



*Tendencias en el tratamiento
Integral de Aguas Residuales*

Congreso Internacional Ambiental Manizales

“Tendencias en el tratamiento integral de aguas residuales”

Manizales, septiembre 18 - 21 de 2017



Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Sede Manizales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Universidad®
Católica
de Manizales





Tratamiento y aprovechamiento de lodos de origen doméstico "Acidogénesis alcalina de lodos activados de purga"



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA *Iztapalapa*

Dr. Oscar Monroy Hermosillo
Departamento de Biotecnología

Planta en León, Gto. México



ORIGEN DE LODOS DE PTAR

ORIGEN	CARACTERÍSTICAS
REJILLAS	-sólidos grandes -sólidos orgánicos -sólidos inorgánicos
DESARENADOR Y TRAMPA DE GRASAS	-sólidos pesados -grasas y aceites -ceras y jabones
SEDIMENTADOR (primario)	-fácilmente degradables -olor ofensivo -color oscuro
CLARIFICADOR (secundario)	-sólidos biológicos -degradables con dificultad

ESTABILIZACIÓN DE LODOS

PARA:

1. Reducir las cuentas de microorganismos patógenos
2. Eliminar los olores desagradables
3. Eliminar su potencial de putrefacción
4. Eliminar sólidos y por tanto reducir volumen

TRATAMIENTOS:

1. Térmico
2. Químico
3. Biológico

ESTABILIZACIÓN DE LODOS

TRATAMIENTO QUÍMICO

1. ESTABILIZACIÓN CON CAL

- $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{pH} \geq 12$
- no destruye orgánicos
- destrucción de patógenos

2. OXIDACIÓN CON CLORO

- aplicación directa en contenedor cerrado ($\text{Cl}_2 \uparrow$)
- seguida de prensado para extraer agua

TRATAMIENTO TÉRMICO

- Esteriliza
- Deodoriza
- Exprime rápidamente
- Altos costos de capital y operación

ESTABILIZACIÓN DE LODOS

TRATAMIENTO BIOLÓGICO: Anaerobio

DOS CRITERIOS de DISEÑO DEL PROCESO:

1. TIEMPOS DE RETENCIÓN $\theta = V/F$

$$\theta \geq 10 \text{ DÍAS}$$

VARIA EN FUNCIÓN DE LA T: 10 d $\rightarrow$ 40 °C

28 d $\rightarrow$ 18 °C

$$\theta = \theta_0 A^{(T - T_0)} \quad A=1.035$$

2. CARGA ORGÁNICA

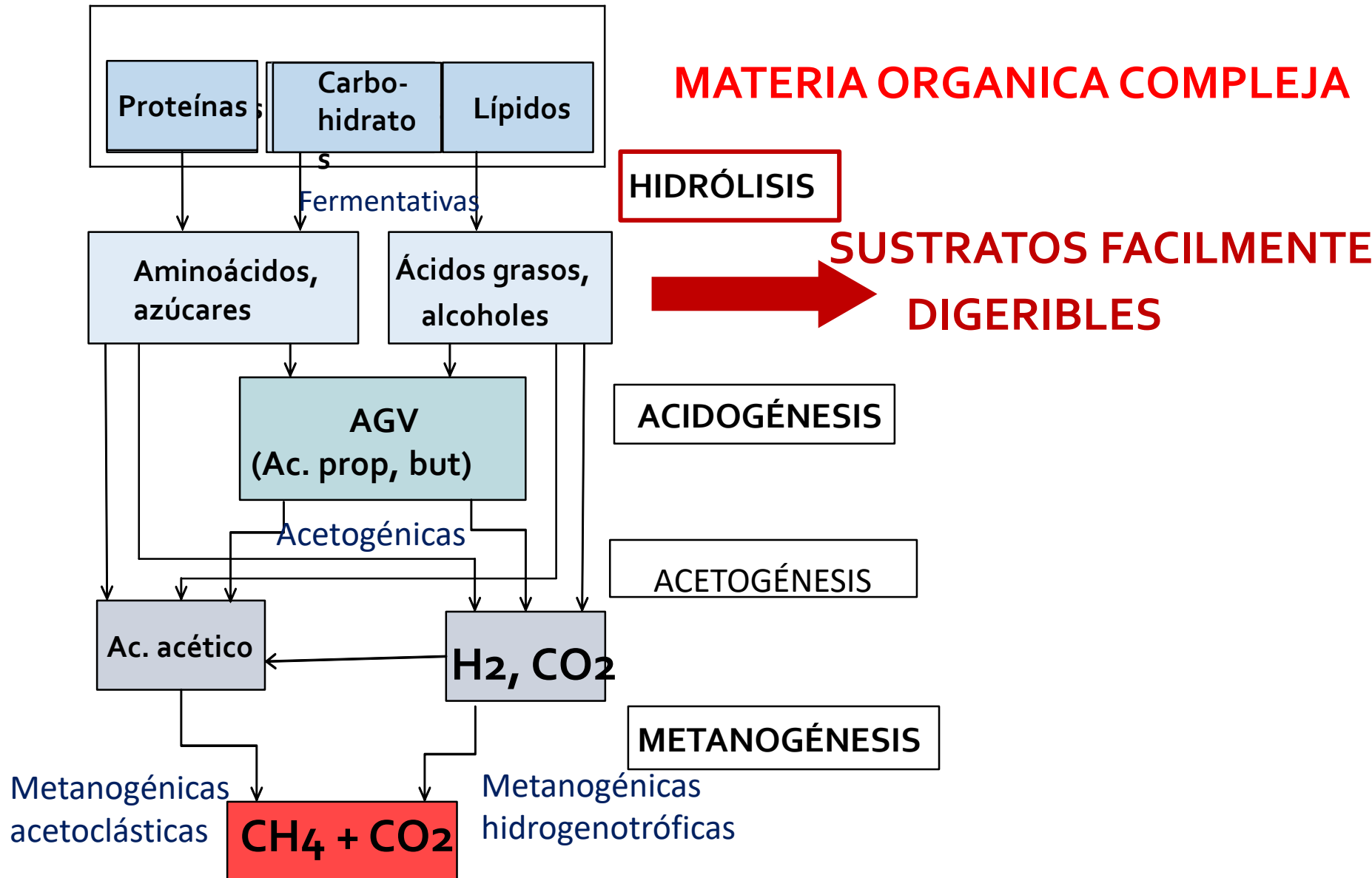
de 1.5 a 6.5 kg SV/ m³.d

para concentraciones $\approx$ 6 a 10 % SST

3. EFICIENCIA y RENDIMIENTO

$$\eta = 50\% \text{ y } Y = 0.34 \text{ L CH}_4/\text{g SSV}_{\text{deg}}$$

DIGESTIÓN ANAEROBIA



Paso limitante

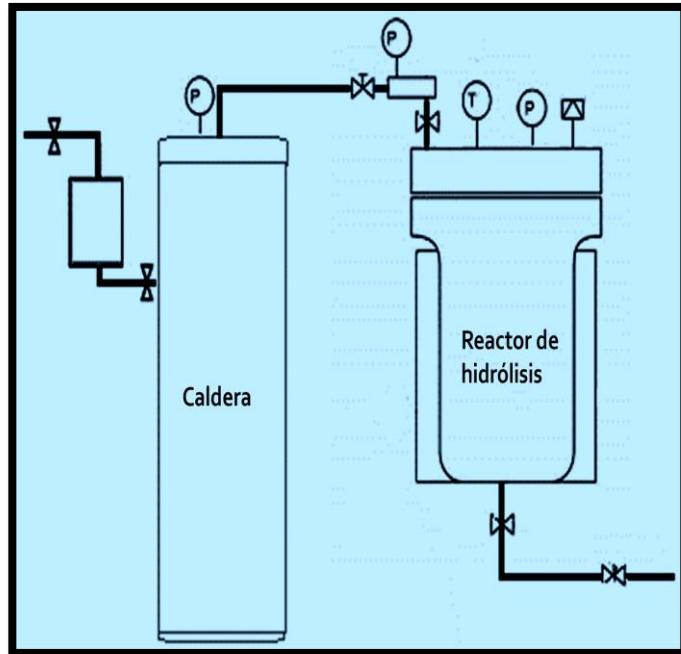
- Material celular (CM)
 - Sustancias exopoliméricas (EPS)
 - Pared celular (CW)
- Li, J. & Noike, T., 1992

PRE-TRATAMIENTO

- Térmico con vapor
 - Alteración de enlaces químicos de la pared celular para producir AA, azúcares, AGV, alcoholes
 - Liberación de sustancias intracelulares
- Cano, R. *et al.*, 2015; Gavala, H. *et al.*, 2003; Bougrier, C. *et al.*, 2007; Appels, L. *et al.*, 2008; Shehu, M. *et al.*, 2012

PRE-TRATAMIENTO TÉRMICO ALCALINO (TTA)

$T = 160^{\circ}\text{C}$, $P = 6 \text{ atm}$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$



+ ACIDOGÉNESIS ALCALINA
TERMOFÍLICA
(55°C)



AGV



METANOGENESIS
MESOFÍLICA
(35°C)

4

$< t_{DA}$

$> Q_{\text{CH}_4}$

$> Y_{\text{CH}_4}$

VENTAJAS DE LA DA 2 ETAPAS

DA 2 ETAPAS

Etapa 1: Alta velocidad de acumulación de AGV

- Etapa 2: Alta velocidad en metanogénesis
- Estabilidad en la DA
- Viguera, C., 2011

TEMPERATURA

- Termofílica
 - (50-57°C)
- Mesofílica
 - (30-38°C)
- $r_x = \mu X$
- $r_s = \mu X/Y$
- dinámica poblacional diferente
- Appels, L. *et al.*, 2008

Reactor acidogénico-termofílico (rA-T) y reactor metanogénico mesofílico (rM-M).

$$\eta_{ss} = 48\%$$

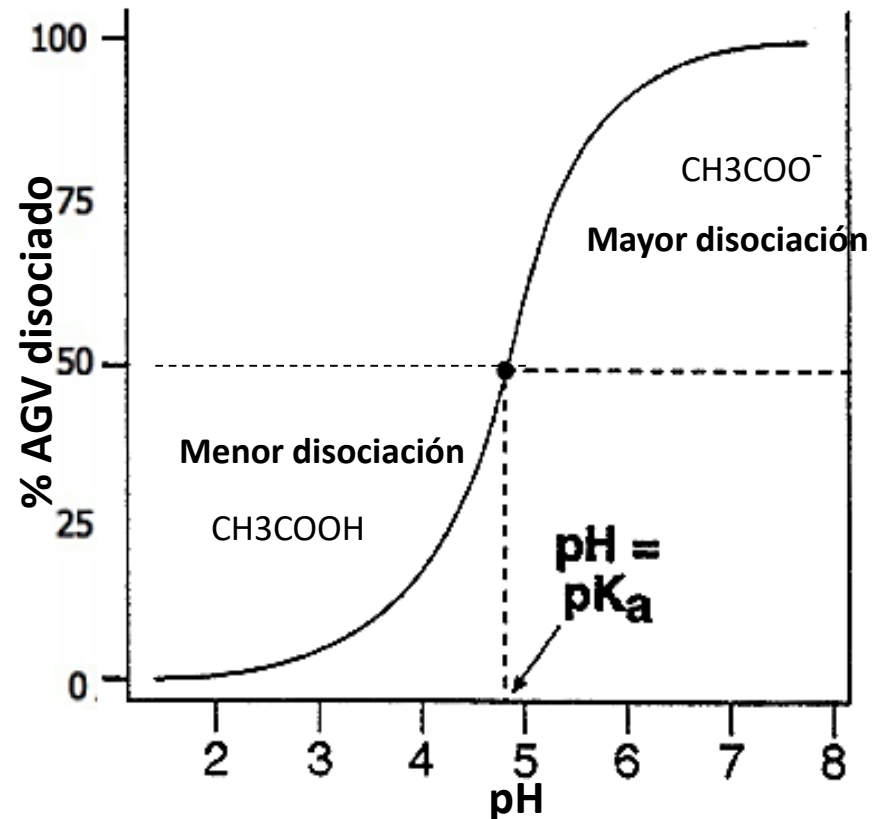
$$Q_{CH_4} = 0.58 \text{ m}^3/\text{kg SV}_d$$

Rubio *et al.* 2010

ACIDOGÉNESIS pH 3 - 12

Ácido	pK _a
Acético	4.75
Isobutírico	4.84
n-butírico	4.81
Propiónico	4.87
Isovalérico	4.77
n-valérico	4.82

ACIDOGÉNESIS ALCALINA pH 9, 10



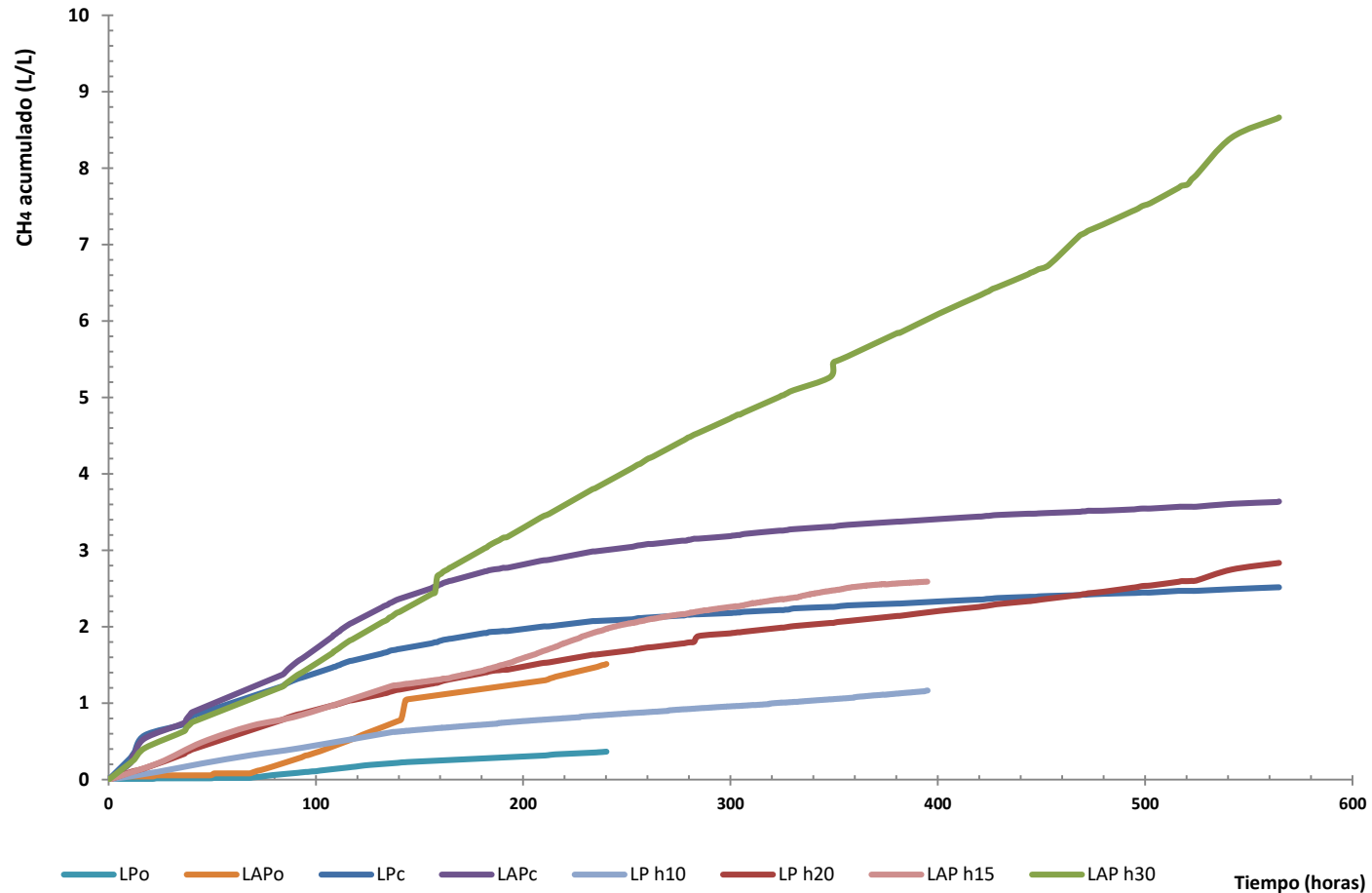
$$\frac{AGV^-}{AGV_t} = \frac{1}{1 + 10^{(pK_a - pH)}}$$

Reactor de hidrólisis térmica



Efecto del tiempo de HT

Producción de CH₄ en condiciones STD





Posibilidad de uso de biogás

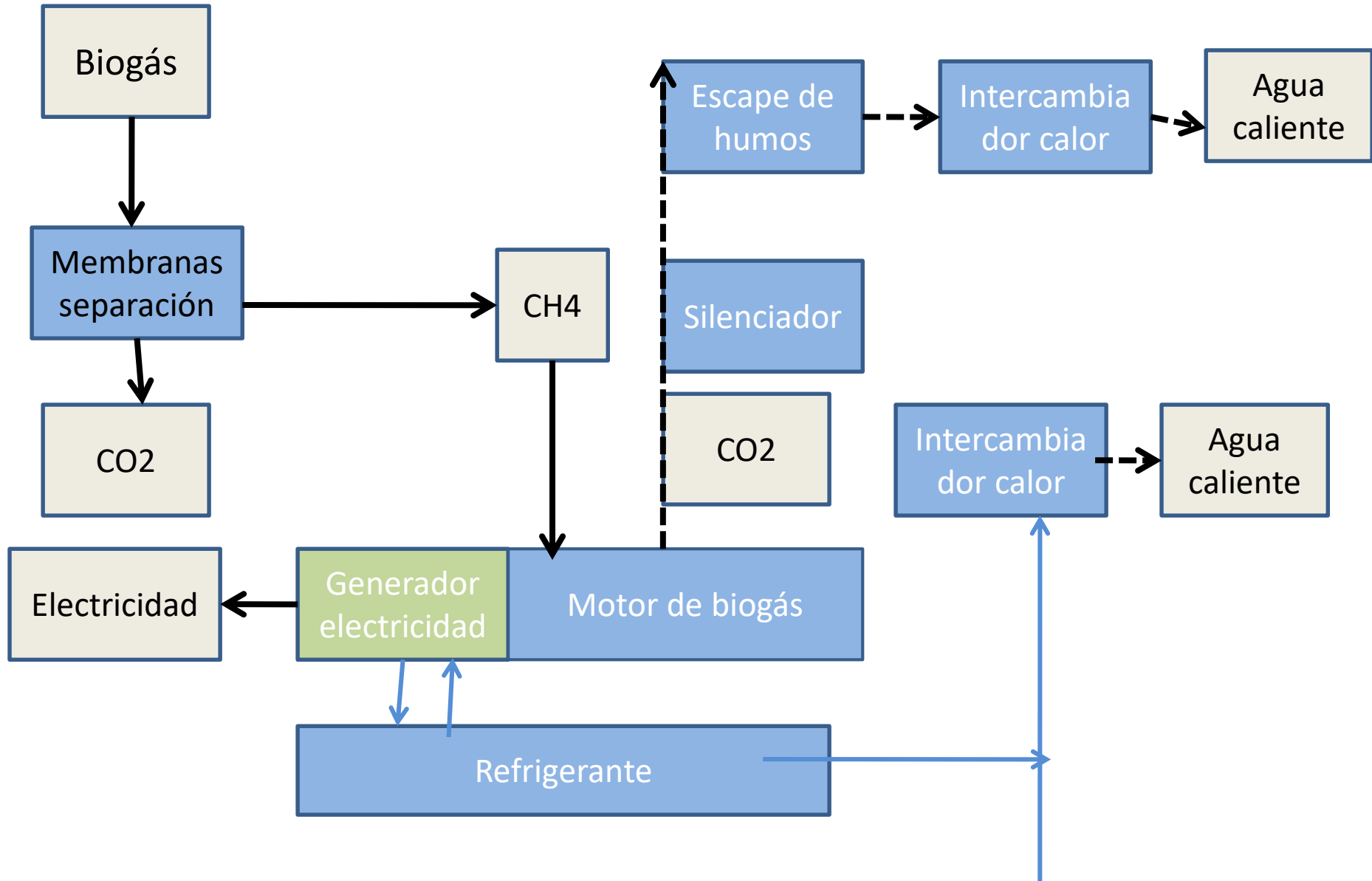
- Las posibilidades de uso, están basadas en los requerimientos energéticos de la planta: energía térmica (Q) y energía eléctrica (E)
- Aplicación de tecnologías para la cogeneración de E y Q.

Q/E	Tecnología
0.6 -1.2	Motor alternativo
2.3 –4.8	Turbina de gas
4.4 o mayor	Turbina de vapor a contrapresión

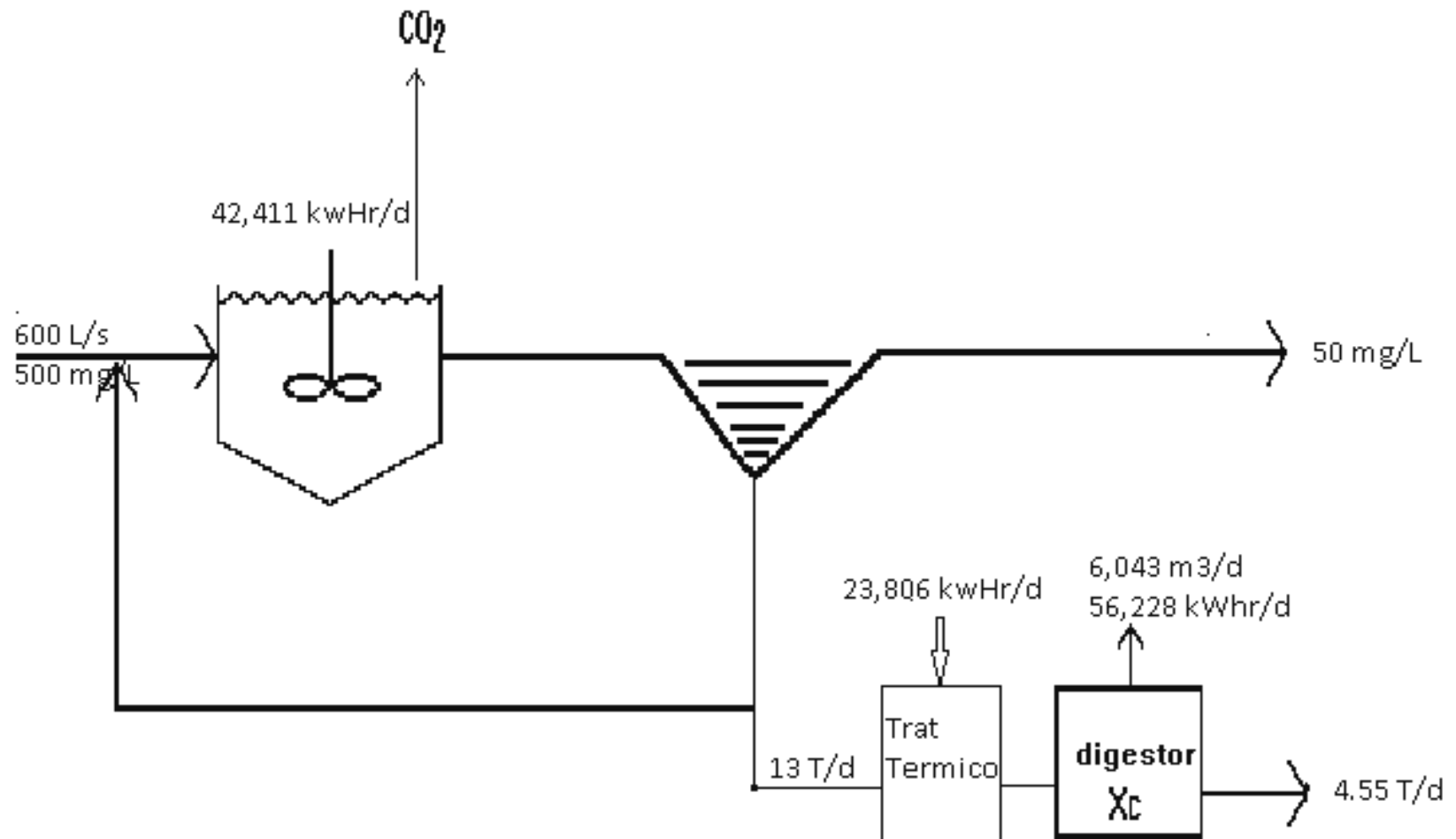
Calidad del biogás

- El H_2S es un gas que en general causa problemas de corrosión en las superficies metálicas de: quemadores, equipos de flama directa y equipos de combustión interna.
- Los requerimientos establecen limites:
 - Máquinas de combustión interna $< 0.15 \% \text{H}_2\text{S}$
 - Calderas: $< 0.20 \% \text{H}_2\text{S}$
 - Humedad: $< 10 \%$

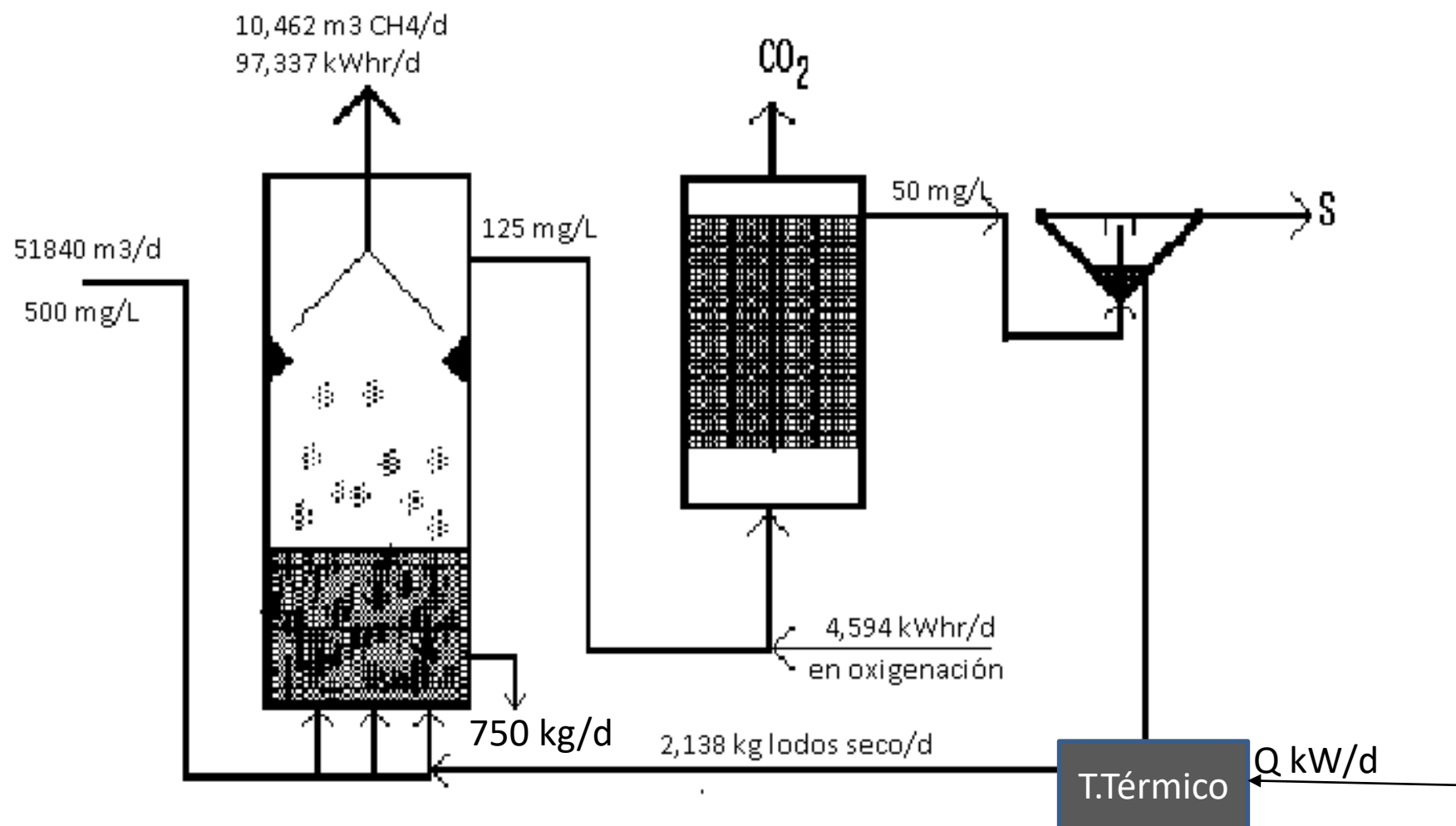
Cogeneración energía



Tratamiento aerobio



Tratamiento anaerobio-aerobio



Balance de materia

		An-Ae		Aerobio
flujo alime	F (m3/d) =	48000		
conc. inicial	So (g DQO/m3) =	791.67		
Conc inicial SS	SSo (g/m3) =	312.5		
rendimiento CH4	Y (m3 CH4/kg DQO) =	0.34		
Entalpia CH4	Hc (kW*hr/m3) =	9.304		
Reactor anaerobio				
eficiencia anaerobio	Ef an =	50%		
Producción metano	Qch4 (m3/d)=	6460		
Energia por AR	Ear (kW*hr/d) =	60104		
Rendimiento lodos	η lodos/kg DQO deg)=	0.04		
Prod Lodos anaerobio	Plan (kg/d) =	760		
Prod lodos humedos	10%	7600		
Reactor aerobio				
Rend. lodos aerobios	ηe (kg lodo/kg DQO) =	0.55		
Conc salida aerobio	S1 (g DQO/m3) =	50		
prod lodos secos	Plae (kg/d) =	9130		19580
prod lodos humedos	1-H =	83000	11%	178000

Balance de materia 2

digestion lodos hidrol				
Ef DA lodos %	Ef (%) =	65%		65%
Prod CH4 de lodos	Qch4L (m3/d) =	5501		7642
Prod total CH4	QT (m3/d) =	11961		7642
Energia total prod	ET (kw*hr/d) =	111282		71103
Consumo de energía para aereación				
Ef tcia O2	ETO (%) =	20%		20%
aire suministrado	Gae (ft3/min) =	14800		31740
Energia para suminist	E (KW*hr/d) =	7,068	65%	42,411
Temp. de operación	(°C)=	16		16
potencia	P (HP) =	294		1,767
Consumo de energía para hidrolisis termica				
Calor p hidrolizar m C	E (kcal/d) =	12,049,800		23,674,000
158°C, 6 atm,	kcal/kW hr		860	
Volumen específico	Ve (m3/kg)		0.321	
Entalpia vaporización	ΔH (kcal/kg) =		658	
Calor latente vaporiza	$\Delta \lambda$ (kcal/kg) =		499	
Vapor necesario	m (kg/d) =	24,158		47,462
Calor necesario mv/ Δ	E (kW hr/d) =	18,491		36,329
Energía sobrante de la	E disp (KW*hr/d) =	85,723		-7,637