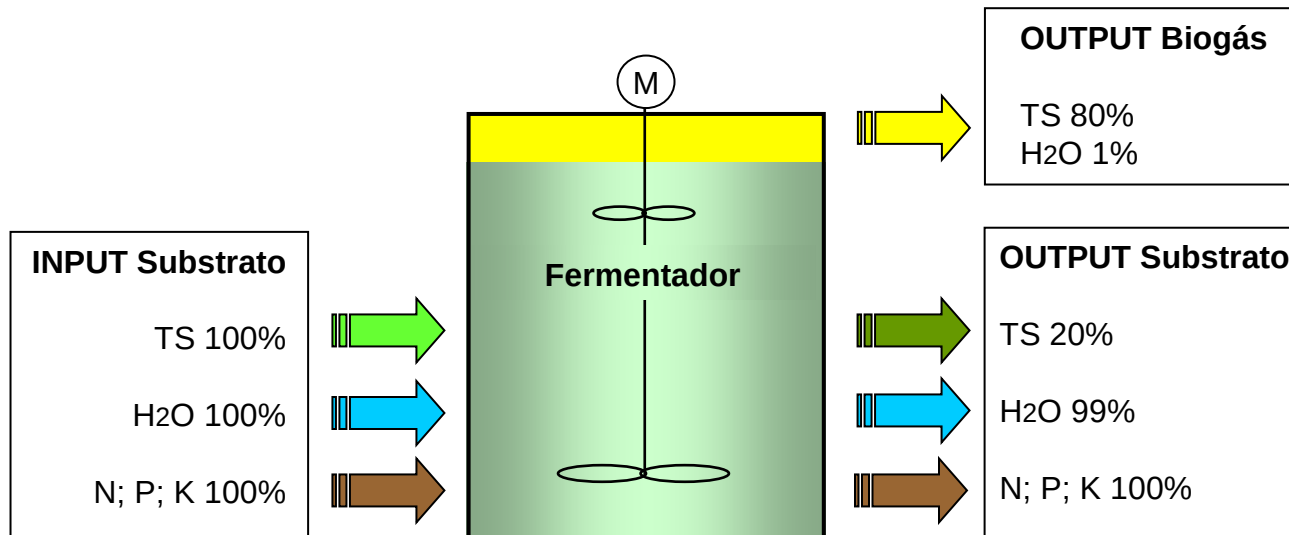
Composición de substratos organicos

Substratos organicos	Agua				
	Materia seca	Ceniza			
		Materia seca organica	Proteína		
			Grasa		
			Hidratos de carbono	Extractos sin N	Fécula
					Azúcar
					Resto organico
					Hemi-celulosa
		Celulosa			
	Fibra cruda	Lignina			

Parámetros principales de la tecnología del biogás

Materia seca (MS)	[%]
Materia seca orgánica MSO (VS)	[%]
Carga orgánica volumétrica (B_V)	[kg oTS/m ³ · d]
Tiempo de retención (T_R)	[d]
Tiempo de retención hidráulica (HRT)	[d]
Tasa de degradación	[%]
Rendimiento del biogas en relación	
- de volumen y tiempo	[m ³ /m ³ /d]
- del substrato de afluente:	[m ³ /kg _{af.}]
- de VS descomposado	[m ³ /kg oTS _{des.}]
- de VS de afluente :	[m ³ /kg oTS _{af.}]

Balance de volumen de la fermentación



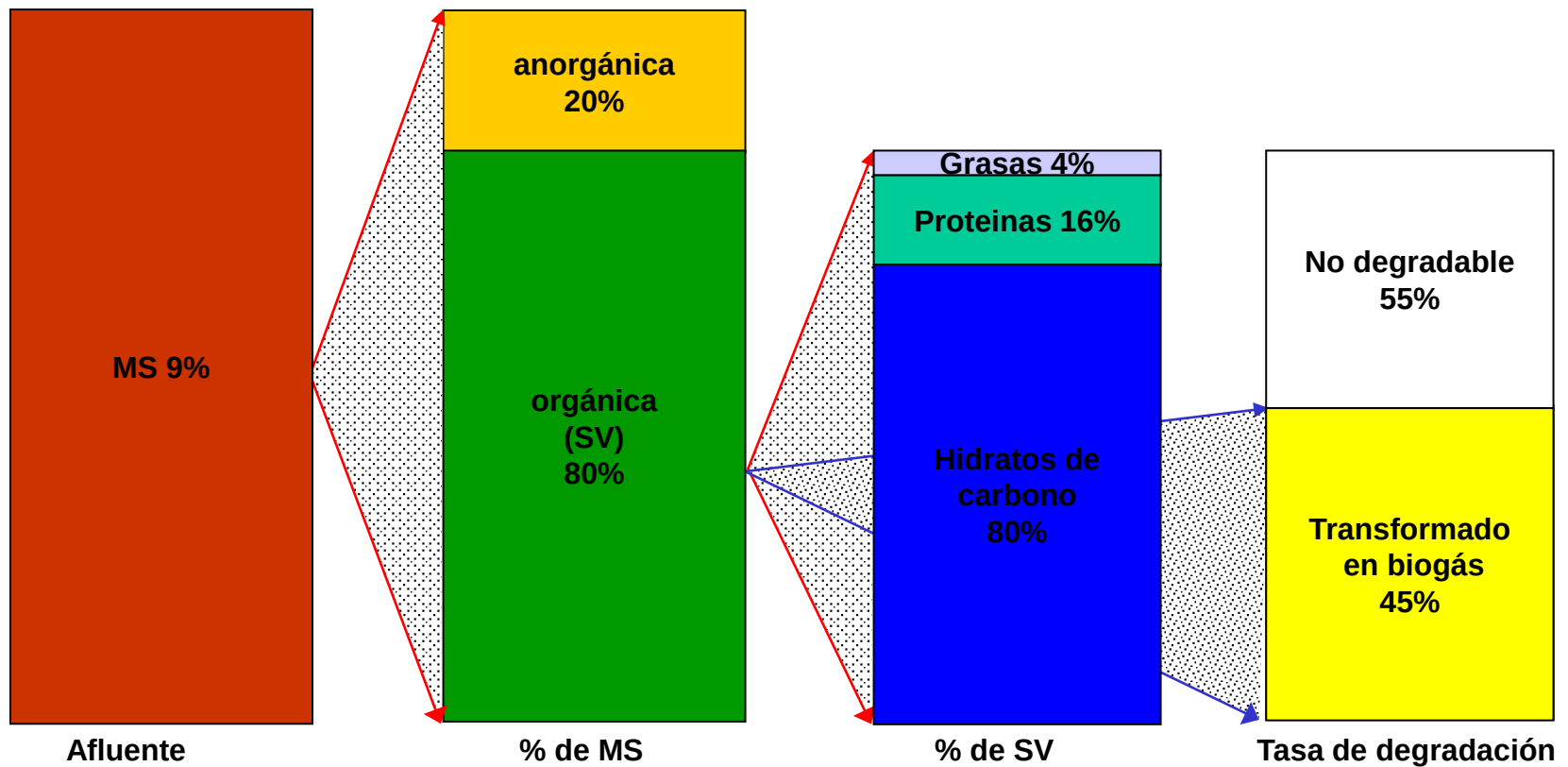
- ¡La sustancia orgánica es transformada en metano y anhídrico carbónico!
- ¡El agua y todas las sustancias nutritivas se conservan!
- ¡Los desperdicios sólidos se transforman en residuos líquidos o en aguas residuales!

Calidad del biogás dependiente del substrato de fermentación

Grupo de sustancia	Rendimiento del Biogás [l /kg SV]	Contenido de metano [Vol.-%]	Valor calórico [kWh/m ³]
Hidratos de carbono	700 – 830	50 – 55	5,0 – 5,5
Proteínas	700 – 900	70 – 75	7,0 – 7,5
Grasas	1.000 – 1.400	68 – 73	6,8 – 7,3
Desecho biológico	350 – 500	55 – 68	5,5 – 6,8
Materia prima energética	500 – 700	50 – 62	5,0 – 6,2

Energía contenida en el promedio 5,0 bis 5,5 kWh

Cálculo de degradación de masa Ejemplo: estiércol de vacas



Afluente: 1000 kg ---> Efluente 967 kg (97%)

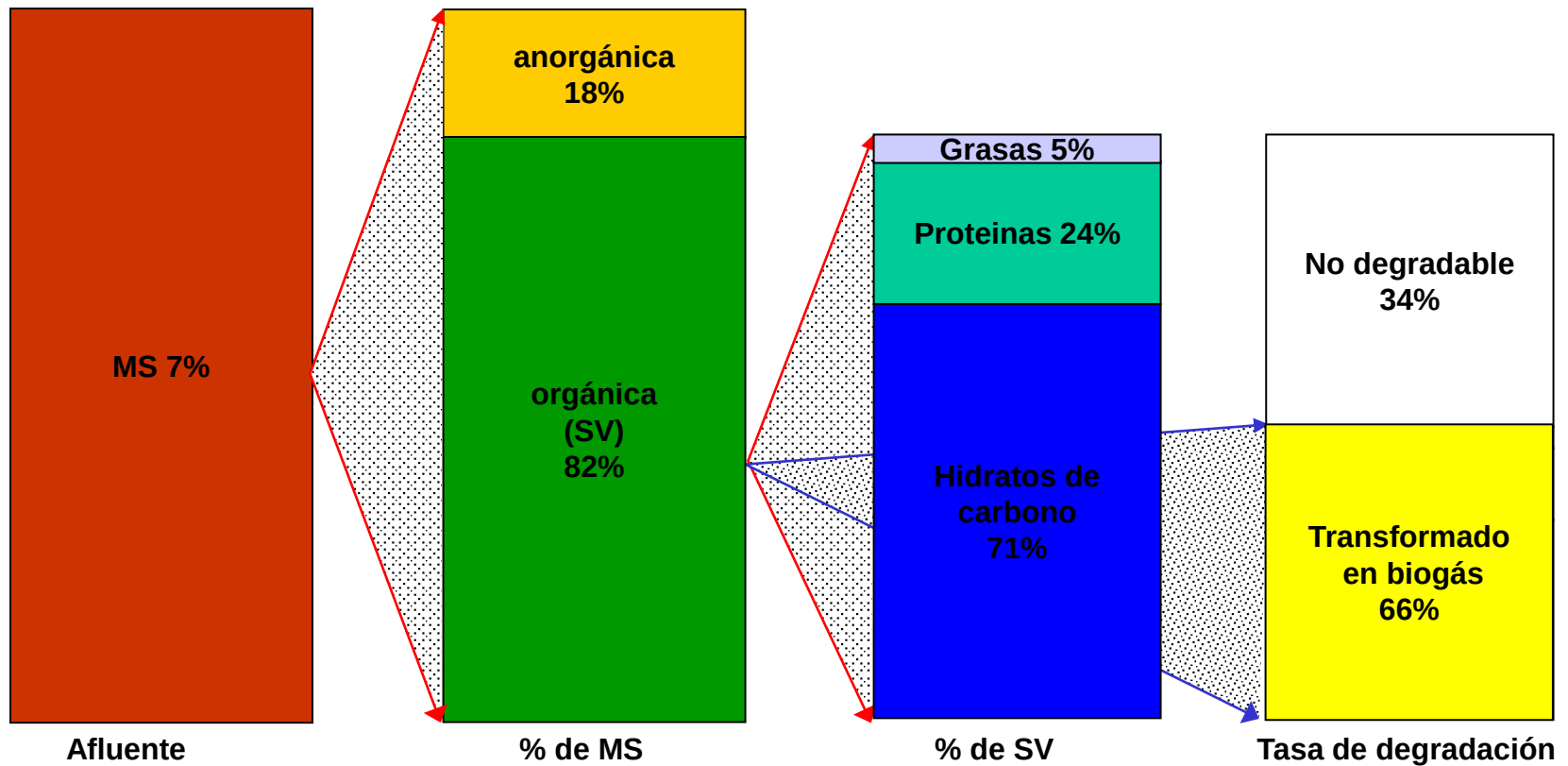
Cálculo de producción de biogas

Ejemplo: 1000 kg del estiércol de vacas (1 m³)



Degradación	Rendimiento	Biogás	%CH ₄	Metano
2,50 kg	1.250 m ³ /kg deg.	3,13 m ³	68,0%	2,13 m ³
4,50 kg	700 m ³ /kg deg.	3,15 m ³	71,0%	2,24 m ³
25,20 kg	790 m ³ /kg deg.	19,91 m ³	50,0%	9,95 m ³
32,20 kg	813 m³/kg deg.	26,18 m³	54,7%	14,32 m³

Cálculo de degradación de masa Ejemplo: estiércol de cerdos



Afluente: 1000 kg ---> Efluente 962 kg (96%)

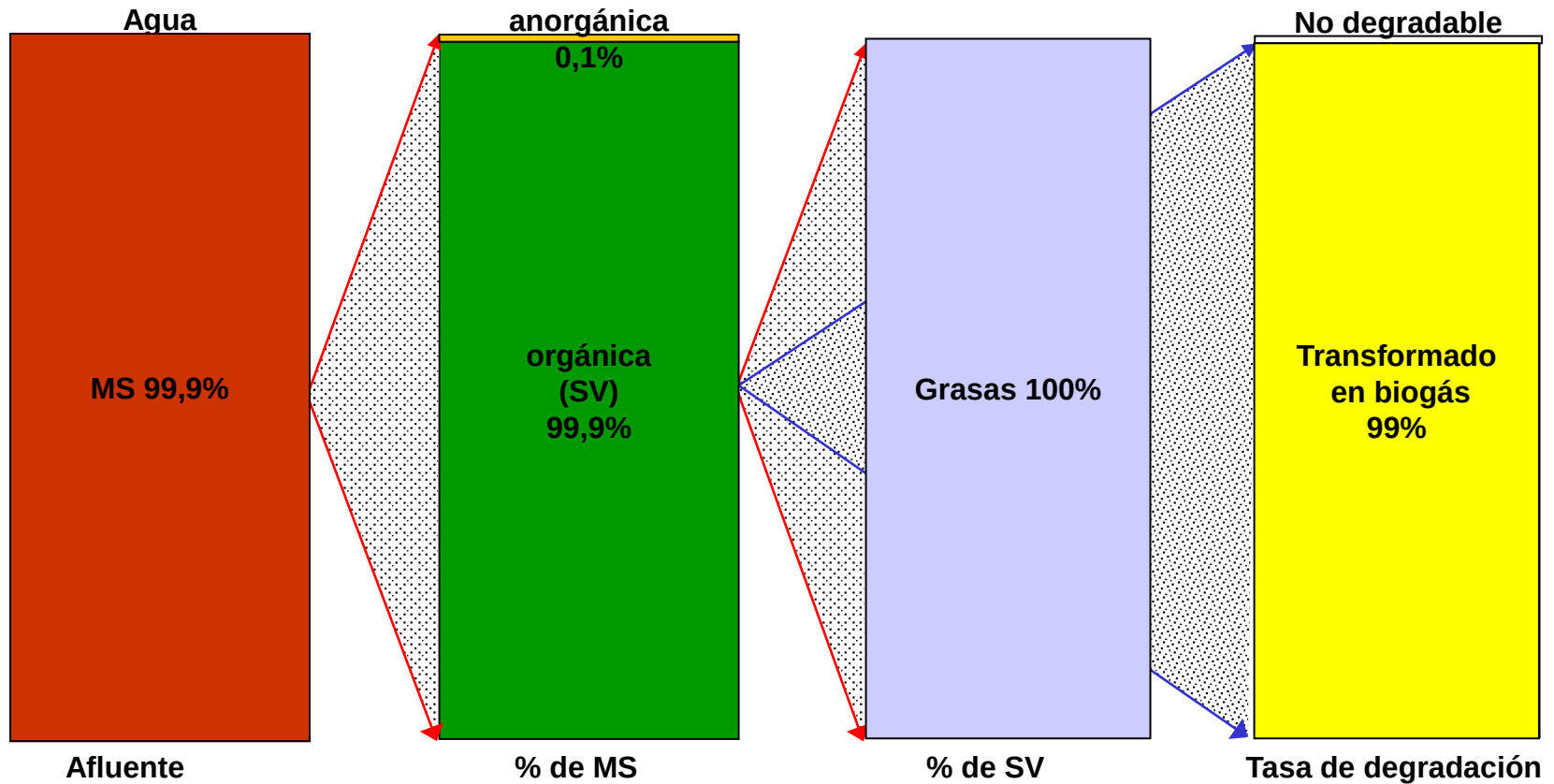
Cálculo de producción de biogas

Ejemplo: 1000 kg del estiércol de cerdos (1 m³)



Degradación	Rendimiento	Biogás	%CH ₄	Metano
2,20 kg	1.250 m ³ /kg deg.	2,75 m ³	68,0%	1,87 m ³
7,00 kg	700 m ³ /kg deg.	4,90 m ³	71,0%	3,48 m ³
28,70 kg	790 m ³ /kg deg.	22,67 m ³	50,0%	11,34 m ³
37,90 kg	800 m³/kg deg.	30,32 m³	55,0%	16,69 m³

Cálculo de degradación de masa Ejemplo: aceite de soya



Afluente: 1000 kg ---> Efluente 10 kg (1%)

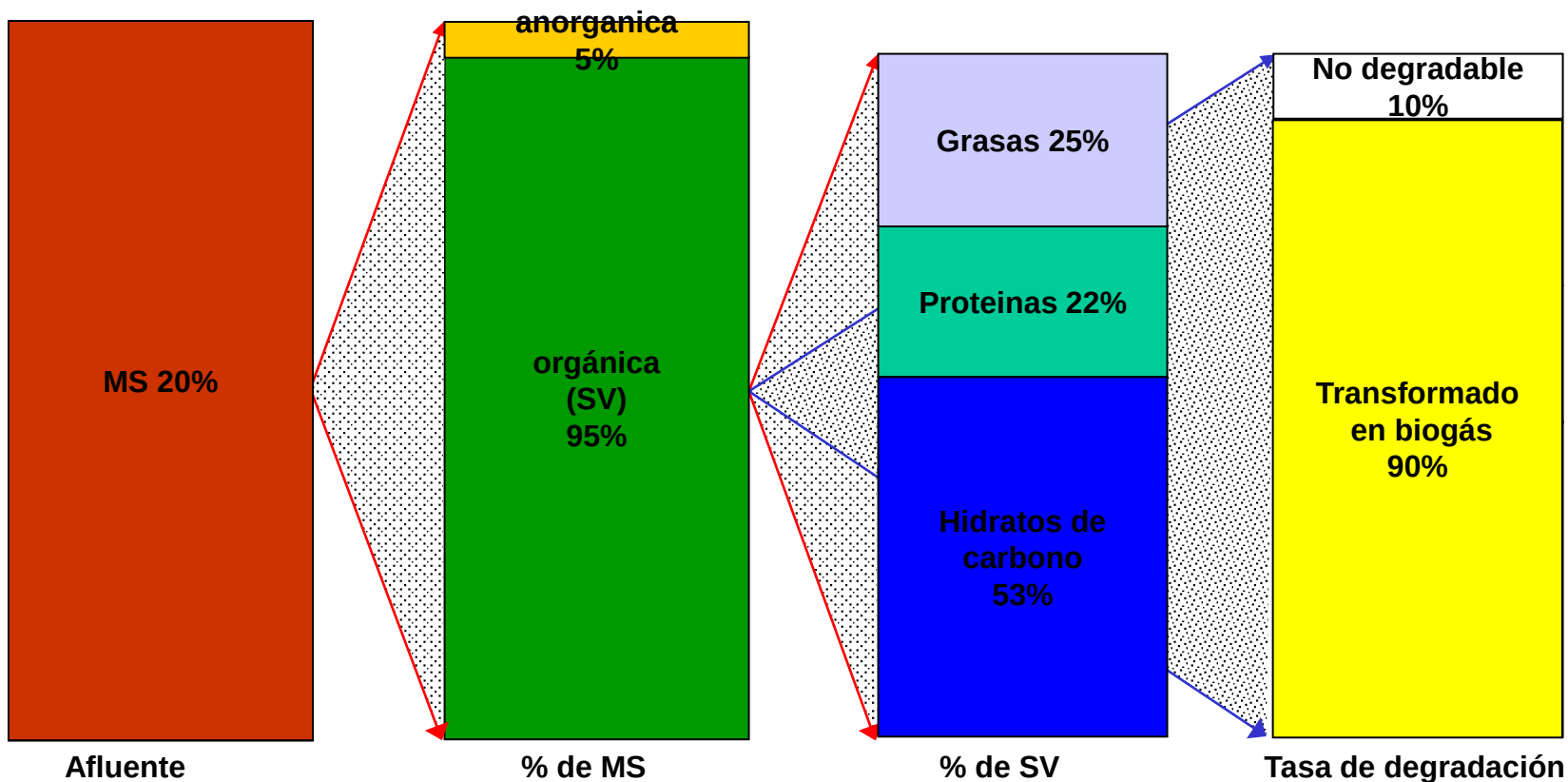
Cálculo de producción de biogas

Ejemplo: 1000 kg del aceite de soja (~1 m³)



Degradación	Rendimiento	Biogás	%CH ₄	Metano
987 kg	1.250 m ³ /kg deg.	1.234 m ³	68,0%	839 m ³
0 kg	700 m ³ /kg deg.	0 m ³	71,0%	0 m ³
0 kg	790 m ³ /kg deg.	0 m ³	50,0%	0 m ³
987 kg	1.250 m³/kg deg.	1.234 m³	68,0%	839 m³

Cálculo de degradación de masa Ejemplo: desechos de comida



Afluente: 1000 kg ---> Efluente 829 kg (82,9%)

Cálculo de producción de biogas

Ejemplo: 1000 kg desechos de comida (~1 m³)



Degradación	Rendimiento	Biogás	%CH ₄	Metano
46 kg	1.250 m ³ /kg deg.	58 m ³	68,0%	39 m ³
38 kg	700 m ³ /kg deg.	27 m ³	71,0%	19 m ³
87 kg	790 m ³ /kg deg.	69 m ³	50,0%	34 m ³
171 kg	894 m³/kg deg.	153 m³	60,4%	92 m³

Comparación de los 4 ejemplos

Substrato	degradación de masa [%]	rendimiento de producción de biogás [m ³ /m ³ de substrato]	tasa de metano [%CH ₄]
Estiércol de vacas	3%	25	55%
Estiércol de cerdos	4%	30	55-58%
Aceite de soya	99%	1200	68%
Desechos de comida	17%	150	60-65%

Cálculo de la degradación de materia orgánica y de la producción de biogás, algunos ejemplos

harina de pescado	90,00	95,00	10,00	80,00	8,42	70,00	85,00	62,63	25,00	3,95	610	714	65,43
pepinos	4,50	95,00	20,00	80,00	16,84	18,00	90,00	17,05	60,00	6,11	34	787	58,41
estiércol de gallinas	10,00	75,00	2,00	80,00	2,13	30,00	70,00	28,00	30,00	39,87	30	404	60,30
papas (16% de fécula)	22,00	97,00	0,40	80,00	0,33	7,80	80,00	6,43	85,00	8,24	153	719	51,69
maiz	87,00	95,00	4,00	85,00	3,58	9,00	80,00	7,58	80,00	8,84	599	725	52,98
ensilage de maiz	33,00	96,00	3,60	85,00	3,19	8,20	60,00	5,13	71,00	20,69	201	634	53,04
naranjas	14,30	95,00	0,30	95,00	0,30	1,00	80,00	0,84	85,00	13,86	92	681	50,31
estiércol de vacas	9,00	80,00	3,50	80,00	3,50	12,50	40,00	6,25	35,00	55,25	25	347	56,44
Residuos de ganado	20,00	70,00	2,00	80,00	2,29	8,00	40,00	4,57	35,00	58,14	45	319	54,55
Grano del centeno	87,00	96,00	1,60	85,00	1,42	10,00	70,00	7,29	85,00	6,29	616	738	52,40
estiércol de cerdos	7,00	82,00	4,00	80,00	3,90	20,00	50,00	12,20	50,00	33,90	29	505	56,56
aceite de soya	99,90	100,00	99,80	99,00	98,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1234	1235	68,00
desechos de comida	20,00	95,00	24,00	95,00	24,00	21,00	90,00	19,89	46,00	10,11	148	781	60,47
Tomates	5,80	95,00	3,50	90,00	3,32	16,00	90,00	15,16	80,00	1,53	43	772	53,99
Cebollas	12,00	95,00	2,70	90,00	2,56	12,00	90,00	11,37	80,00	6,07	84	738	53,16

Ejercicio: Cálculo de producción de biogas y porcentaje de metano



Substrato	Quantidad t/d	MS %	SV %	Grassas %SV	Degra- dación %	Protei- nas %SV	Degra- dación %	Hidratos d.c. %SV	Degra- dación %
ensilage de maiz	1,00 t/d	33,00	96,00	3,75	85,00	8,54	60,00	87,71	71,00
estercol de vacas	5,00 t/d	9,00	80,00	4,38	80,00	15,63	40,00	80,00	35,00
estercol de cerdos	5,00 t/d	7,00	82,00	4,88	80,00	24,39	50,00	70,73	50,00
desechos de comida	1,00 t/d	20,00	95,00	25,26	95,00	22,11	90,00	52,63	46,00
Cebollas	0,50 t/d	12,00	95,00	2,84	90,00	12,63	90,00	84,53	80,00

Mixtura:

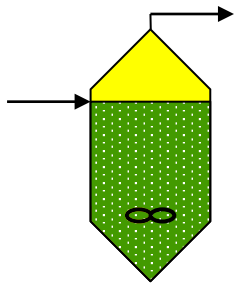
Materia seca en afluente:
.....
%

Degradación de MS:
.....
%

Producción de biogás:
.....
m³/d

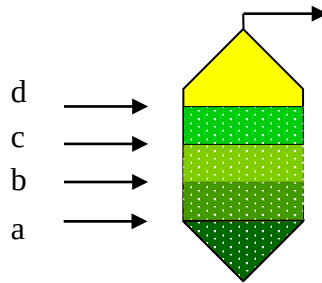
Porcentaje de metano:
.....
% CH₄

Características de los sistemas anaeróbicos (1)



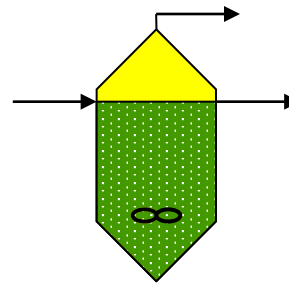
Procedimiento Batch

- Una sola carga, discontinua
- Evacuación del contenido del fermentador.
- Puede haber un agitador disponible.



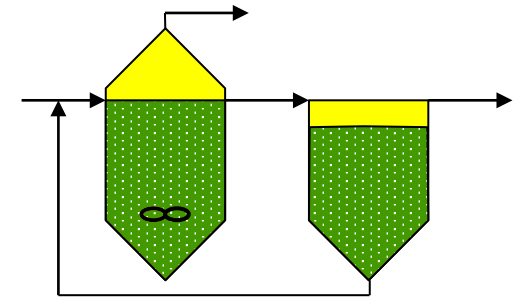
Sistema de depósito

- Carga reiterada (a-d) discontinua.
- Sin evacuación simultánea del contenido del fermentador.



Sistema continuo totalmente entremezclado

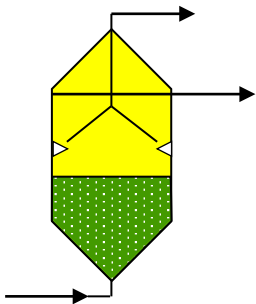
- Sistema de circulación de una sola etapa.
- Sistema de agitación para homogenización.
- Carga continua o semicontinua.



Procedimiento de contacto anaeróbico

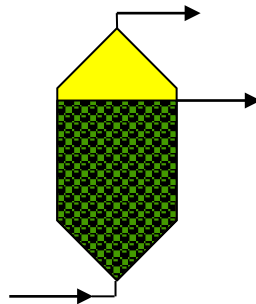
- Sedimentación de salida
- Reenvío de lodo activo
- Carga continua o semicontinua.

Características de los sistemas anaeróbicos (2)



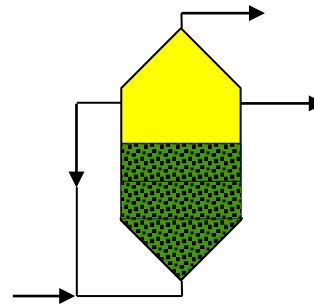
Flujo ascendente con lecho de lodo sin portador de material

- Separador integrado de lodo y gas.
- Lodo sedimentado como lecho de lodo en la parte inferior del fermentador.



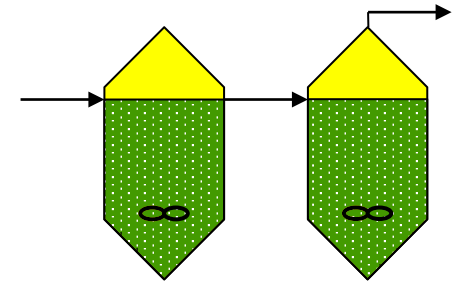
Filtro anaeróbico Fermentador de material de soporte firme

- Flujo ascendente o descendente
- Biomasa activa en un material de soporte firme.



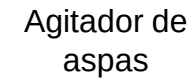
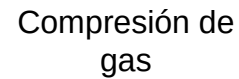
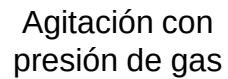
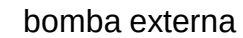
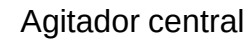
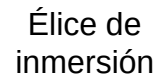
Sistema de lecho fluidizado (Fluidized Bed)

- Flujo ascendente
- Reserva de la biomasa activa en material de soporte menor
- Conducción del ciclo para mantener los materiales de soporte en suspensión.

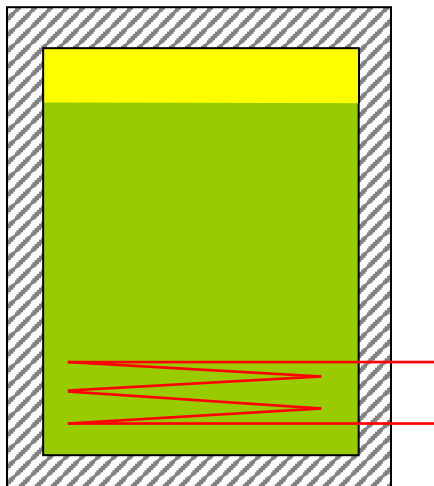


Sistema de 2 etapas

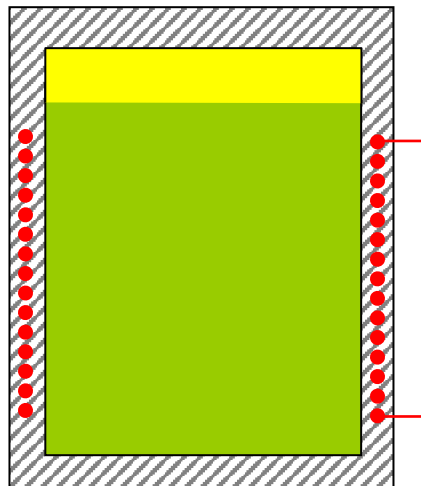
- Dos fermentadores en línea
- Hidrólisis en el primer fermentador.
- El procedimiento descrito puede ser estructurado por cada usuario.



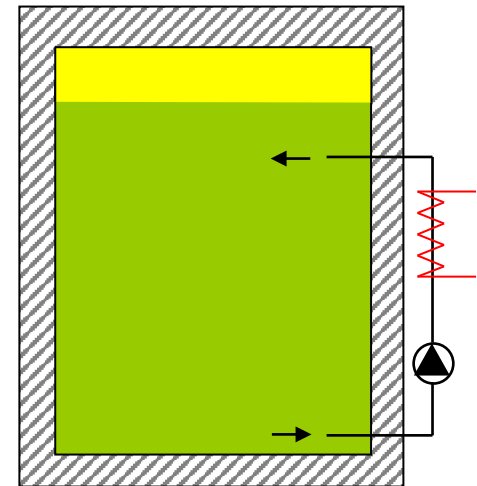
Variantes de sistemas de calefacción del fermentador



Haz de tubos en el fermentador

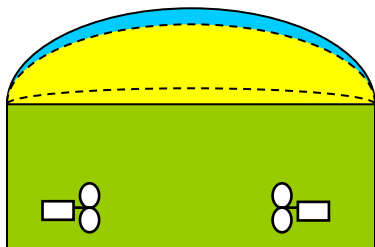


Calefacción de muro en hormigón

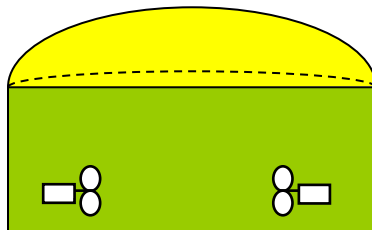


Recuperador térmico exterior

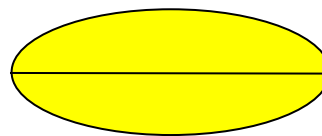
Variantes de sistemas de almacenamiento de biogás



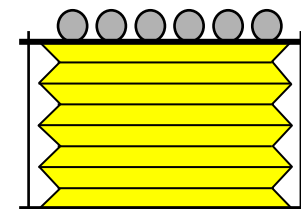
Acumulador de láminas de doble membrana
 $P < 5 \text{ mbar}$



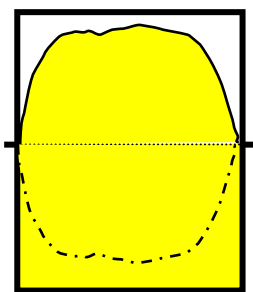
Acumulador de láminas de una membrana de caucho (EPDM)
 $P < 10 \text{ mbar}$



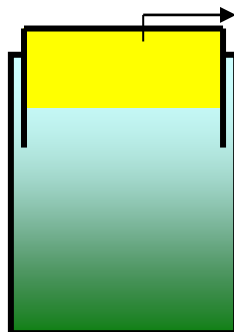
Acumulador de globo
 $P < 5 \text{ mbar}$



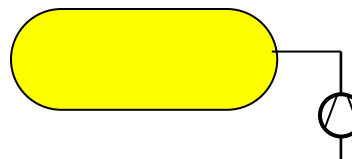
Acumulador de almohadilla con masa de sobrecarga
 $P < 50 \text{ mbar}$



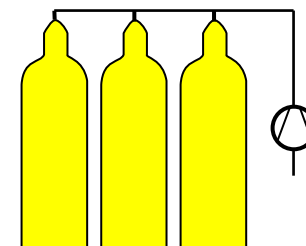
Acumulador de láminas en contenedor
 $P < 20 \text{ mbar}$



Acumulador de taza de agua
 $P < 50 \text{ mbar}$

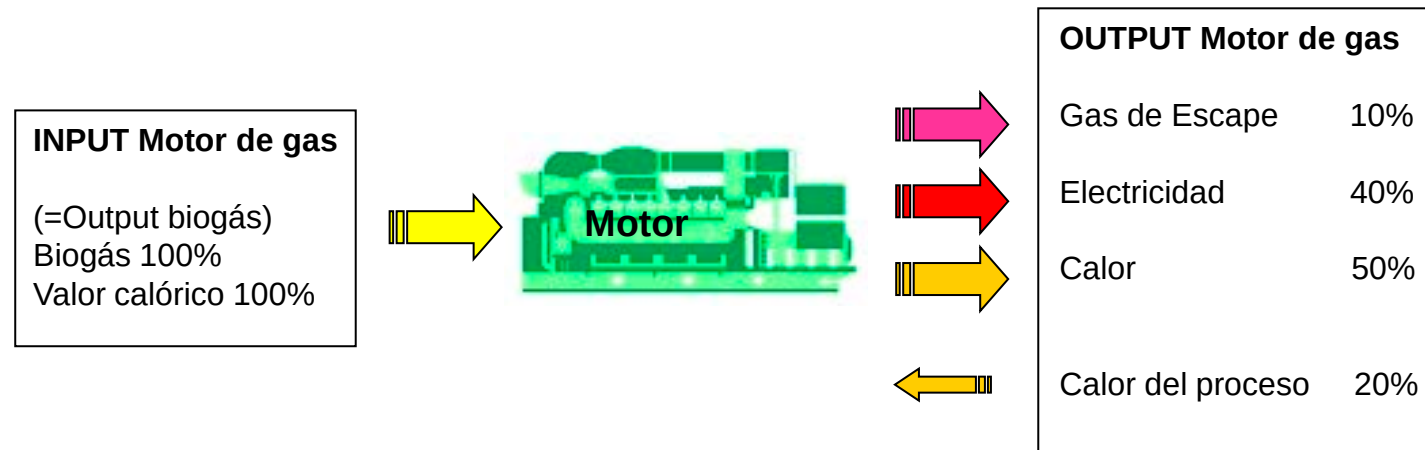


Acumulador de media presión
 $P < 40 \text{ bar}$

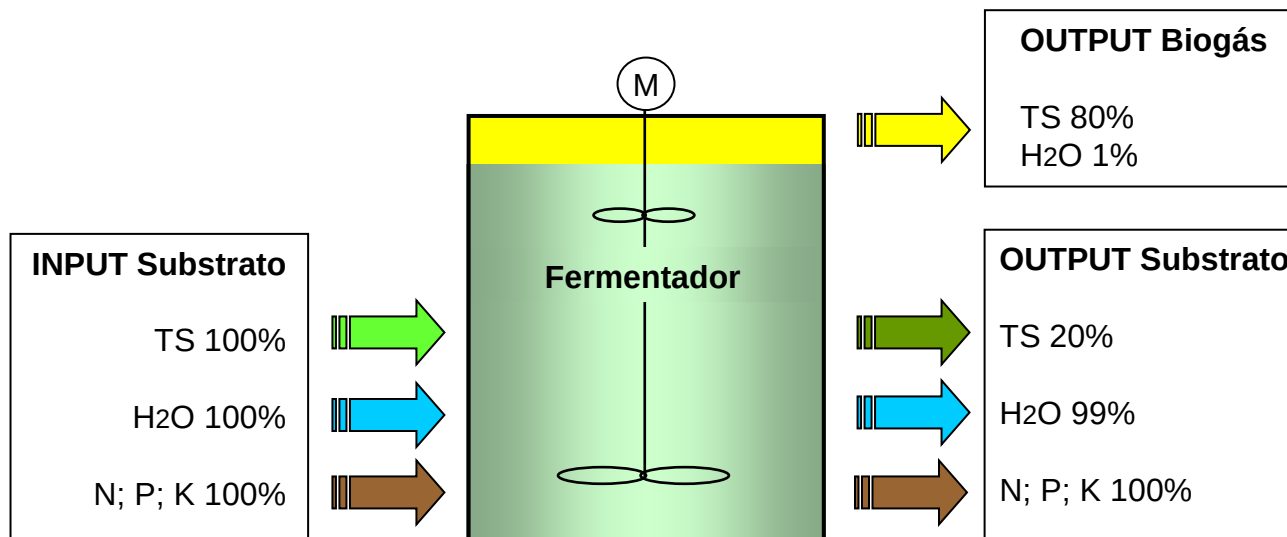


Acumulador de alta presión
 $P < 350 \text{ bar}$

Balance de energía de Cogeneración (Motor de gas)

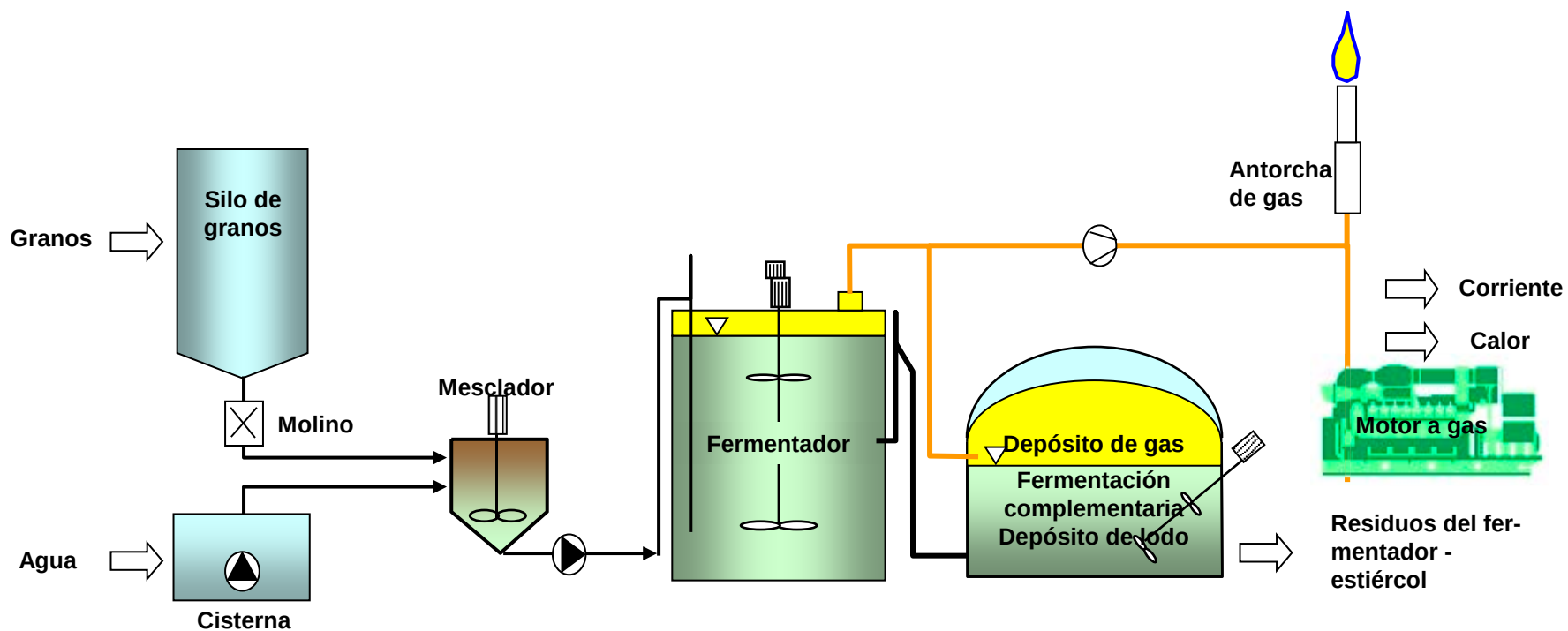


Balance de volumen de la fermentación



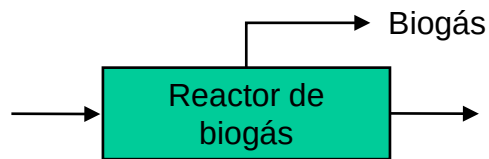
- ¡La sustancia orgánica es transformada en metano y anhídrico carbónico!
- ¡El agua y todas las sustancias nutritivas se conservan!
- ¡Los desperdicios sólidos se transforman en residuos líquidos o en aguas residuales!

Gráfico de flujo de una planta de biogás en base a granos

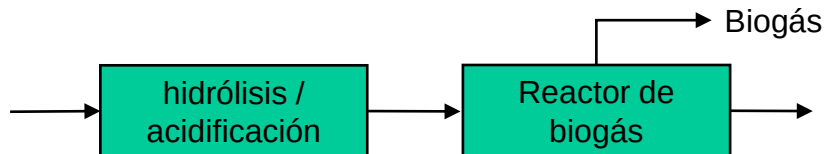


Proceso de fermentación

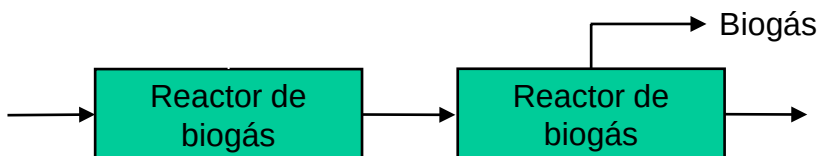
Proceso de una etapa



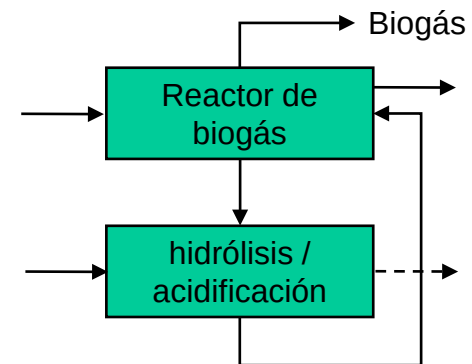
Proceso de dos etapas



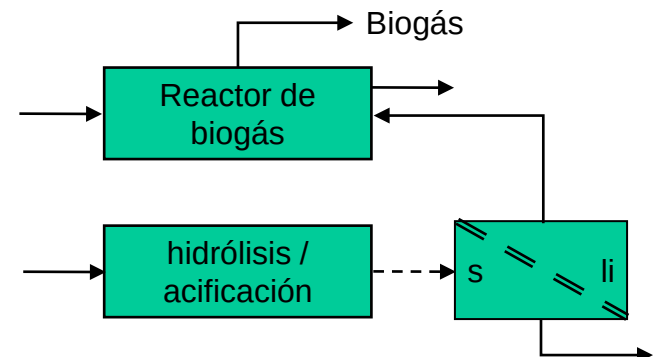
Reactor en cascada



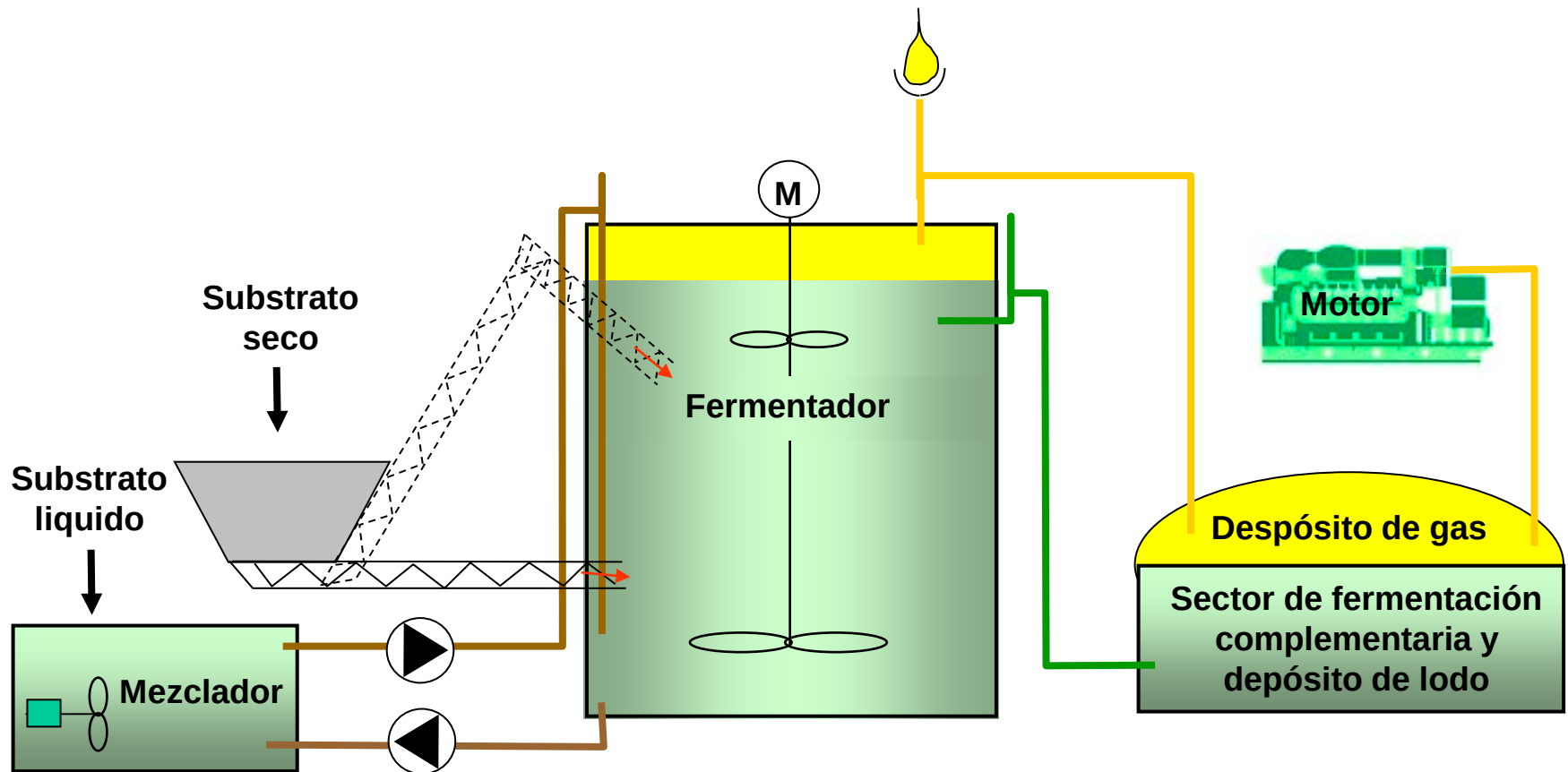
Proceso bifásico de dos etapas a) Método de percolación



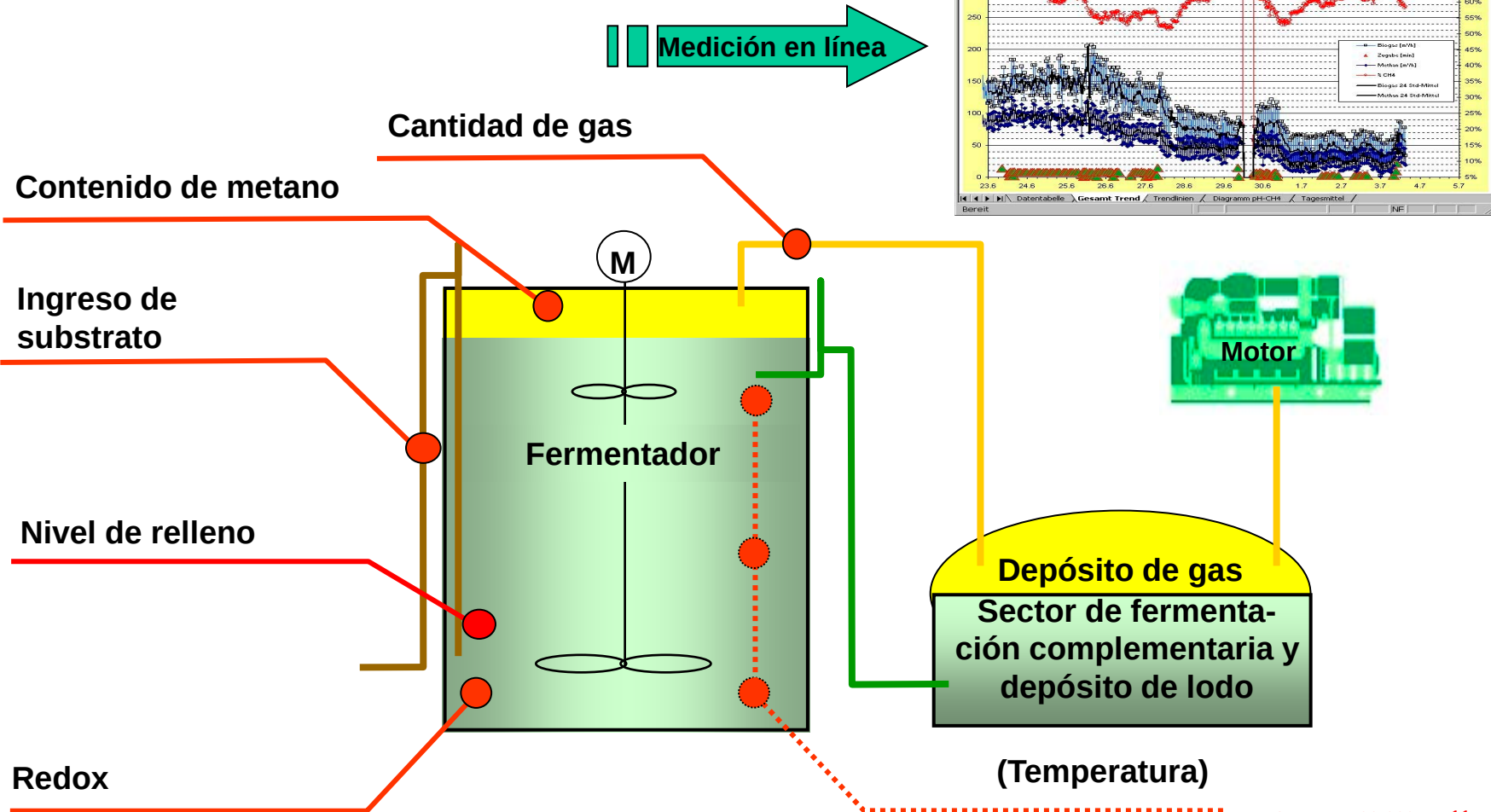
b) Separación sólidos/líquidos



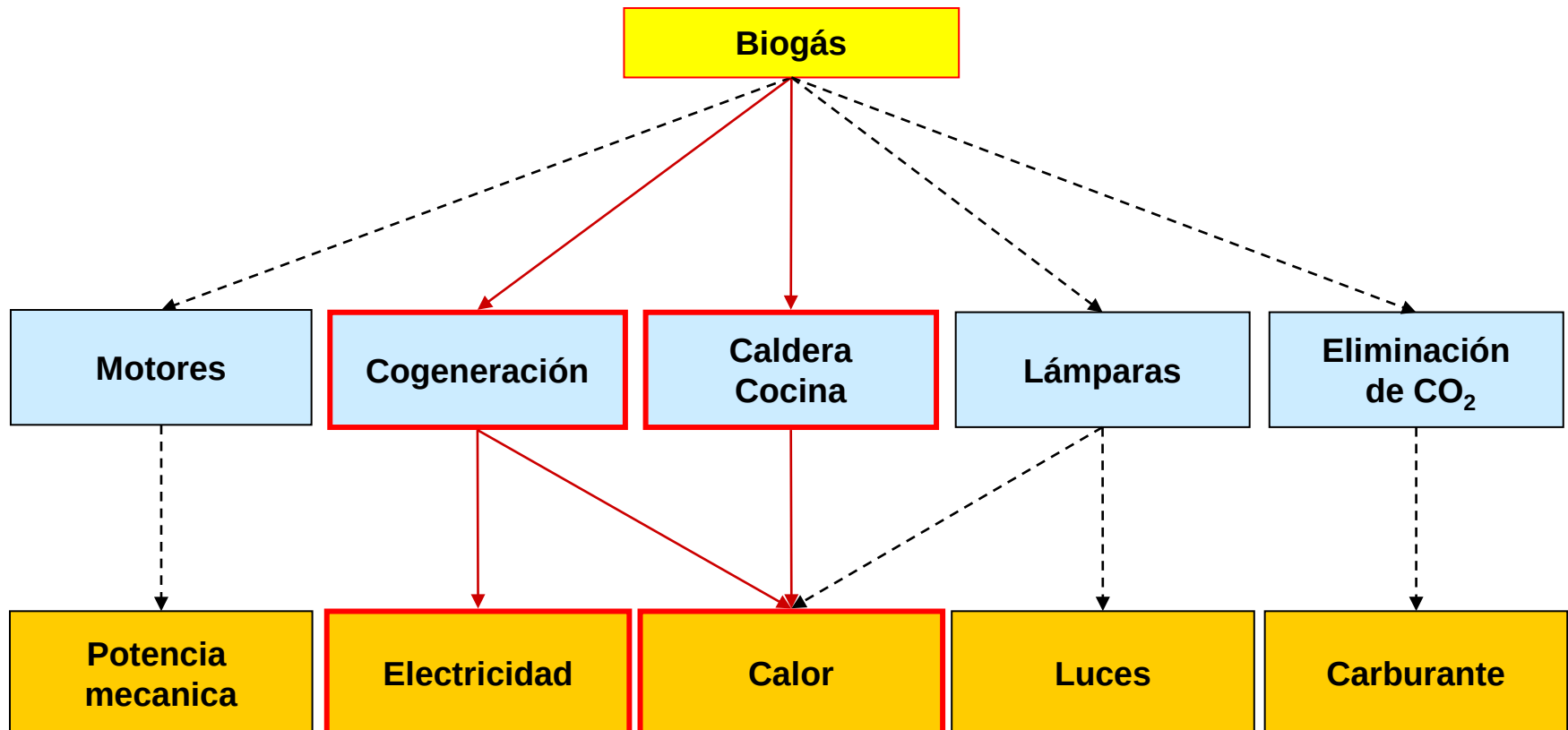
Esquema de una planta de biogás a base de maíz



Técnica de medición



La utilización de biogás



Valor energético de Biogas

1 m³ de metano = 10 kWh

1 m³ de Biogás de 60% de metano = 6 kWh

1 m³ de gas natural = 9,5 - 10 kWh

1 litro de bencina = 10 kWh

Limpieza de biogás

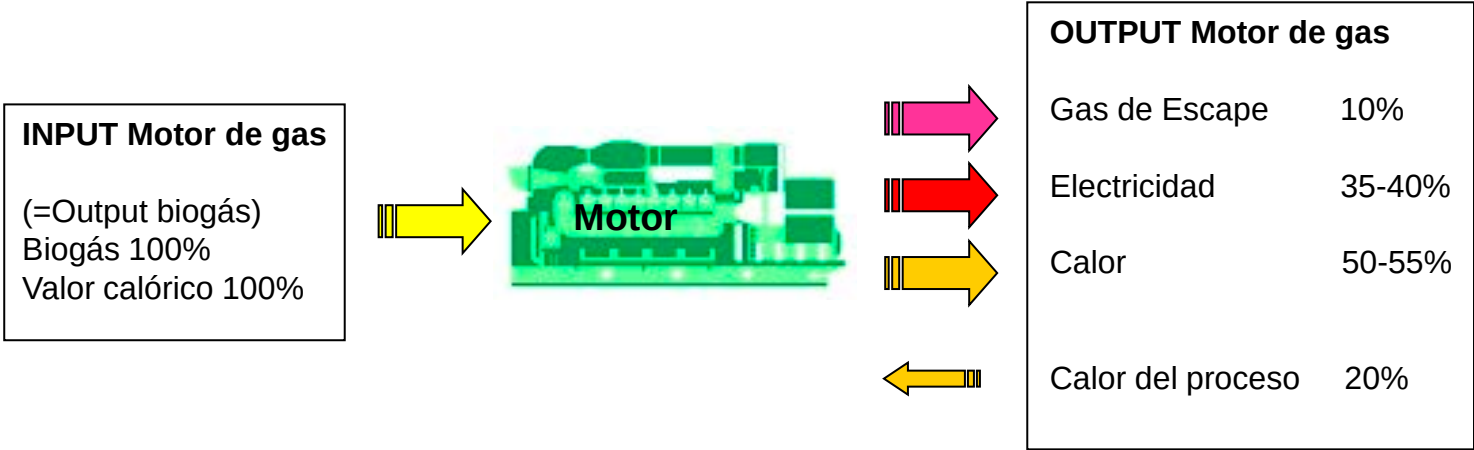
- **eliminación de H_2S**
- **eliminación de agua (condensación) / secar el gas**
- **eliminación de CO_2**

Materiales adecuados para instalaciones de biogás

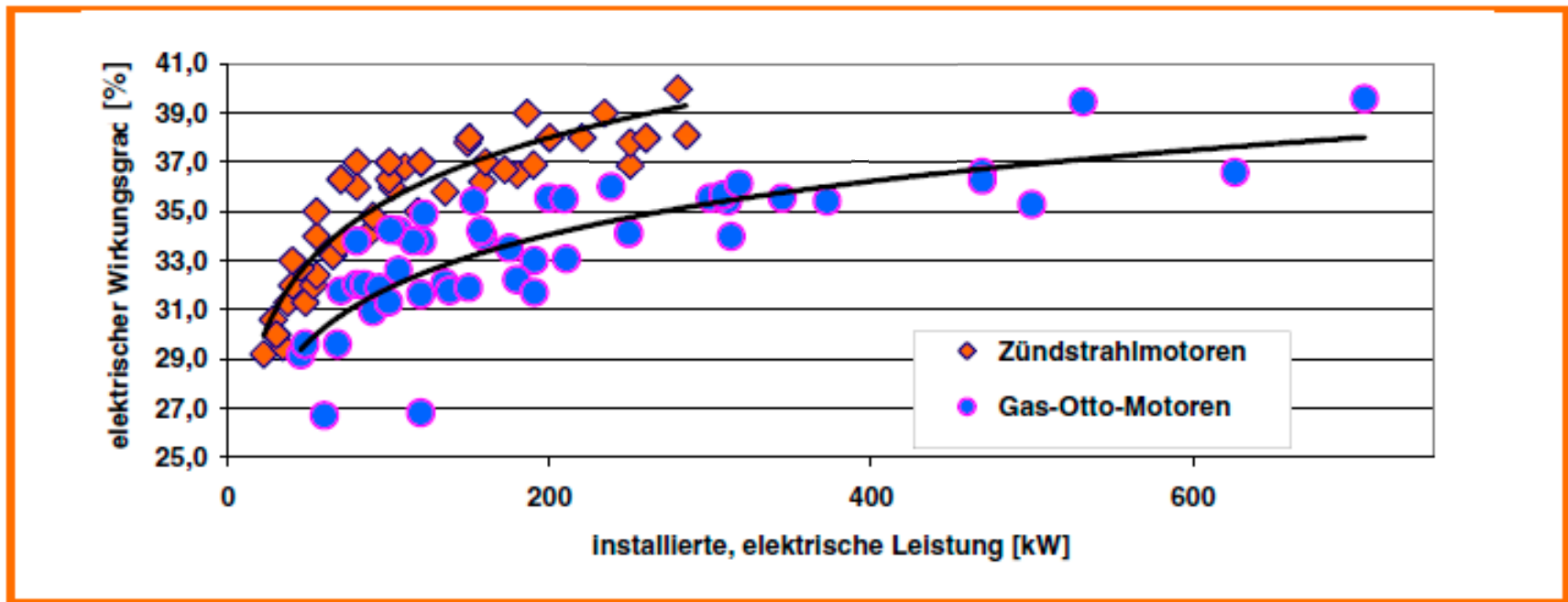
- PVC
- PE
- Acero especial

- No cobre !
- No latón !
- No zinc !

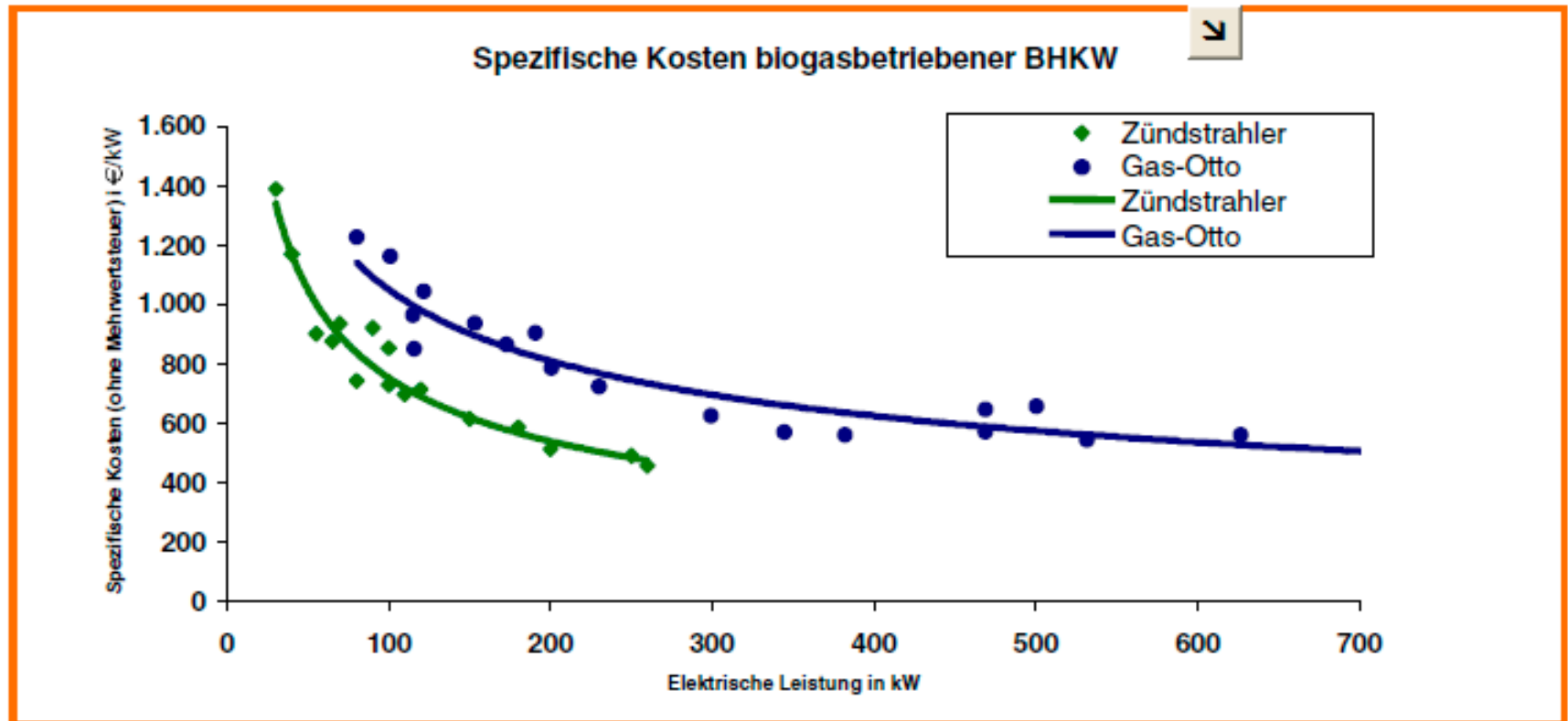
Balance de energia de Cogeneración (Motor de gas)



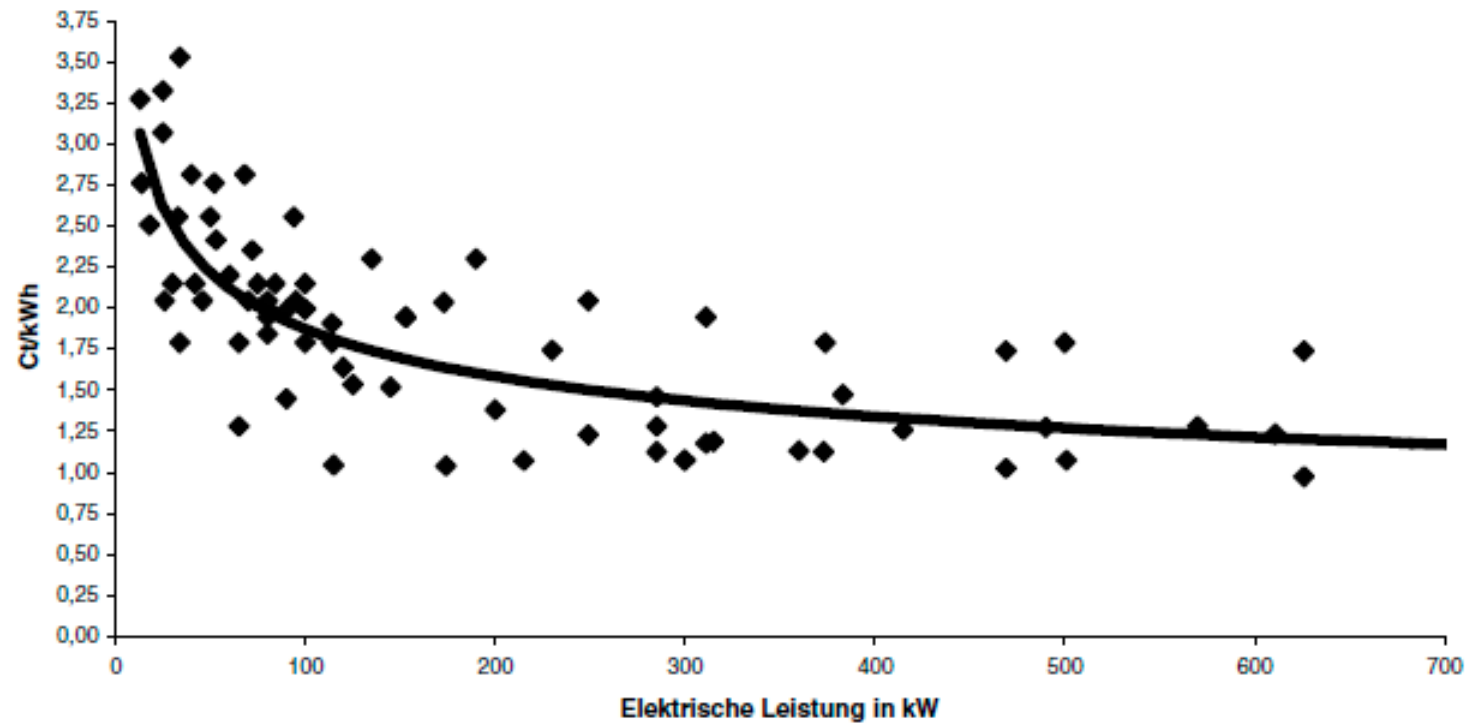
Rendimiento de motores Diesel y Gasolina



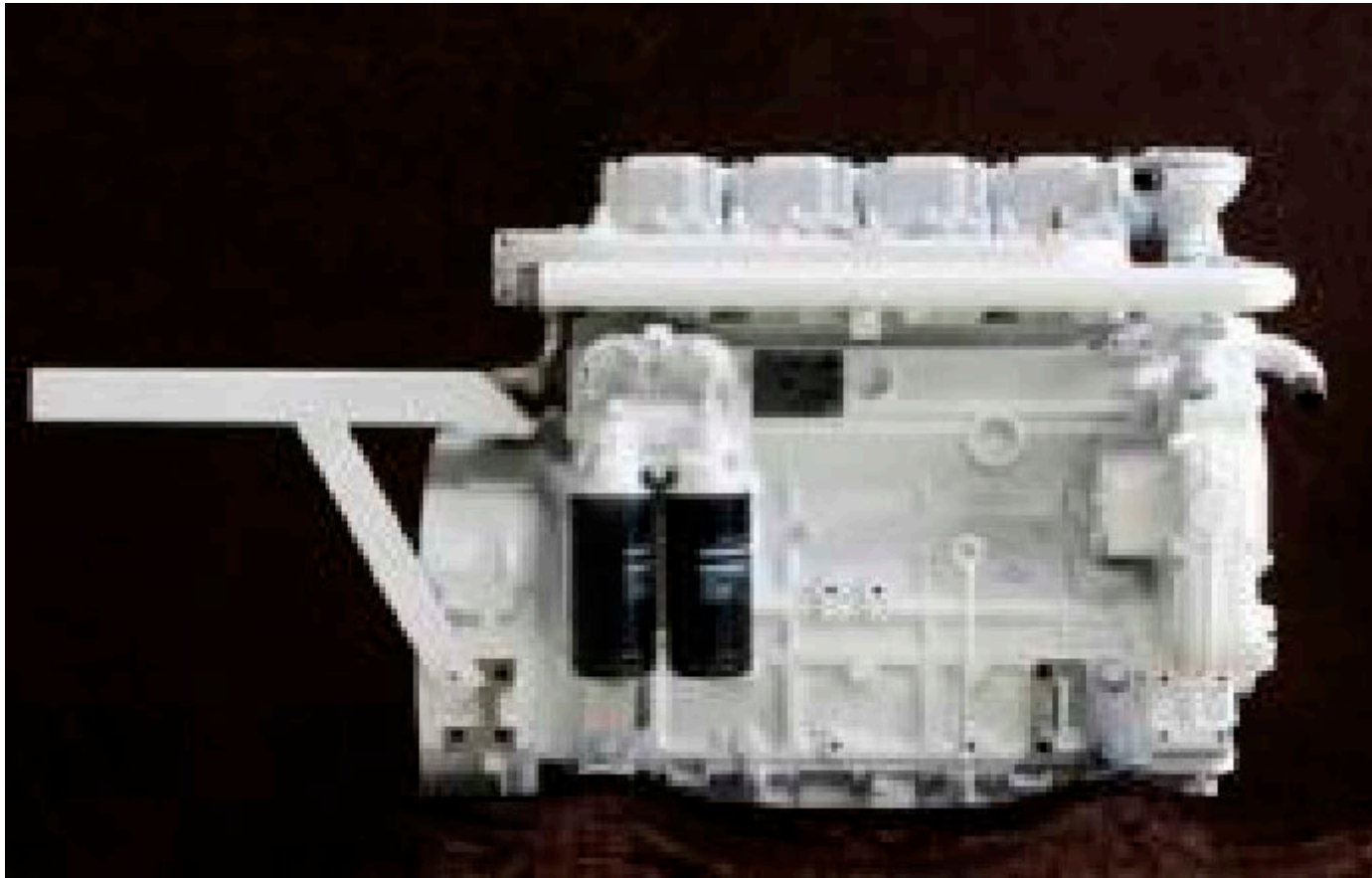
Costos de inversión de motores Diesel y Gasolina



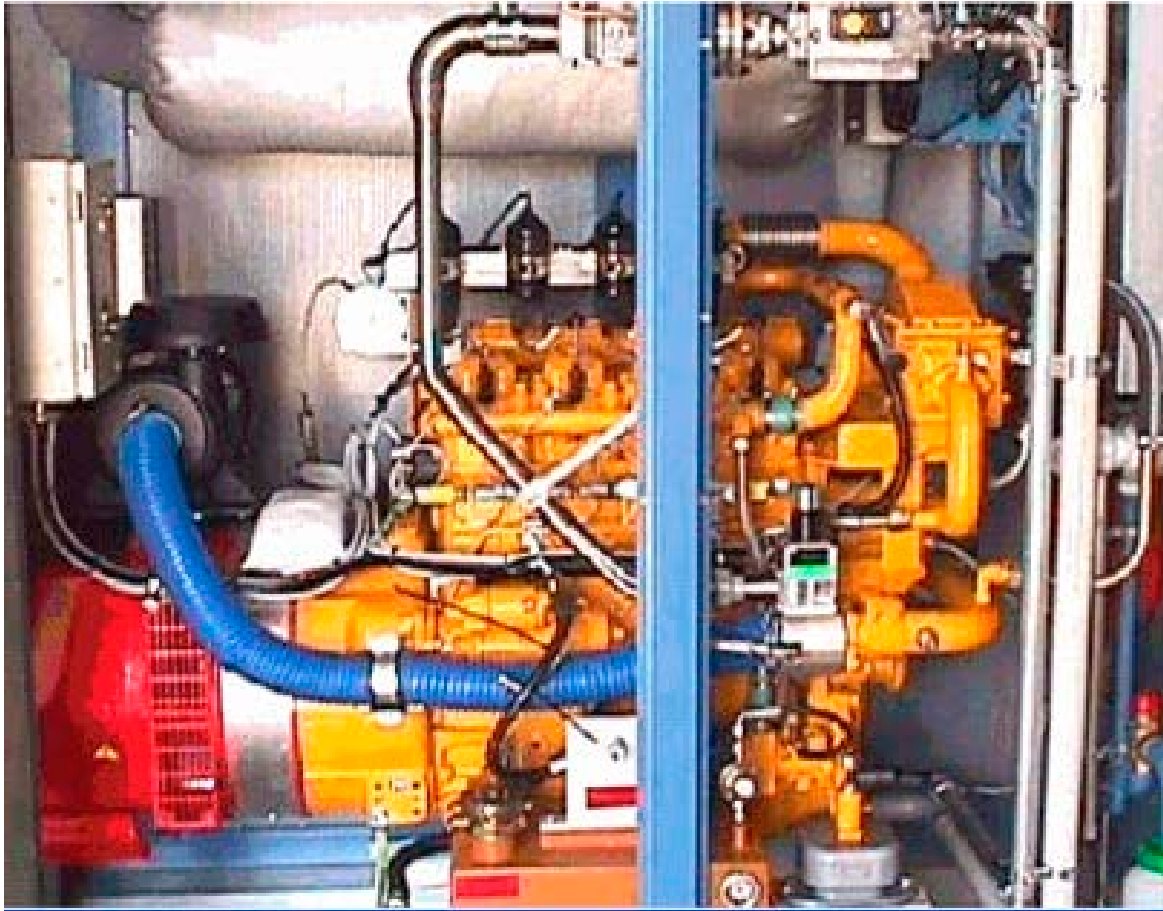
Costos de mantenimiento de motores de cogeneración



Ejemplo: Motor 35 kWel (OPEL)



Ejemplo Motor 40 kWel (Sokratherm)



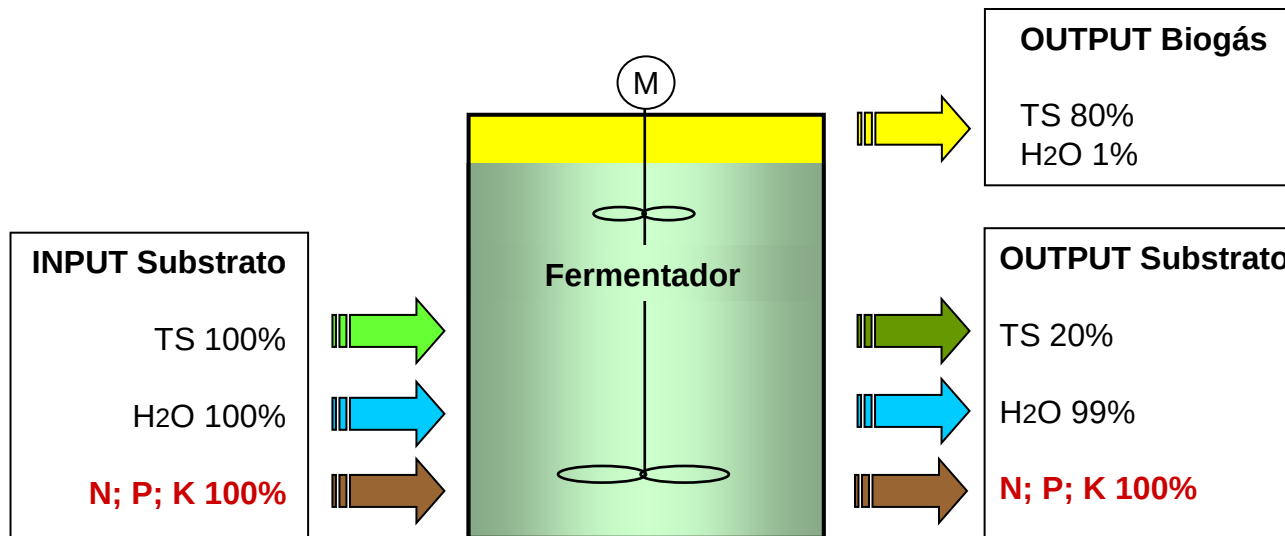
Ejemplo: Motor 330 kWel (Jenbach)



Ejemplo: Motor de 250 kWel (Deutz)



Balance de volumen de la fermentación



- ¡La sustancia orgánica es transformada en metano y anhídrico carbónico!
- **¡El agua y todas las sustancias nutritivas se conservan!**
- ¡Los desperdicios sólidos se transforman en residuos líquidos o en aguas residuales!

Utilización de efluente

- Una planta de biogás produce energía **y** un efluente
- Todos los nutrientes se conservan
- Efluente es un fertilizante (N,P,K)
- No produce carga sobre el medio ambiente
- Utilización puede reemplazar fertilizantes minerales
- Necesidad de almacenamiento de efluente

Efluente

El efluente es un buen abono gracias a que presenta:

- fluidez mejorada
- menores efectos cáusticos en las plantas por medio de la descomposición de ácidos orgánicos,
- disminución de la relación C/N y como consecuencia
- un mejor y más corto efecto fertilizante

Disponibilidad y efecto del nitrógeno en los nutrientes

La mayor fluidez produce menos problemas en el bombeo, homogenización y extracción del estiércol. Para las necesarias y exigentes técnicas de aplicación de estiércol (manguera de arrastre, contera de arrastre), no tiene especial importancia la disminución de las emisiones de amoníaco. Los residuos de fermentos o el estiércol diluido, especialmente con un contenido de materia seca bajo el 4 o 5 %, circula mejor en la vegetación y por ello produce menos suciedad en el alimento.

El resultado de la disminución del efecto corrosivo juega más bien un rol secundario. Este aparece la mayoría de las veces sólo cuando el estiércol fresco segregado es esparcido sobre plantas, pues de inmediato suben los contenidos de los ácidos orgánicos responsables de ello. Cuando el estiércol en bruto ha sido almacenado por muchos meses no es de esperar en la extracción que existan efectos corrosivos.

La relación C/N en los residuos de fermentos se restringe como consecuencia de la fermentación de metano, en relación al grado de pudrimiento, más o menos de 9:1 a cerca de 5-6:1, en excremento líquido; de 15:1 a 7:1 en excremento sólido. Esto produce una escasa fijación de nitrógeno en el suelo y, por consiguiente, una mejor disponibilidad del mismo en el uso de los fermentos residuales en la constitución de las plantas.

Comparación entre efluente fermentado y no fermentado

	Unidad	Estiércol de vacuno, no fermentado (RG)	Estiércol de vacuno fermentado (RGv)	Estiércol de vacuno fermentado (RGvS)	Estiércol de vacuno, no fermentado, procesado (RGe)
Contenido de N	[kg/t]	4	4	4	4
Parte del NH ₄ -N en el Nitrógeno total	[%]	50	55	55	50
Cantidad obtenida	[t/ha]	40	40	40	40
Cantidad de N obtenido de él NH ₄ -N	[kg/ha]	160	160	160	160
N orgánico absorbido		80	88	88	80
		80	72	72	80
Menos perdida de NH ₃ -RG y RGv 40%, RGvS 25% RGe 10% del NH ₄ -N	[kg]	32	35	22	8
Menos el N orgánico absorbido, no activo, en el año de aplicación: RG 90%, RGv, RGve 95%, RGe 90%.	[kg]	72	68	68	72
Más el "efecto C/N" de substratos fermentados	[kg]	-	7	7	-
Nitrógeno remanente teóricamente disponible en el año de aplicación.	[kg]	56	63	77	80
	[% del Nt obtenido]	35	40	44	50
Total de Nitrógeno disponible cinco años después de su aplicación.	[kg]	66	70	83	90
	[% del Nt obtenido]	41	44	52	56

Comparación entre efluente secado fermentado y no fermentado

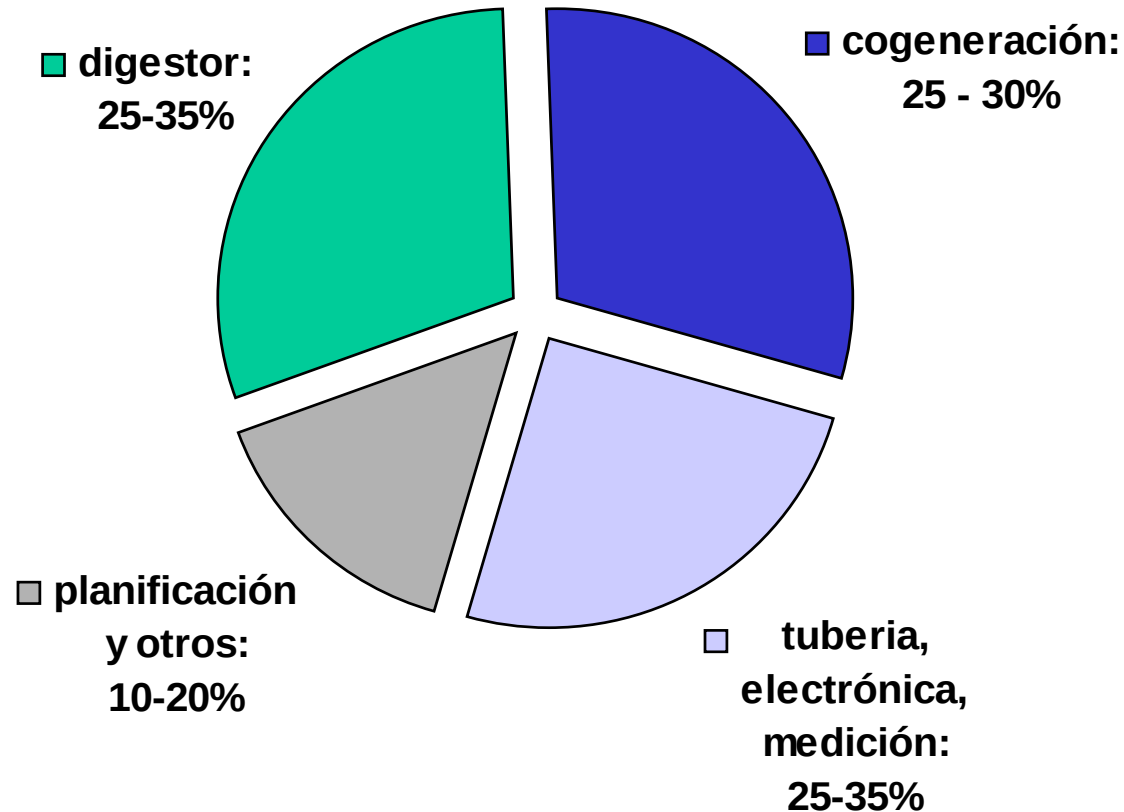
	Unidad	Estiércol de vacuno, no fermentado (RG)	Estiércol de vacuno fermentado, procesado (RGve)	Excremento sólido (FM)	Excremento sólido fermentado, procesado (FMve)
Contenido de N	[kg/t]	4	4	7	4
Parte del NH ₄ -N en el Nitrógeno total	[%]	50	55	10	30
Cantidad obtenida	[t/ha]	40	40	23	40
Cantidad de N obtenido de él NH ₄ -N	[kg/ha]	160	160	160	160
N orgánico absorbido		80	88	16	48
		80	72	144	112
Menos perdida de NH ₃ -RG y RGve 40%, FM 50%, FMve 10% del NH ₄ -N	[kg]	32	9	8	6
Menos el N orgánico absorbido, no activo, en el año de aplicación: RG 90%, Rgve 95%, FM 80%, Fm ve 90%.	[kg]	72	68	112	106
Más el "efecto C/N" de substratos fermentados	[kg]	-	7	-	11
Nitrógeno remanente teóricamente disponible en el año de aplicación.	[kg]	56	83	30	49
	[% del Nt obtenido]	35	52	19	31
Total de Nitrógeno disponible cinco años después de su aplicación.	[kg]	66	91	53	64
	[% del Nt obtenido]	41	57	33	39

Economía

Factores principales:

- Inversión (y costos resultados)
- Costos de operación
- Ingresos
- Beneficio

Inversión



Costos de la inversión

Costos de crédito (Agio)	1 – 2 %
Interés	5 – 8 %
Amortización	5 – 10 a
La cuota de amortización 5-8%, 10a	13 – 15% p.a.

Costos de operación

Substratos	depende del origen
Manejo y control	2-3 h/d
Seguros	0,5% de la inversión
Reparación y mantenimiento de motor	50 -100 \$ por kWh
Gasolina para el motor (si es necesario)	< 10% de la cantidad de biogás
Reparación y mantenimiento de la digestión	2% de la inversión p.a.
Necesidad eléctrica de la planta	5 – 10% de la producción
Administración	depende de medida
Analíticas	depende del substrato
Asistencia externa	1.0 – 2.0 Mio. \$
Utilización de abono	depende de la composición

Ingresos

- Electricidad

Potencia y energia

el precio depende del contrato

- Calor

- (sustitución de energia fósil)

si es utilizado

- Abono

(sustitución de abono mineral)

depende de la composición

Beneficio

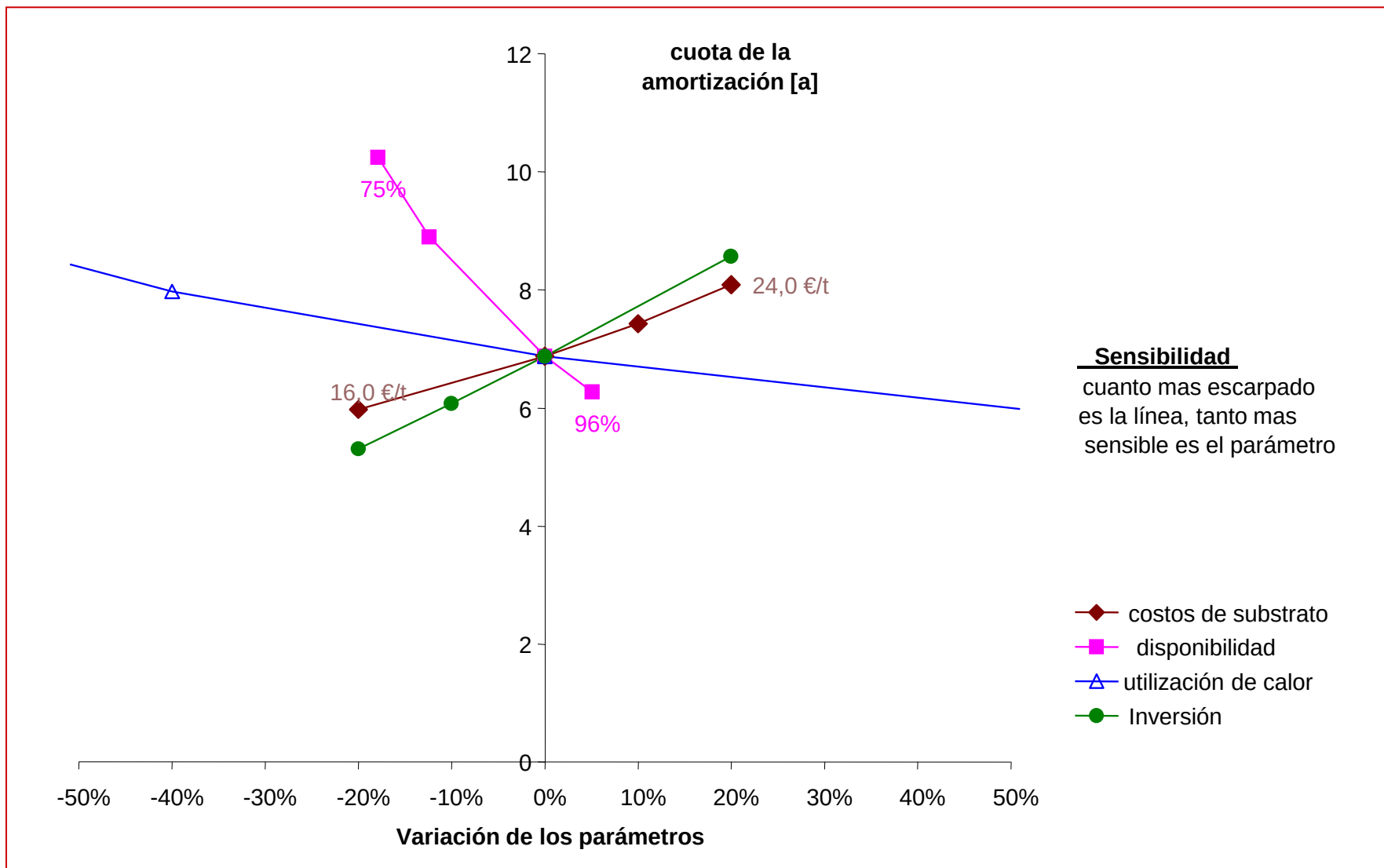
+ Ingresos
- Costos de la inversión
- costos de la operación

Saldo

Análisis de sensibilidad

Inversión	++
Costos por el substrato	+++
disponibilidad	++++
utilización de calor	+
precio por la energia eléctrica	++++

Análisis de sensibilidad - Ejemplo



Ejemplo de un análisis económico (1)

substratos y energia

afluente	t/a	m³ Gas/t	€/t
estiércol de 5.000 vacas	91.250	26	0,0
total			
efluente	88.457		
Producción de biogás	m³/a	kWh/m³	MWh/a
Biogás	2.391.480	5,5	13.078
Disponibilidad	91%	8.000 horas de potencia instalada	
Motor de gas	rendimiento	potencia	energía
Input energía	100%	1.493 kW	11.943 MWh/a
energía eléctrica	39,0%	582 kW	4.658 MWh/a
potencia calórica del motor	43,0%	642 kW	5.136 MWh/a
utilización de calor	proceso	Resto	utilizado
tasa	20%	80%	0,0%
calor en MWh	1.027	4.108	0

Ejemplo de un análisis economico (2)

Ingresos

	bis 150 kW	bis 500 kW	bis 5 MW	Medio
Ventas de electricidad	50,00 €	50,00 €	50,00 €	50,00 €
Ingresos				Suma p.a.
Electricidad	50,00 €/Mwh	4.658 MWh/a		232.892 €
Calor	40,00 €/Mwh	1.027 MWh/a		41.085 €
Suma				292.608 €

Ejemplo de un análisis económico (3)

Costos de operación

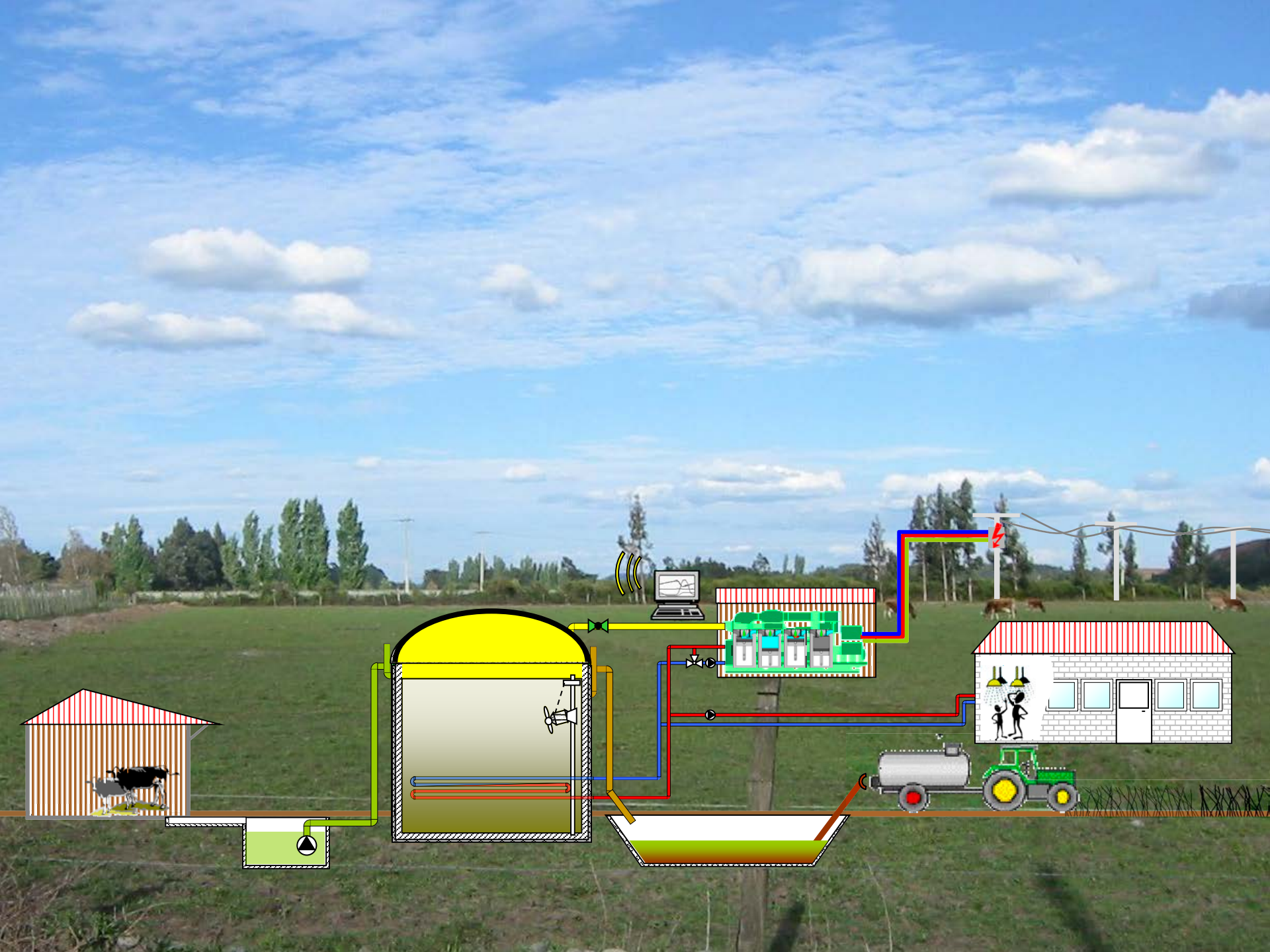
				Costo Anual
Electricidad de proceso	20,0 kW	8.760 h/a	0,05 €/kWh	8.760 €
Costos de operación	2,0 h/d	10 €/h		7.300 €
Administración	total			2.500 €
Seguro	0,5 % costos de construcción.			5.750 €
reparación y mantenimiento motor	5,00 €/Bh (incluye mantenim. Largo plazo)			41.899 €
reparación y mantenimiento otros	2,0 % construcción o motor a gas			16.000 €
susbtratos	87.892 t/a con un promedio 0,0 €/t			- €
transporte abono	0,00 €/t			- €
analisis, soporte externo	total			2.500 €
Otros	total			- €
Suma de costos de operación				84.709 €

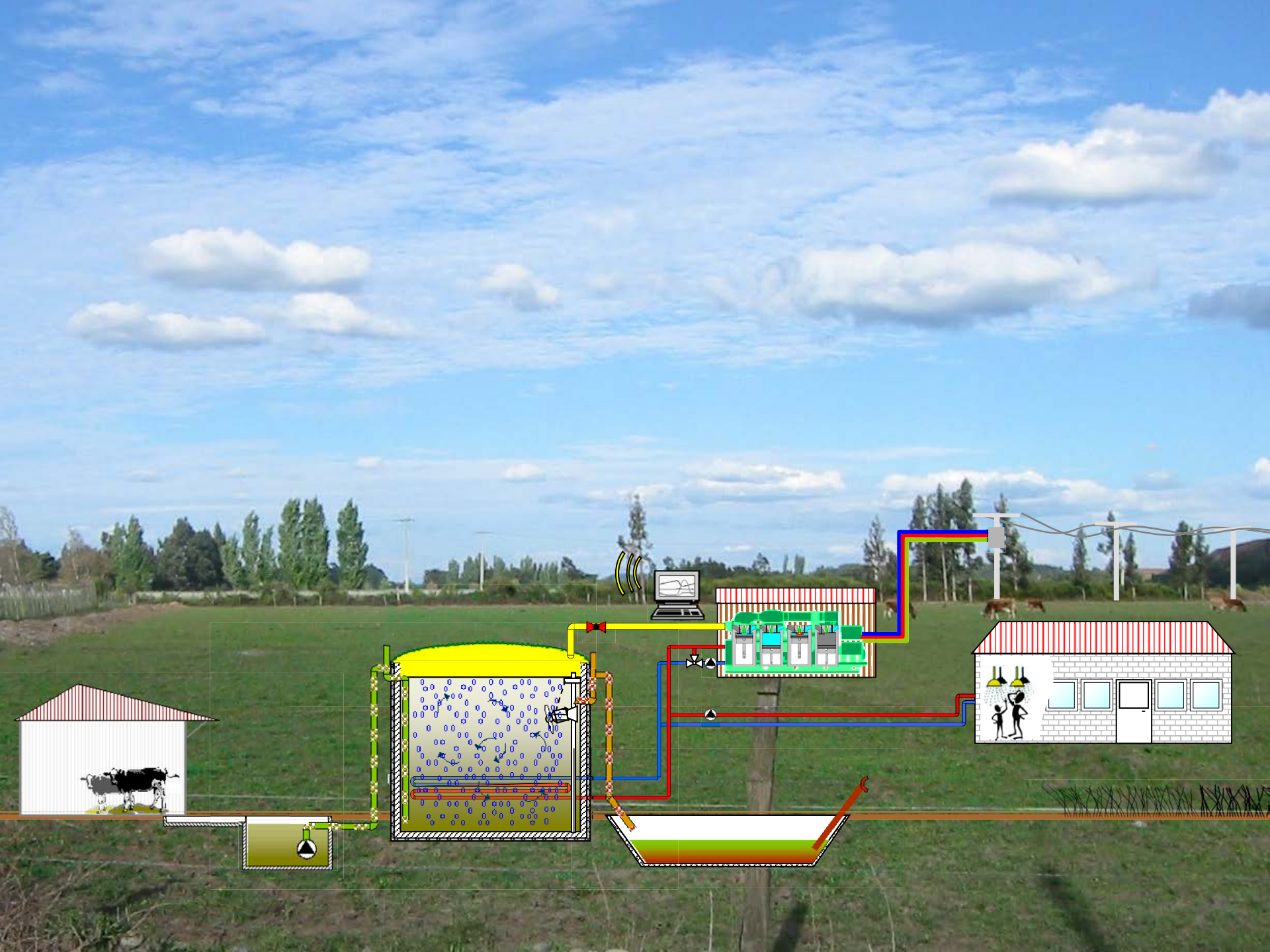
Ejemplo de un análisis económico (4)

Inversión y costos de la inversión

		Cantidad
Inversión sin motor		800.000 €
motor		350.000 €
terreno		- €
costos de financiamiento	1,0%	11.500 €
Suma de inversión		1.161.500 €
Financiamiento		
interés de inversión	10%	
Cuota de amortización	16,24%	
Costos anuales de inversión		188.628 €

Saldo / beneficio	+ 19.271,73 €
--------------------------	----------------------







Juego Millonario

Las bacterias metanogénicas no pueden trabajar

A en la oscuridad

B sin alimentation

C en domingo

D en presion de 1 bar

Cual es el rendimiento electrico de la cogéneración con un motor de biogás?

A

10%

B

35%

C

60%

D

100%

En cuanto tiempo las bacterias metanogénica se duplican?

A

1 min

B

1 hora

C

1 dia

D

14 dias

El porcentaje de Metano en el biogás de una planta por la mayoría de substratos organicos es ...

A

50 – 70 %

B

25 – 30 %

C

80 - 120 %

D

30 – 40 %

El color conjunto en las banderas de Chile y Alemania es

A

blanco

B

azul

C

rojo

D

verde

**Carga biologica maxima del volumen [kg/m³•d]
en un digestor de agitación total es ...**

A

0,02 – 0,5

B

0,7 – 1,0

C

1,2 – 2,1

D

2,5 – 4,5

La composición mas interesante de un analisis de substratos es la tasa de ...

A

agua

B

materia organica

C

materia seca

D

grasas

Qué bacterias trabajan conjunto simbioticamente ?

A

**hidrolíticas y
fermentativas**

B

**acétogenes y
metanogénicas**

C

**fermentativas y
méthanogénicas**

D

**hidrolíticas y
acetogenes**

Cual es el nombre de un futbolista de Bremen

A

Barca

B

Juve

C

Werder

D

Ajax

Biogás comprende ...

A

Metano

B

Propano

C

Butano

D

Methanol