



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

MasterClass 21



“Aplicación de la hidrólisis
térmica en los lodos de EDAR”

Patrocinada por:



Enrique Baquerizo

Jefe de Aguas Residuales de EMASESA
Licenciado en Farmacia y Máster en
Ingeniería Hidráulica

II Ciclo de 20
MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO



EMASESA

Empresa pública 100%



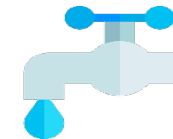
1.400.000 personas



12 MUNICIPIOS ABASTECIDOS



826 EMPLEADOS



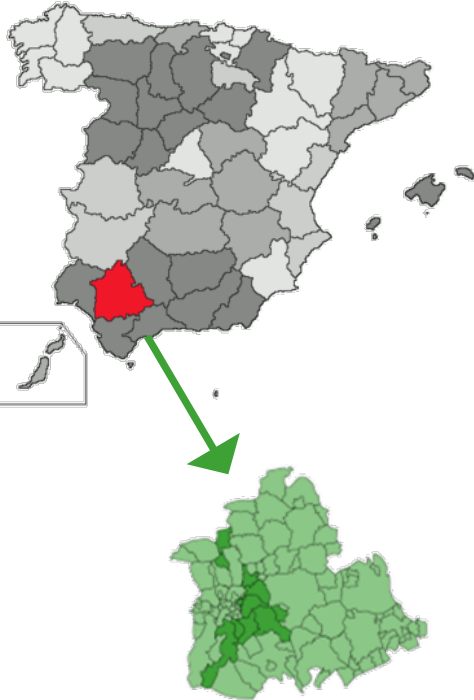
109 l/hab/día
CONSUMO DOMÉSTICO

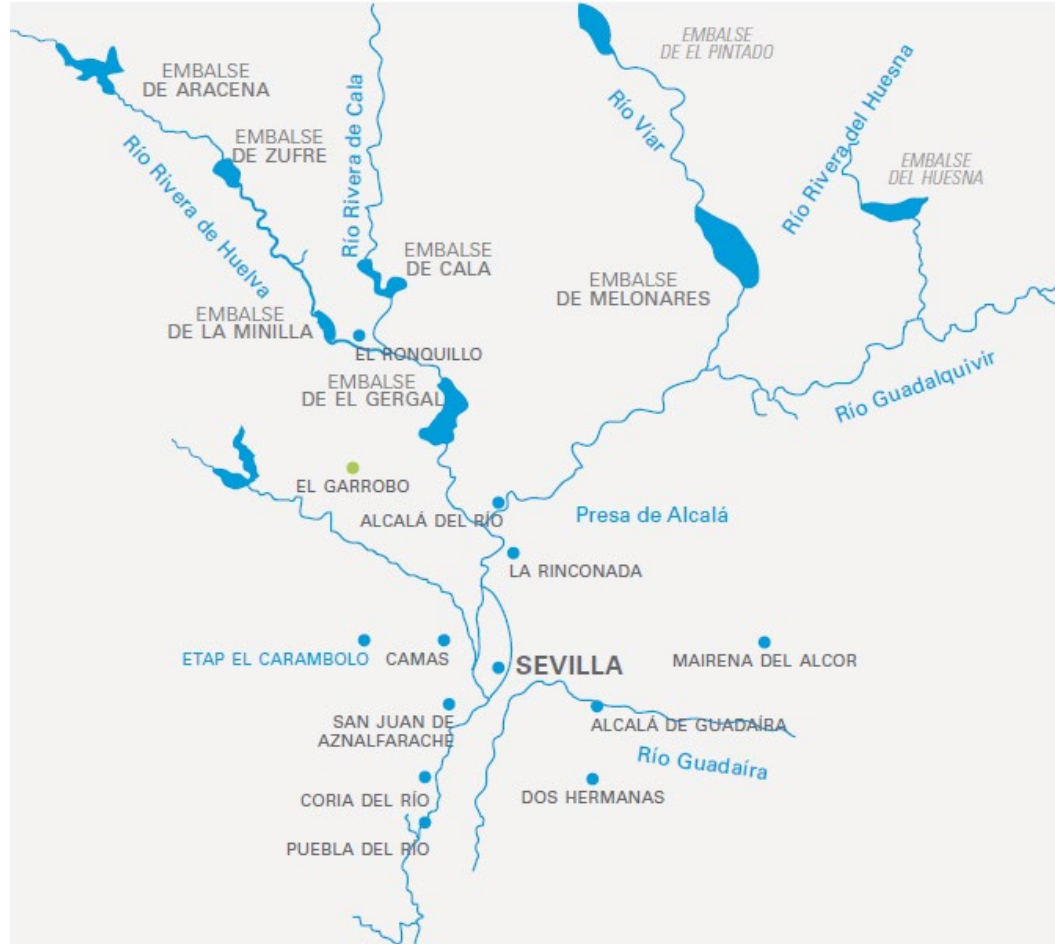


169 Millones de euros
INGRESOS



375.000 CONTRATOS





6 Embalses (641 Hm³)

3 ETAP (sumando una capacidad máxima de tratamiento de 876.000 m³/día.)

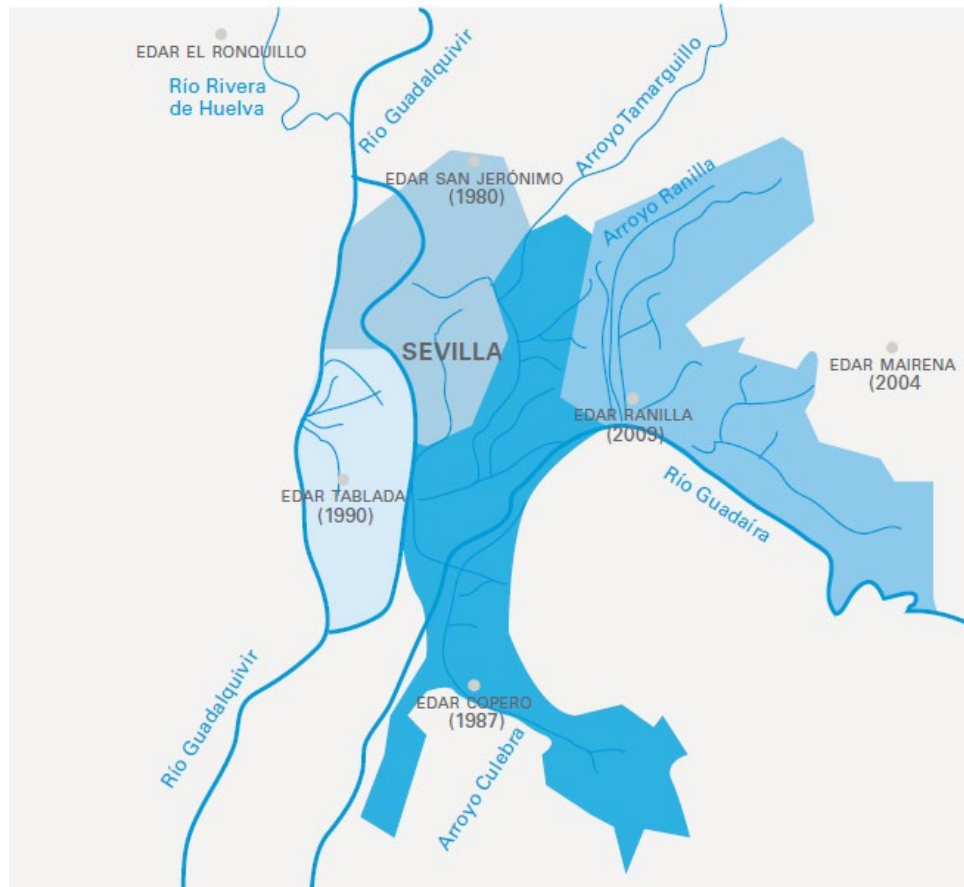
3 Centrales Hidroeléctricas
26,032 Mw/hora al año

35 Estaciones de bombeo

28 depósitos

3.869 km de red de abastecimiento

102 Hm³ Volumen de Agua Captada
para consumo de las poblaciones abastecidas



Gracias al **Plan de Saneamiento Integral**, desde 1984 se eliminan los vertidos sin depurar al río Guadalquivir.

6 Depuradoras con capacidad tratamiento 494.648 m³/día

1 Planta de Compostaje con 8.131 toneladas de lodos compostados y 674 toneladas de lodos compostados con biomasa

24 Estaciones de bombeo residual

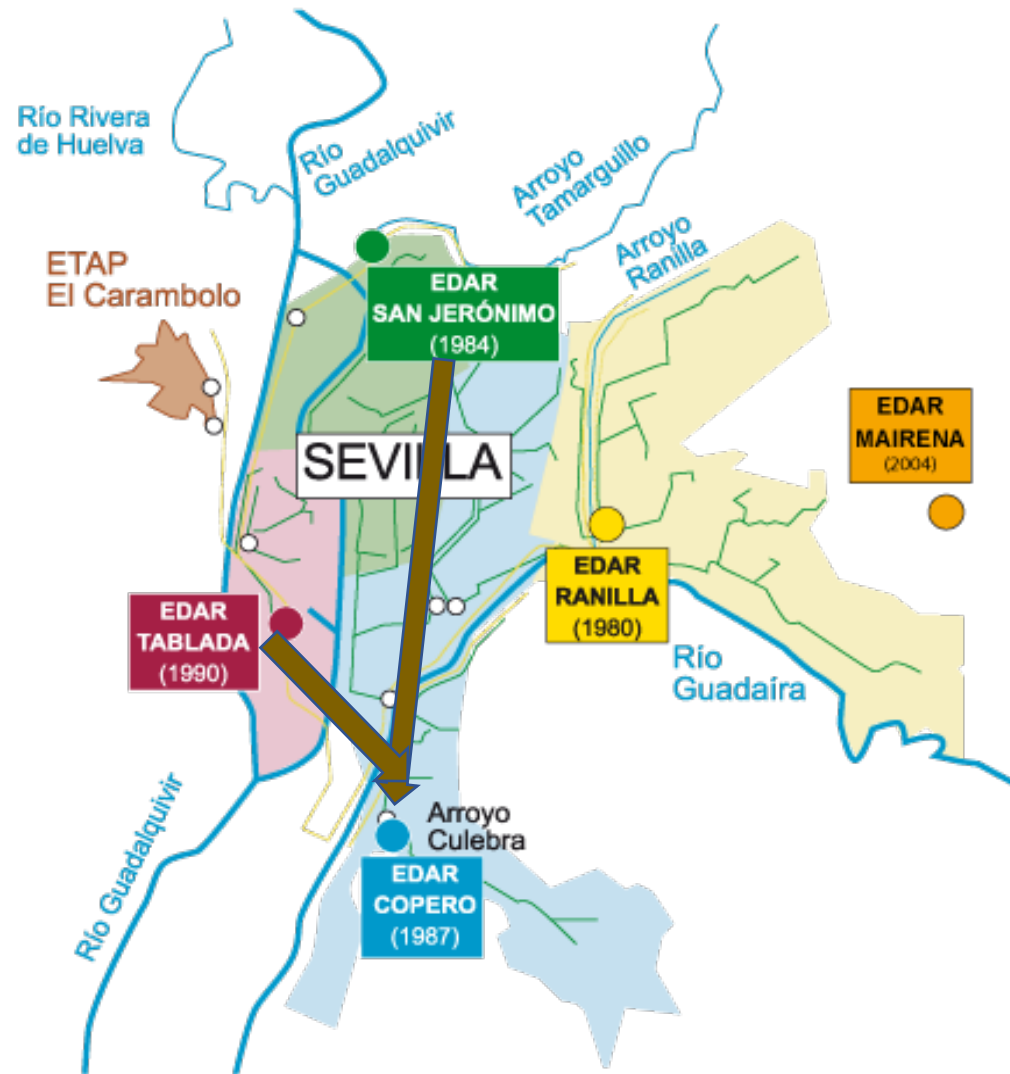
37 Estaciones de bombeo pluvial

3 Tanques de Tormenta

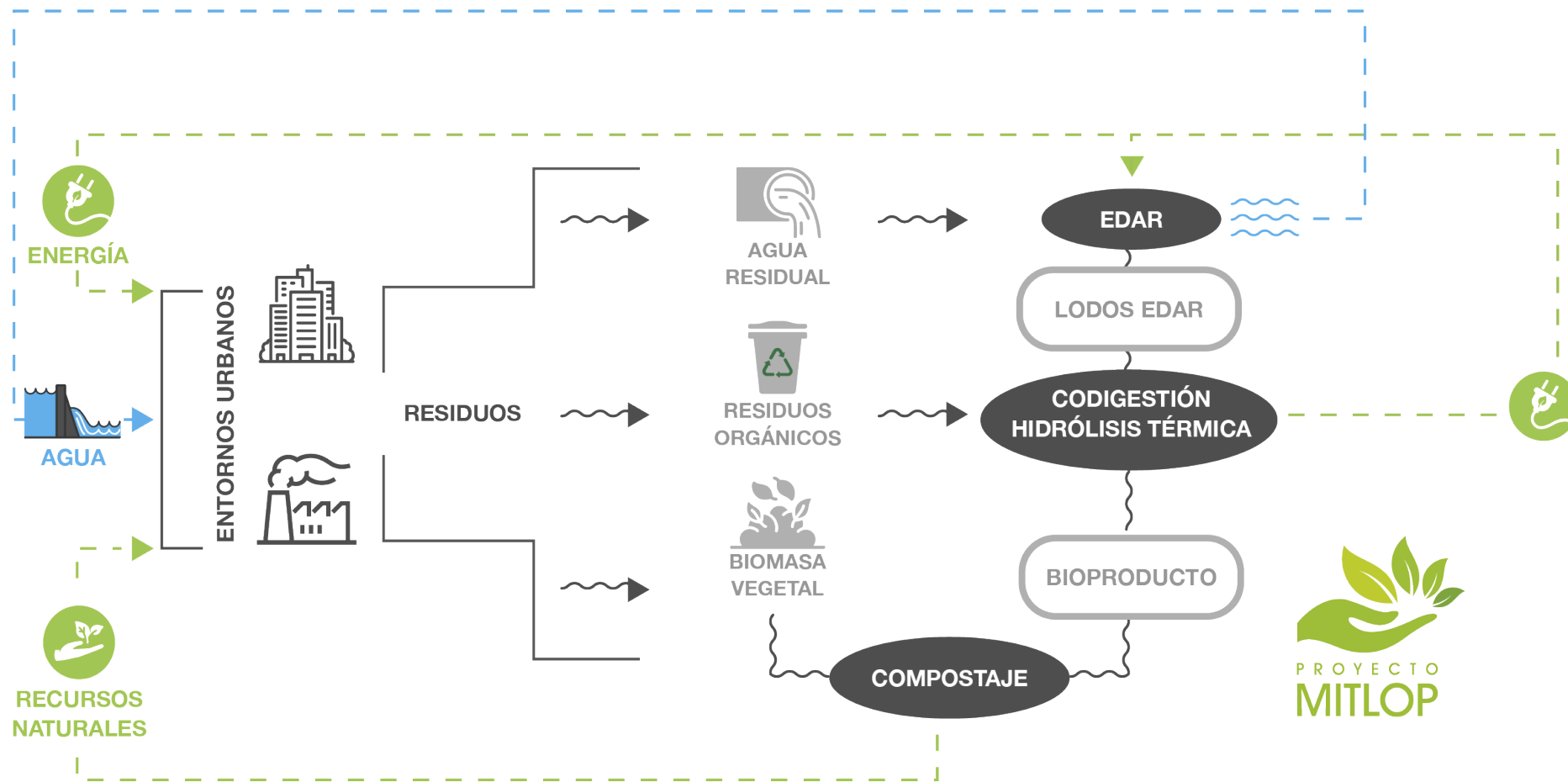
2.941 Km de longitud de la red de saneamiento

Las Ciudades en la Transición a una Economía Circular

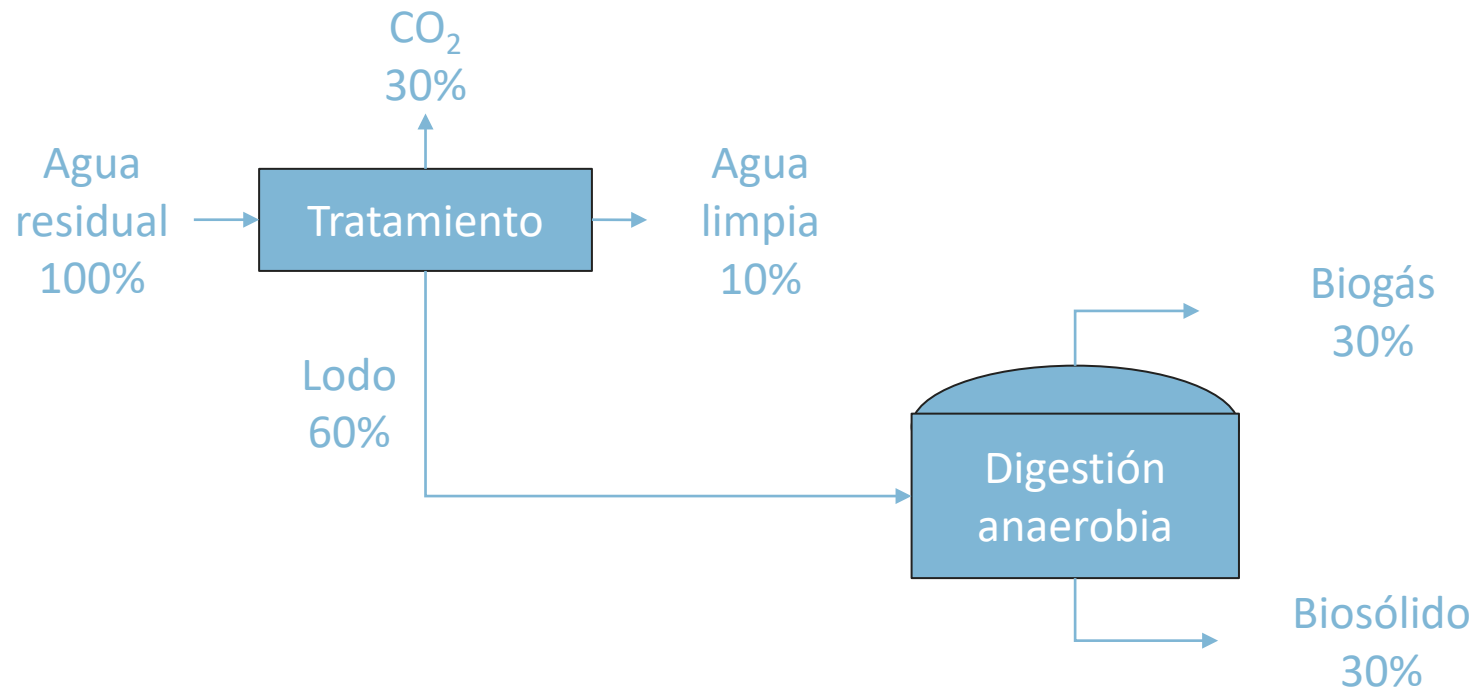




Las EDAR: pieza clave en la economía circular urbana



Balance de energía EDAR estándar

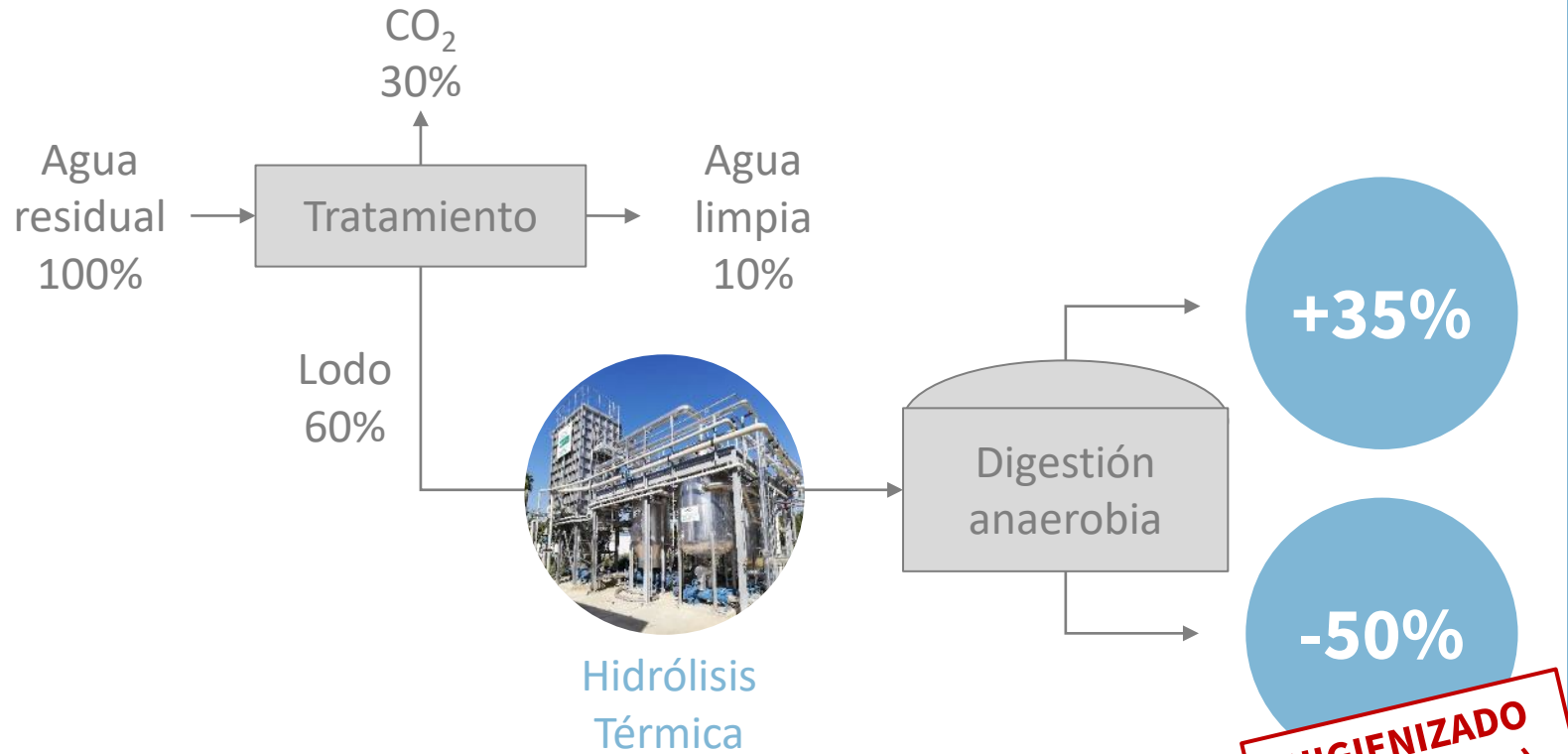


CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

Orden de 6 de agosto de 2018, conjunta de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se regula la utilización de lodos tratados de depuradora en el sector agrario.

60%
de la energía en el lodo

Objetivos
más biogás
menor volumen de lodo
higienización del lodo



Etapa de hidrólisis
limita la cinética de la digestión

Pre-tratamientos

Varios propuestos

Hidrólisis Térmica

múltiples beneficios

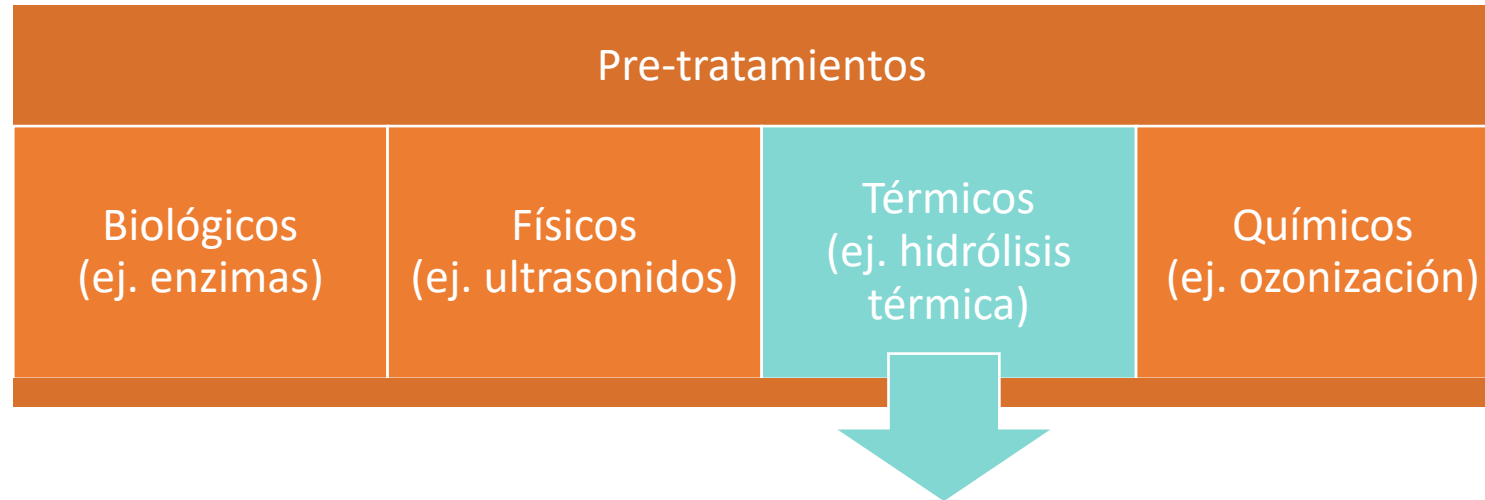
**HIGIENIZADO
(EPA Clase A)**



Las EDAR como operadores ambientales: Hidrólisis Térmica

Métodos de tratamientos de lodos de depuración, definidos en el Anejo II, además del Compostaje:

1. **Digestión anaerobia Termófila**, a 55 °C con retención de 15 días, o una T mínima de 53° durante 24 horas en «batch».
2. **Digestión anaerobia Mesófila**, a una T mínima de 35 °C, con retención de 12 días, siempre que realice tratamiento térmico inmediatamente anterior de, al menos, 70 °C durante 30 minutos.
3. **Esta** Este pretratamiento también podrá ser realizado con de 50 días. El
conten el método de Hidrólisis Térmica.
4. **Esta** Resolución de 18 de diciembre de 2020, por la que se
homologada adapta el contenido del Anexo II de la Orden
horas de 6 de agosto de 2018, re una mezcla período no < 24
5. **Secado Térmico**, en el que toda la masa sometida a tratamiento deberá alcanzar una T mínimo de 80 °C, y permanecerá en tal temperatura durante un tiempo no < de 10 minutos.



- Hidrólisis térmica (HT) mayores ventajas tecno-económicas:
 - Hasta 35% más biogás
 - Hasta un 50% menos biosólido
 - Biosólido higienizado (Clase A EPA)
 - Duplica la tasa de carga a DA

1. Mecanismos de hidrólisis

Térmico
(cocción)

Explosión de vapor (flash)

2. Régimen de operación

Por cargas (batch)

Continuo

Estacionario

No estacionario

3. Intercambio de calor

Cambiadores de calor

Vapor directo

Las EDAR como operadores ambientales: Hidrólisis Térmica

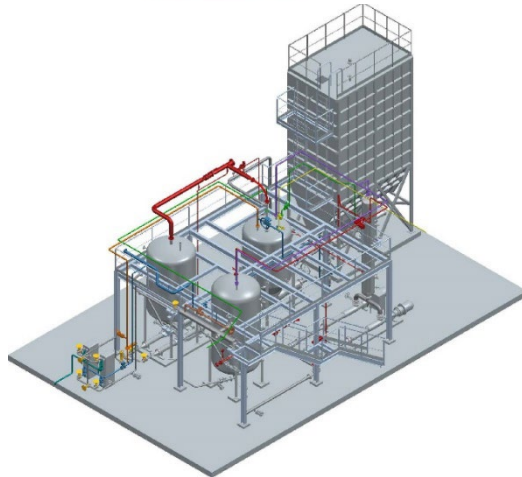
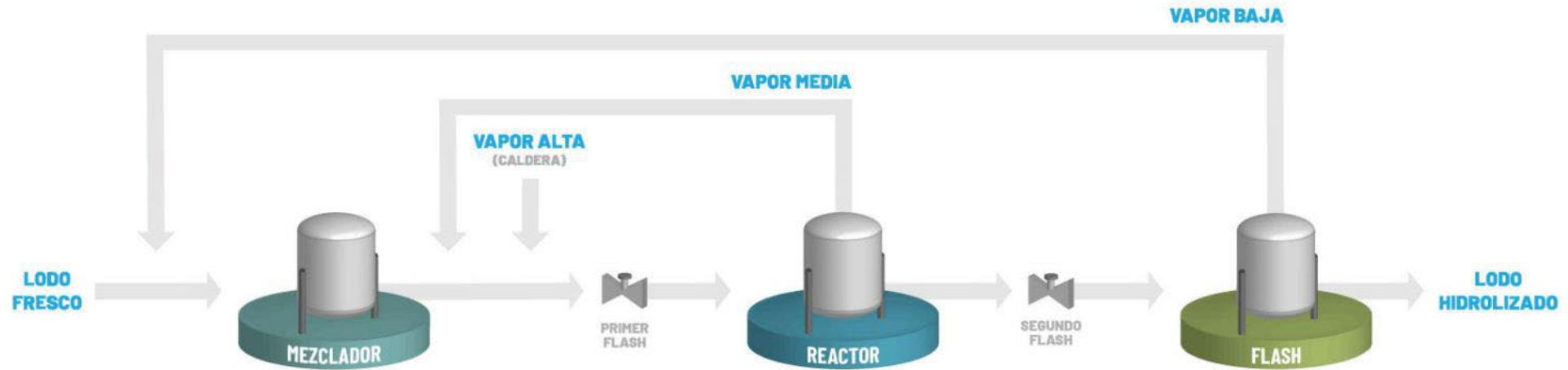
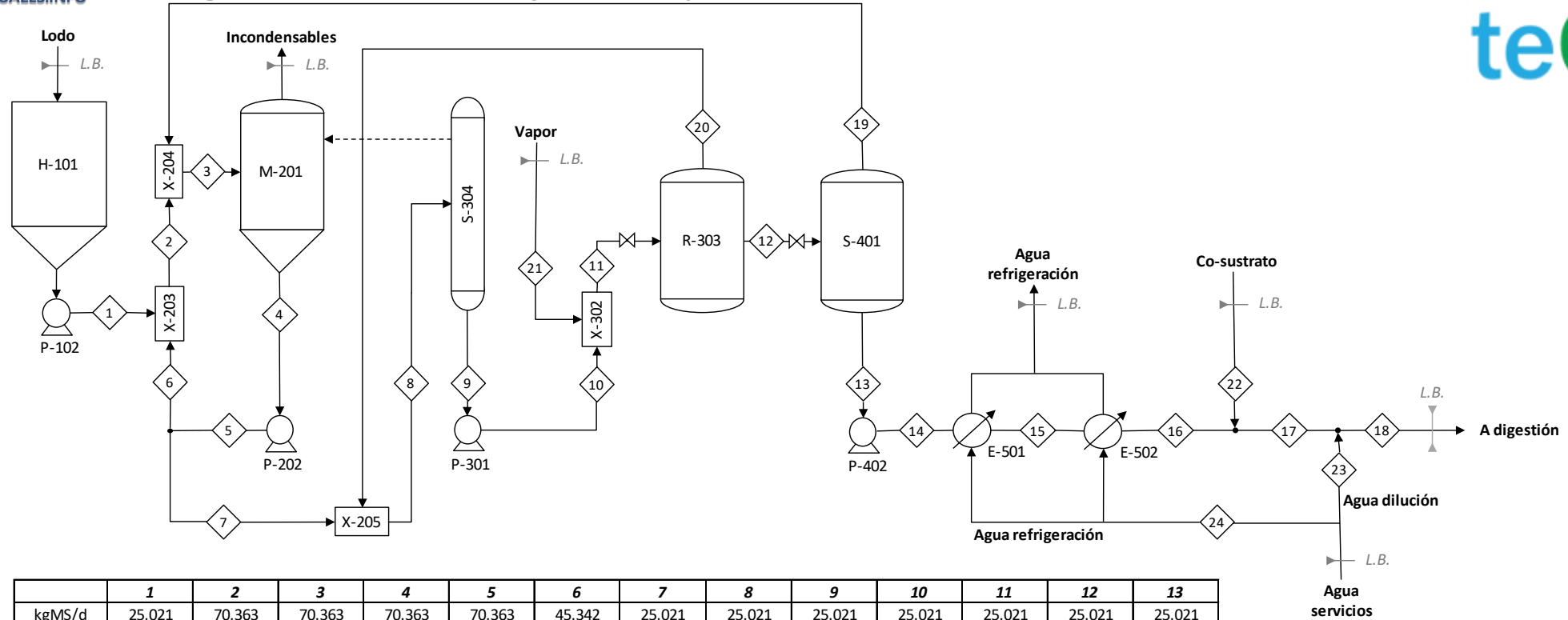


Diagrama de flujo de proceso



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
kgMS/d	25.021	70.363	70.363	70.363	70.363	45.342	25.021	25.021	25.021	25.021	25.021	25.021	25.021
Seq. (%MS)	14,0%	13,1%	12,7%	12,7%	12,7%	12,7%	12,7%	12,0%	12,0%	12,0%	10,8%	11,3%	12,3%
Flujo (kg/h)	7.447	22.340	23.112	23.112	23.112	14.893	8.219	8.673	8.673	8.673	9.680	9.226	8.454
P (bar g)	2,0	1,0	0,2	0,1	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	14,5	14,0	5,2	0,5
T (°C)	30,0	72,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	124,8	124,8	124,8	185,0	160,1	104,8

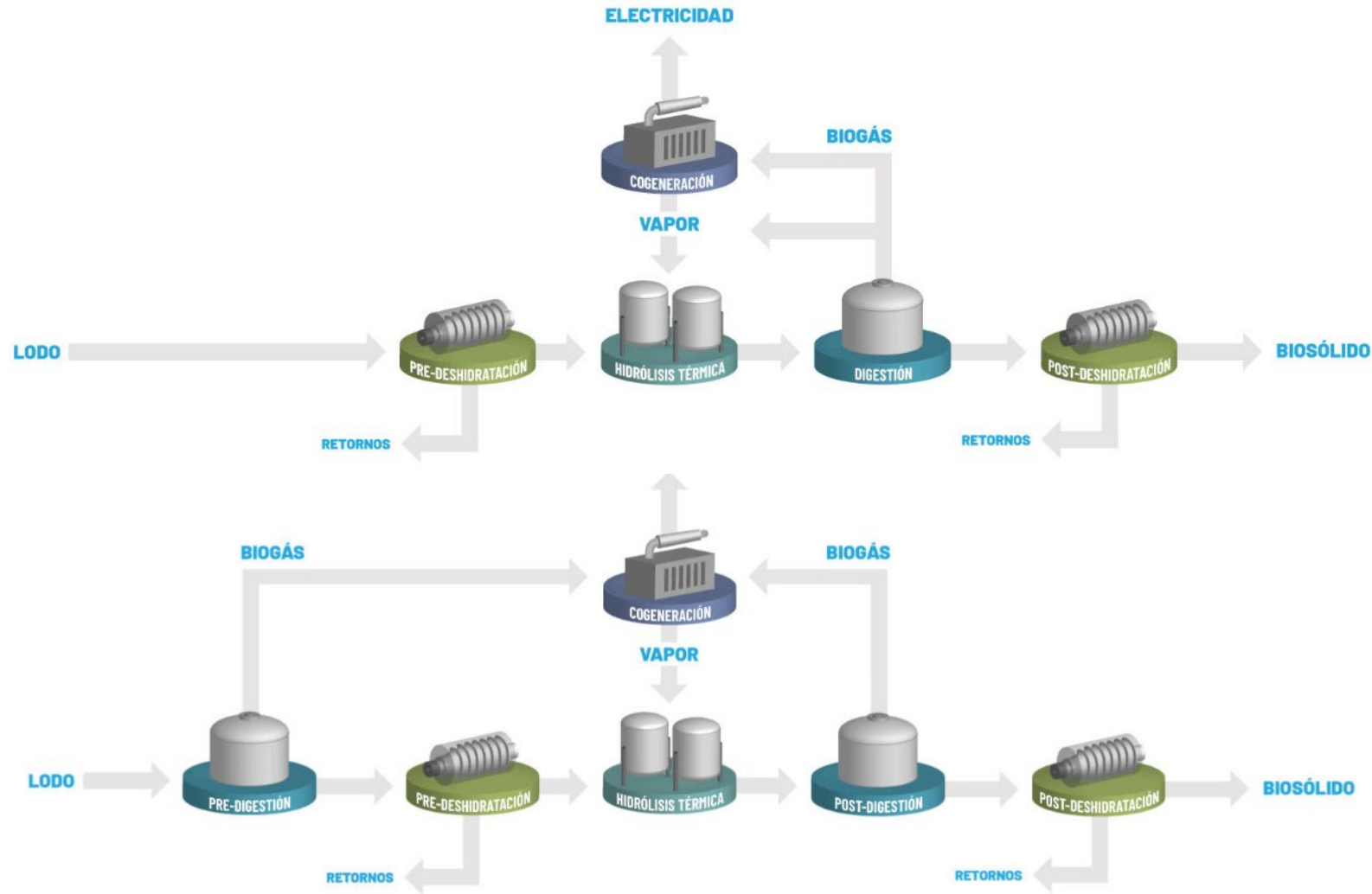
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
kgMS/d	25.021	25.021	25.021	49.021	49.021	0	0	0	24.000	0	0
Seq. (%MS)	12,3%	12,3%	12,3%	8,1%	8,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	0,0%	0,0%
Flujo (kg/h)	8.454	8.454	8.454	25.120	25.532	772	454	1.007	16.667	411	12.500
P (bar g)	2,5	2,2	1,9	1,9	1,9	0,2	5,2	16,0	2,1	2,1	3,0
T (°C)	104,8	91,0	77,2	38,3	38,0	104,8	160,1	204,3	18,6	18,6	18,6



Planta Hidrólisis Térmica. EDAR COPERO
UTE FACSA-SANDO
PFD-001 - Diagrama de flujo. Balance materia y energía.

Prep.	Rev.	Apr.	Ver.	Fecha
DFP	EAM	FFP	14	28-may-19

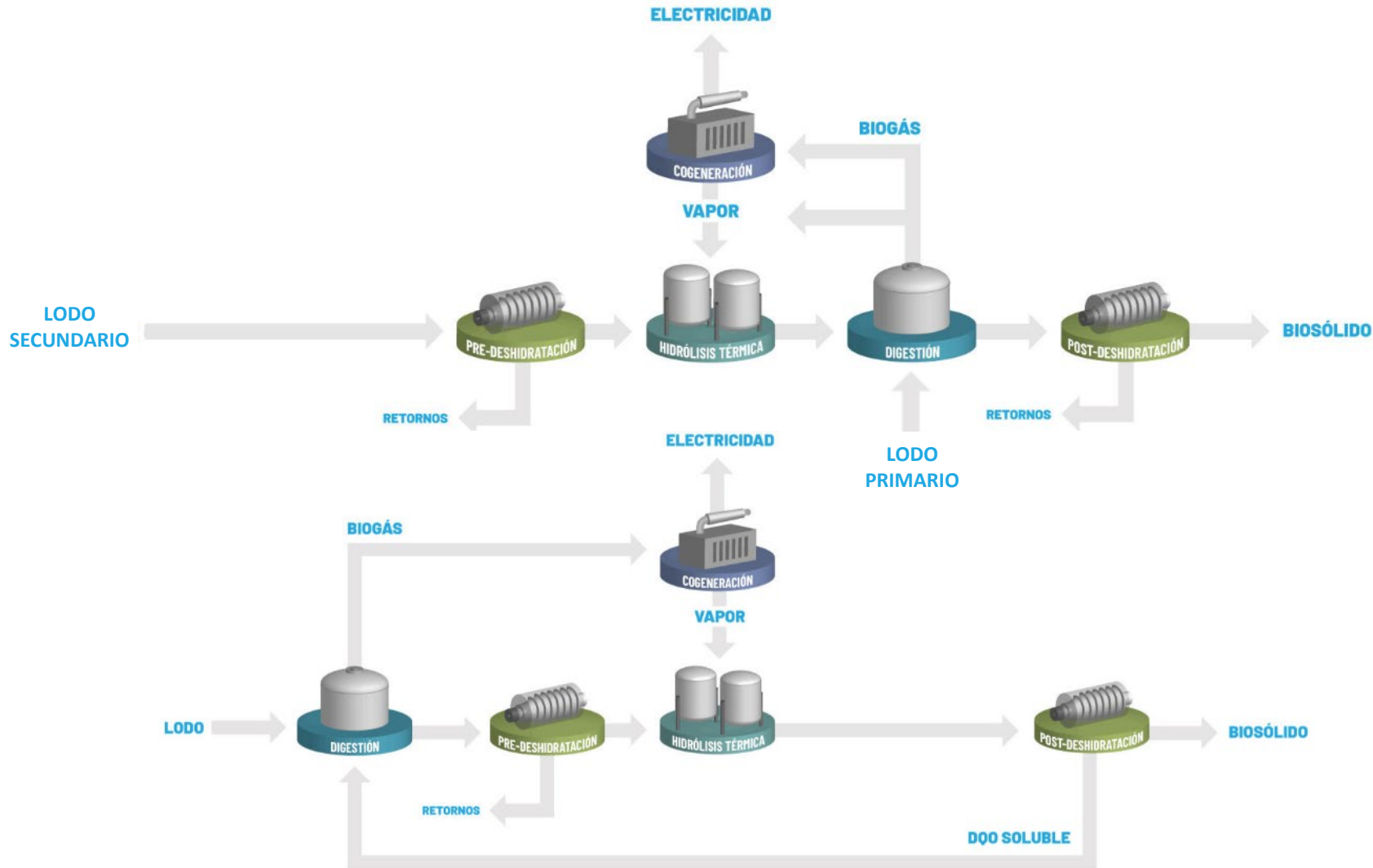
Configuraciones (misma HT)



Configuración estándar
Pre-tratamiento

Inter-tratamiento
Configuración avanzada

Configuraciones (misma HT)

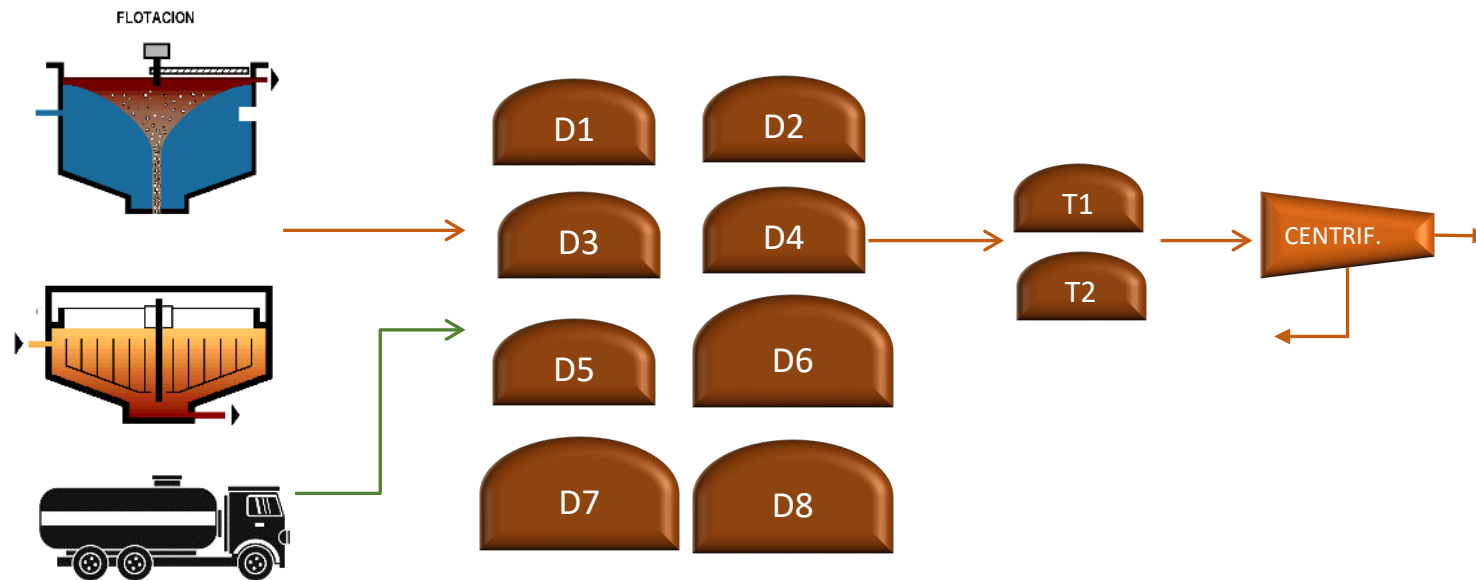


Sólo Secundario
 Si el objetivo es solo el biogás

Post-tratamiento
 Minimización del volumen de lodos



Configuración previa



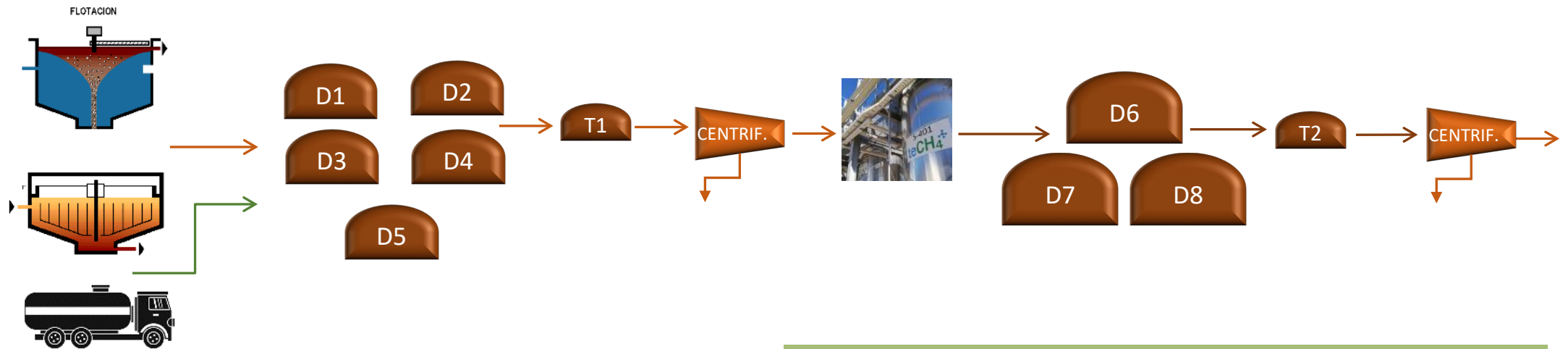
110.000 m³/d
Caudal tratado

1.000 m³/d
Producción fango

200 - 300 m³/d
Cosustratos

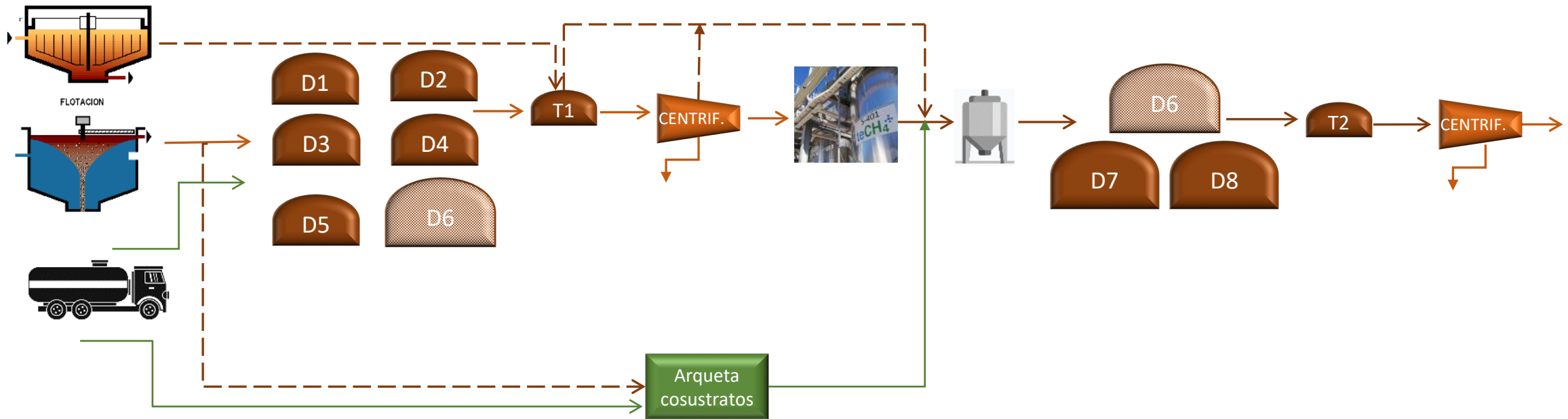
80 %
Autosuficiencia

39.600 m³
Capacidad digestión



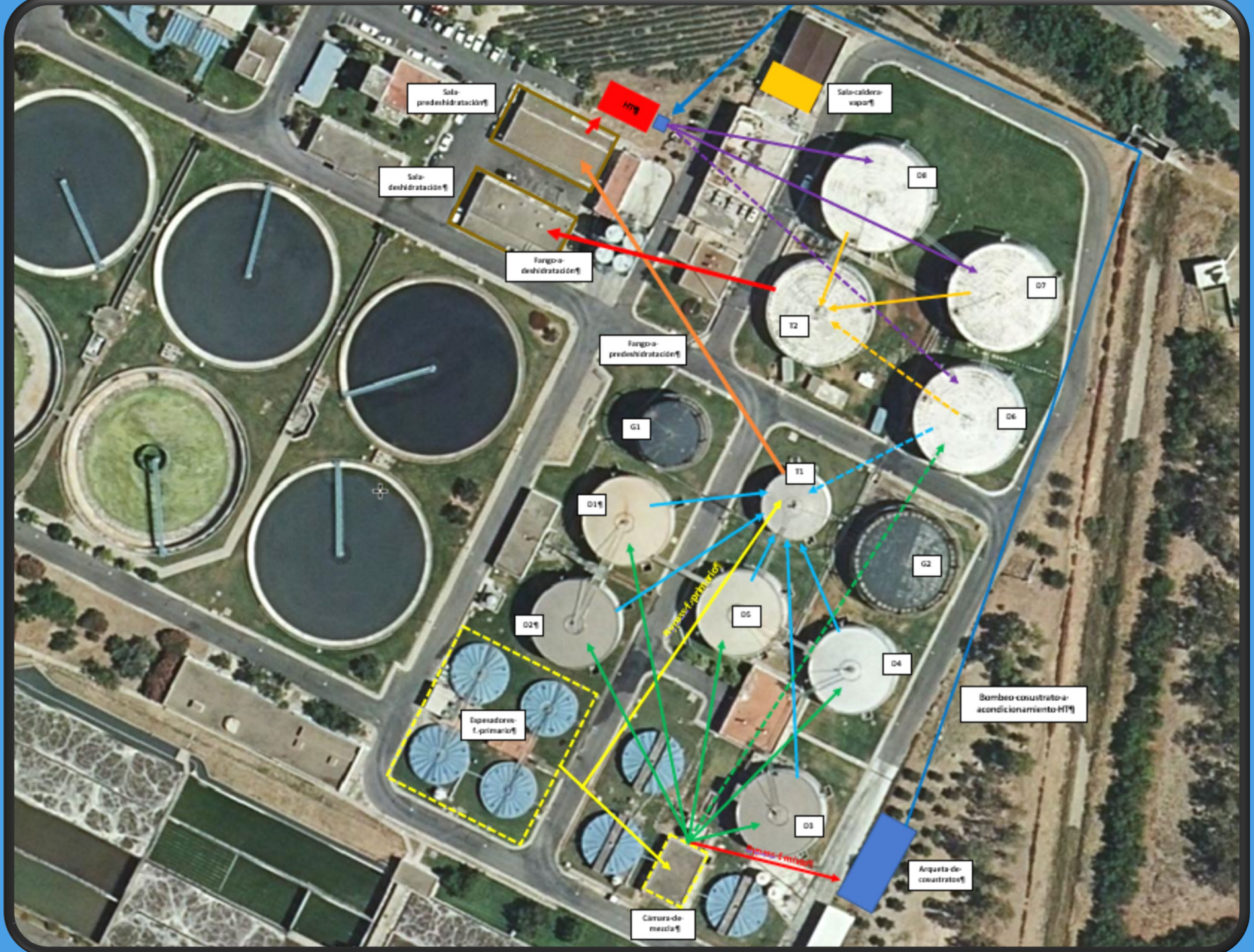
Dudas:

Autoconsumo 100 % + Higienización
Versatilidad ante problemas



- ✓ Integración tratamiento cosustratos.
- ✓ Incrementa capacidad higienización
- ✓ Versatilidad/Seguridad proceso

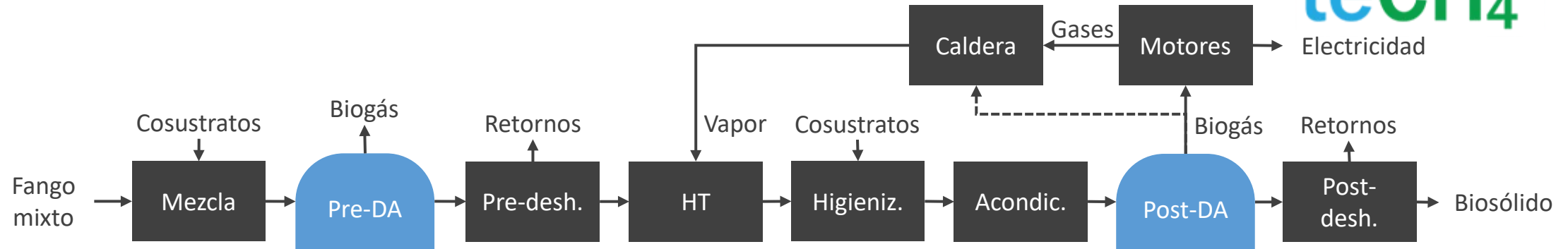






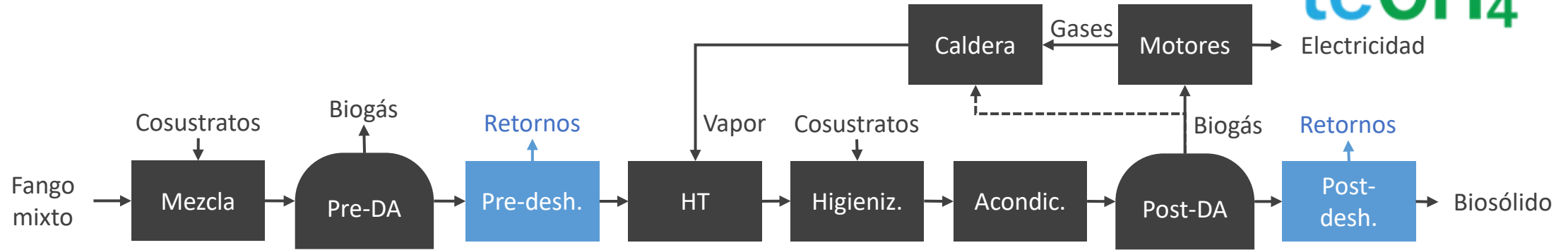
Lecciones aprendidas.

Planta de Hidrólisis Térmica
EDAR Copero.



Digestión Anaerobia (DA)

- Configuración de inter-tratamiento: mejor balance energético
- Pre-DA: menor THR sin problema
- Post-DA: esencial un protocolo de aclimatación a hidrolizado



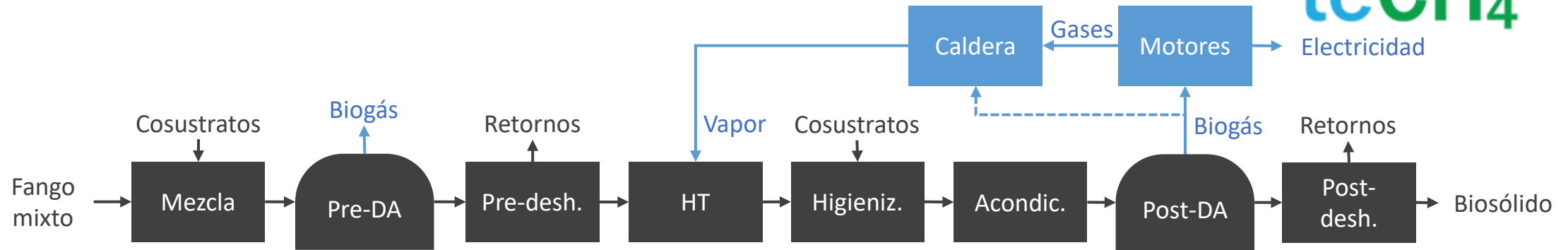
Deshidratación

	Pre-deshidratación	Post-deshidratación
Concent.	14% - 16%MS	28%MS
Dosis poli	4 - 5 kg/tMS	10 - 12 kg/tMS
Lecciones	Estabilidad: ajuste centrífugas vs. <i>biomix</i>	Balance %MS vs. consumo de poli

Incremento nutrientes:

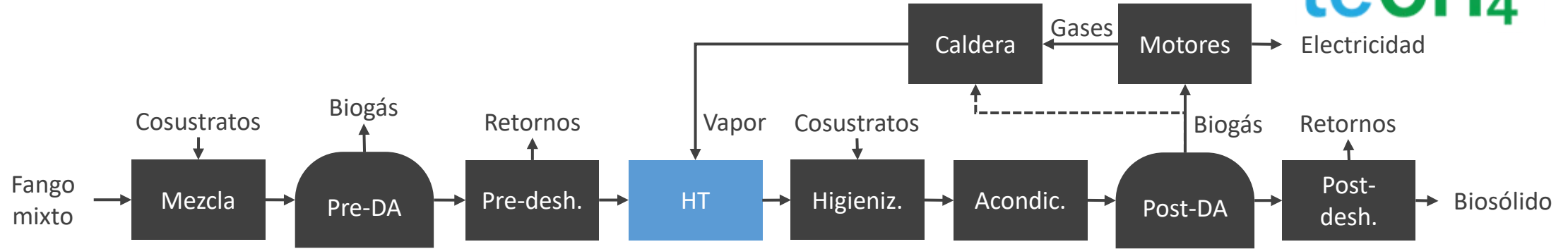
Fósforo: +40% en retornos (+6% global)

Nitrógeno: +35% en retornos (+4,5% global)



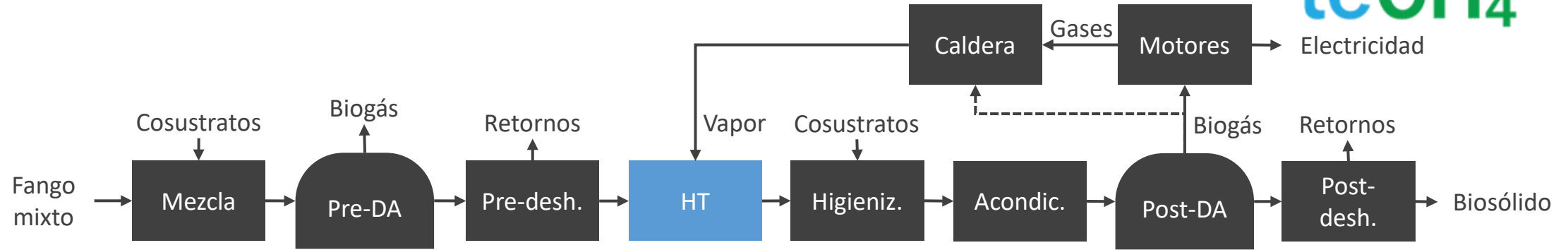
Sistema energético

- Caldera no redundada
- HT energéticamente autosuficiente
 - Ayudada por los cosustratos
 - Consumo de vapor < 0,14 kg vapor/kg fango



Hidrólisis Térmica (1/3)

- **Proceso continuo:** tiende a la estabilidad
 - Minimizar perturbaciones
- **Erosión por abrasión:**
 - Minimizar impropios (ej. arenas)
 - Elementos de desgaste (materiales sofisticados)



Hidrólisis Térmica (2/3)

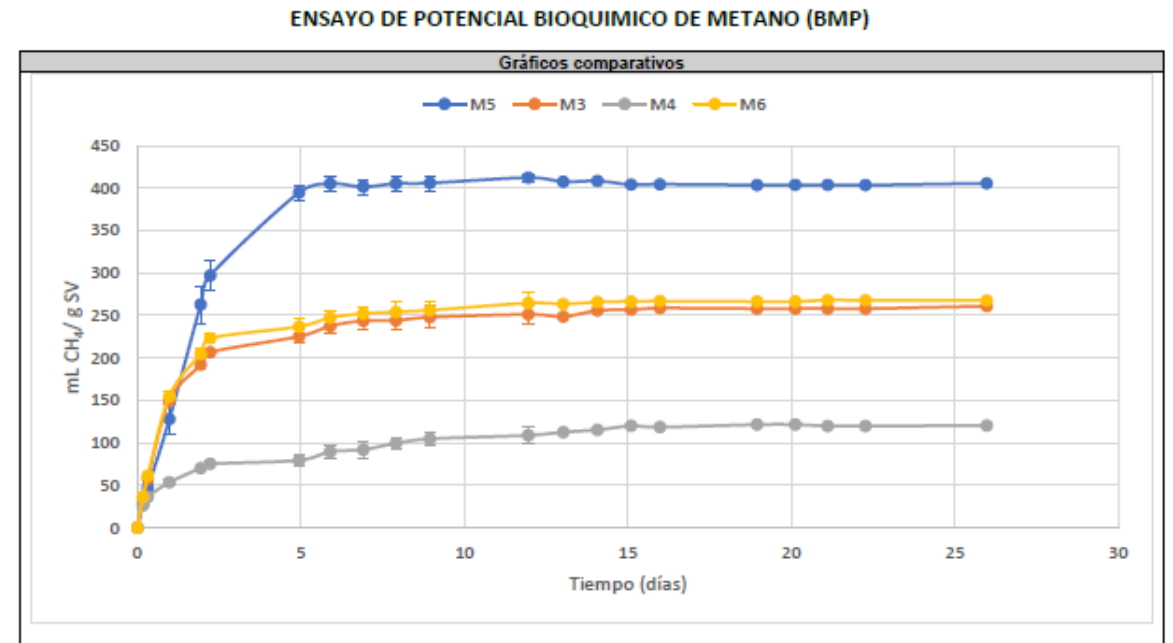
- Condiciones optimizadas: mismo BMP, menor severidad, menos recalcitrantes

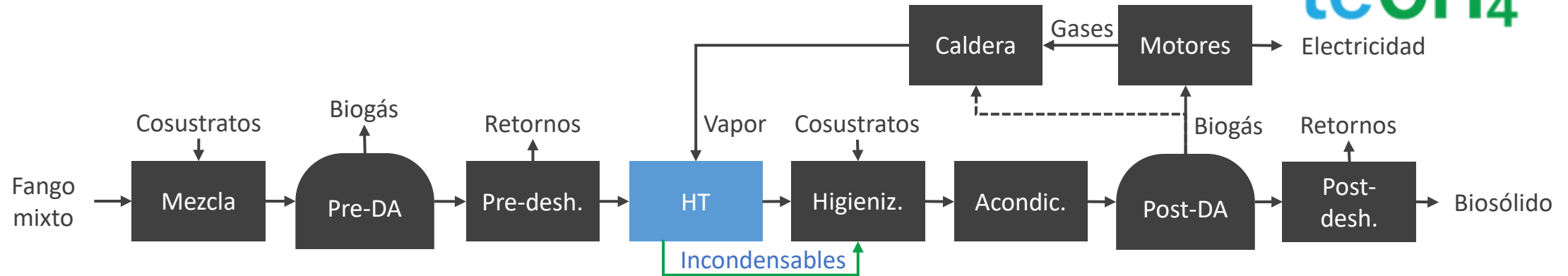
M5: fango fresco

M4: entrada HT

M6: salida HT (Temp. 1)

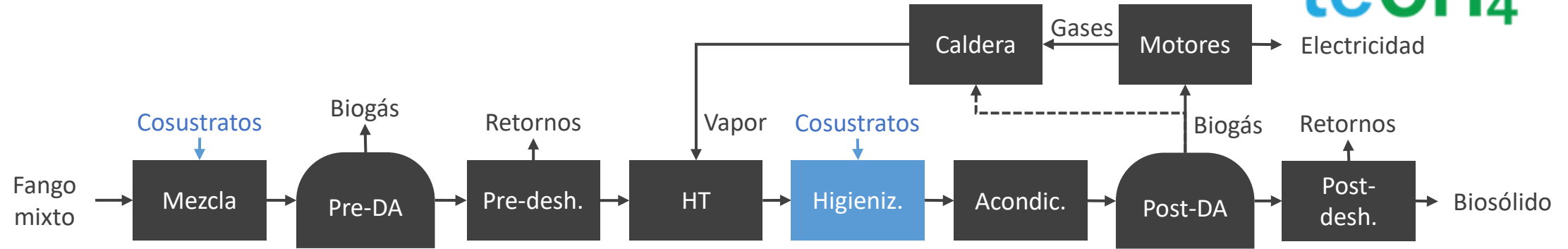
M3: salida HT (Temp. 2)





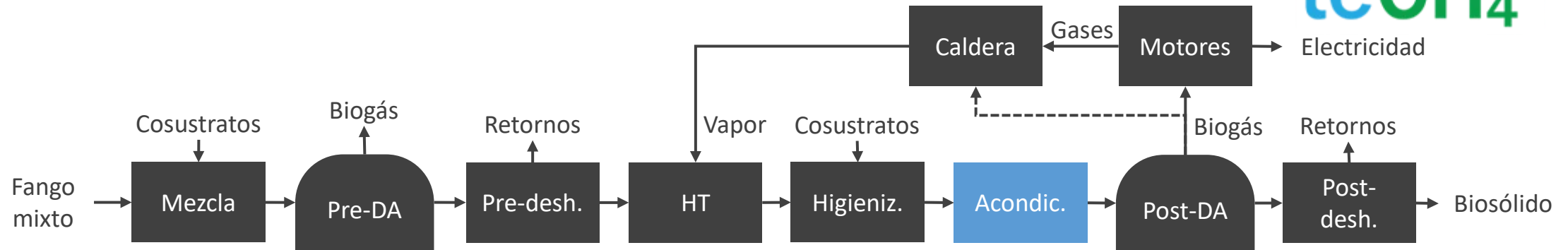
Hidrólisis Térmica (3/3)

- Vibración: minimizar + sistemas de absorción
- Inyección de vapor:
 - Inyección en línea garantiza higienización
 - Rediseñados para mitigar problemas iniciales
- Incondensables:
 - A digestión (vía higienizador)



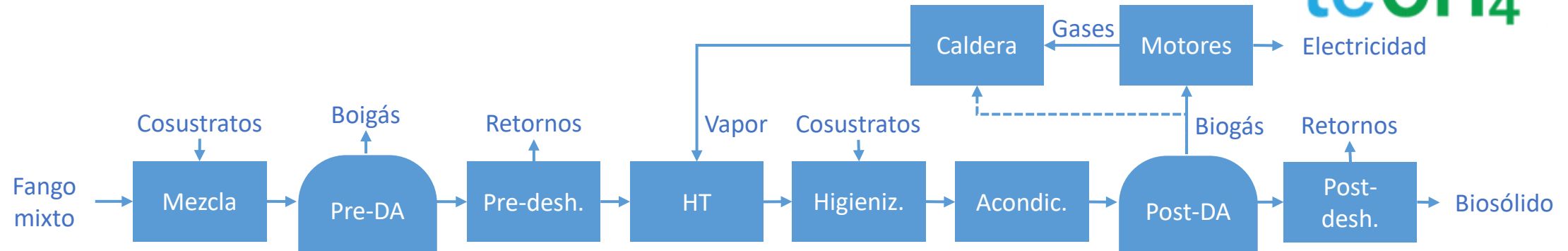
Higienizador

- HT en continuo higieniza (50+ ensayos microbiológicos)
- Innovación → higienizador (en continuo) instalado a posteriori:
 - Para tratar más cosustratos, cumpliendo la Orden de Lodos
- 70°C – 30 min. suficiente
- Añade flexibilidad (ej. higienizar durante parada anual HT)



Acondicionamiento

- Cambiadores de calor tubo-tubo preferibles
- Integración energética (para higienizar en Copero, hay otras opciones)
- Agua de dilución libre de patógenos (ej. clorada)



Impactos positivos

- Higieniza (Orden de Lodos)
- Menor volumen de lodos (-19%)
- Configuración de inter-tratamiento
- Más biogás (+25%)
- Mayor eliminación de SV (60%)
- HT autosuficiente energía (ayuda cosustratos)
- Comportamiento bombas (materiales)
- Apoyo/presencia del tecnólogo
- Innovación: integración de higienizador
- Tiempo en operación > 95% (desde 2020)
- Retorno inversión: 3-4 años

Retos

- Integración en EDAR (ej. aclimatación digestores, nutrientes)
- Robustez de periféricos
- Deshidratación: pre- (estabilidad) y post- (dosis poli)
- Proceso industrial en EDAR:
 - Automatizado, pero requiere personal/formación
 - Mantenimiento preventivo + correctivo (stock crítico)
- Optimizar condiciones de operación
- Minimizar erosión por abrasión
- Inyección de vapor en línea (rediseño)
- Minimizar vibraciones
- Gestión de incondensables
- Proyectos adicionales (ej. precalentamiento de agua de calderas)
- I+D (Therm2): hibridación de HT con digestión termófila

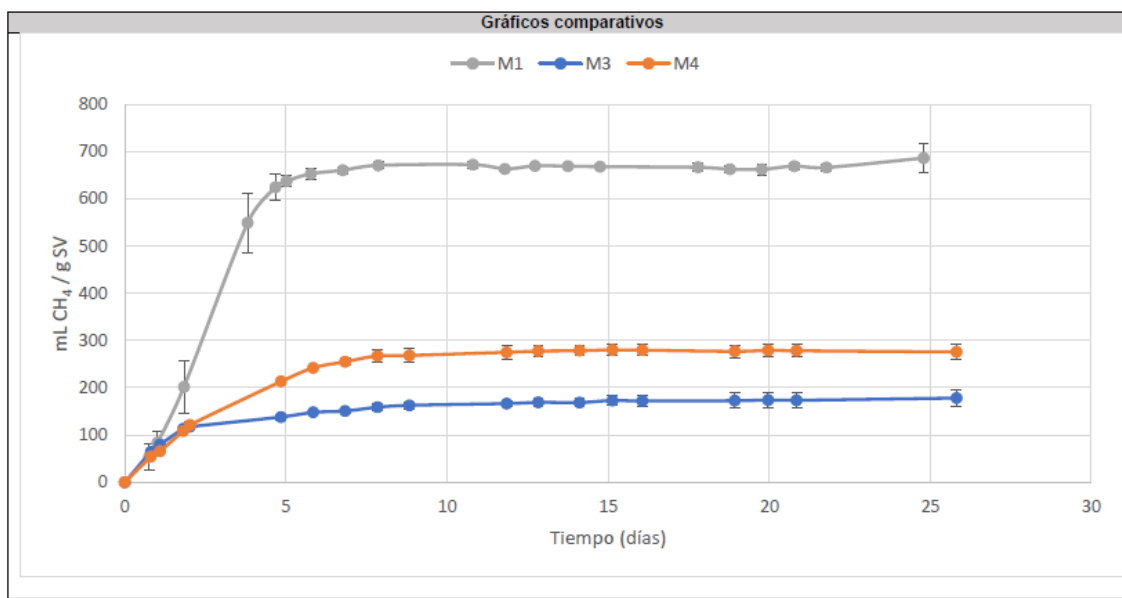
Las EDAR como operadores ambientales: Hidrólisis Térmica

Objetivos

			Caso Base	Pre-tto	Inter-tto	Diferencia
Biogás	Biogás	Nm ³ /d	14.803	16.351	17.831	+20%
	Electricidad	kWe	1.282	1.416	1.544	
	Autocons. electric.	%	83%	92%	100%	
Sólido	Sequedad final	%	24,7%	30,0%	30,0%	+21%
	Biosólido final	ton/día	119	92	87	-27%
	Higienización	-	-	Clase A	Clase A	
	Consumo polielec.	kg/d	284	472	254	-11%
Digest.	Rdto. tMS tratada	%	32%	36%	40%	+23%
	Rendimiento MV	Nm ³ gas/kg MV alim.	0,45	0,50	0,55	
	Tiempo residencia	días	28	60	18 / 34	
	Carga orgánica	kg MV/m ³ ·d	1,0	1,0	1,4 / 1,6	
	Eliminación MV	%	42%	48%	52%	+23%
	Productividad	m ³ gas/m ³ dig.·d	0,45	0,50	0,55	
Planta HT	Concentrac. alim.	%MS	-	14%	14%	
	Vapor externo	t/d	-	13,8	0,0	
	Capacidad	t MS/año	-	12.688	8.942	
		Kg lodo/h	-	10.345	7.291	
	Consumo vapor	kg vap./kg lodo	-	0,14	0,12	
kg vap./tMS		-	1.000	857		

Resultados

ENSAYO DE POTENCIAL BIOQUIMICO DE METANO (BMP)



+ 98 Nm³ metano/ t SV
+ 55 % de incremento

M1- F. Mezcla (entrada a predigestión)

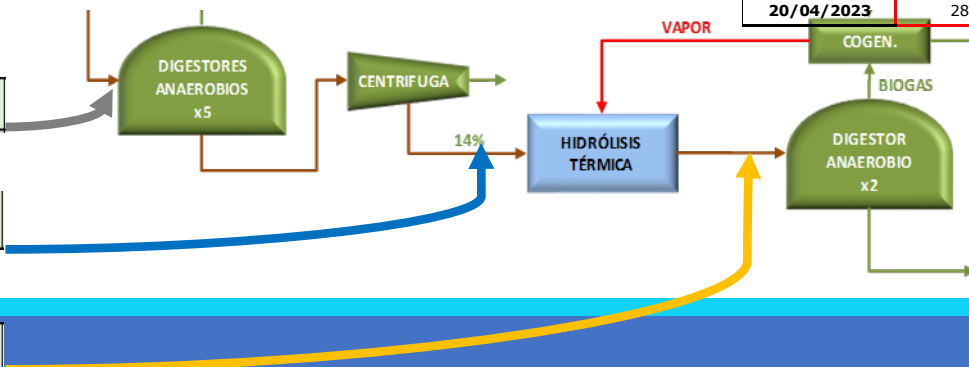
Producción de metano	693 ± 40	Nm ³ /t SV
----------------------	----------	-----------------------

M3-Entrada HT

Producción de metano	178 ± 16	Nm ³ /t SV
----------------------	----------	-----------------------

M4-Salida HT

Producción de metano	276 ± 17	Nm ³ /t SV
----------------------	----------	-----------------------

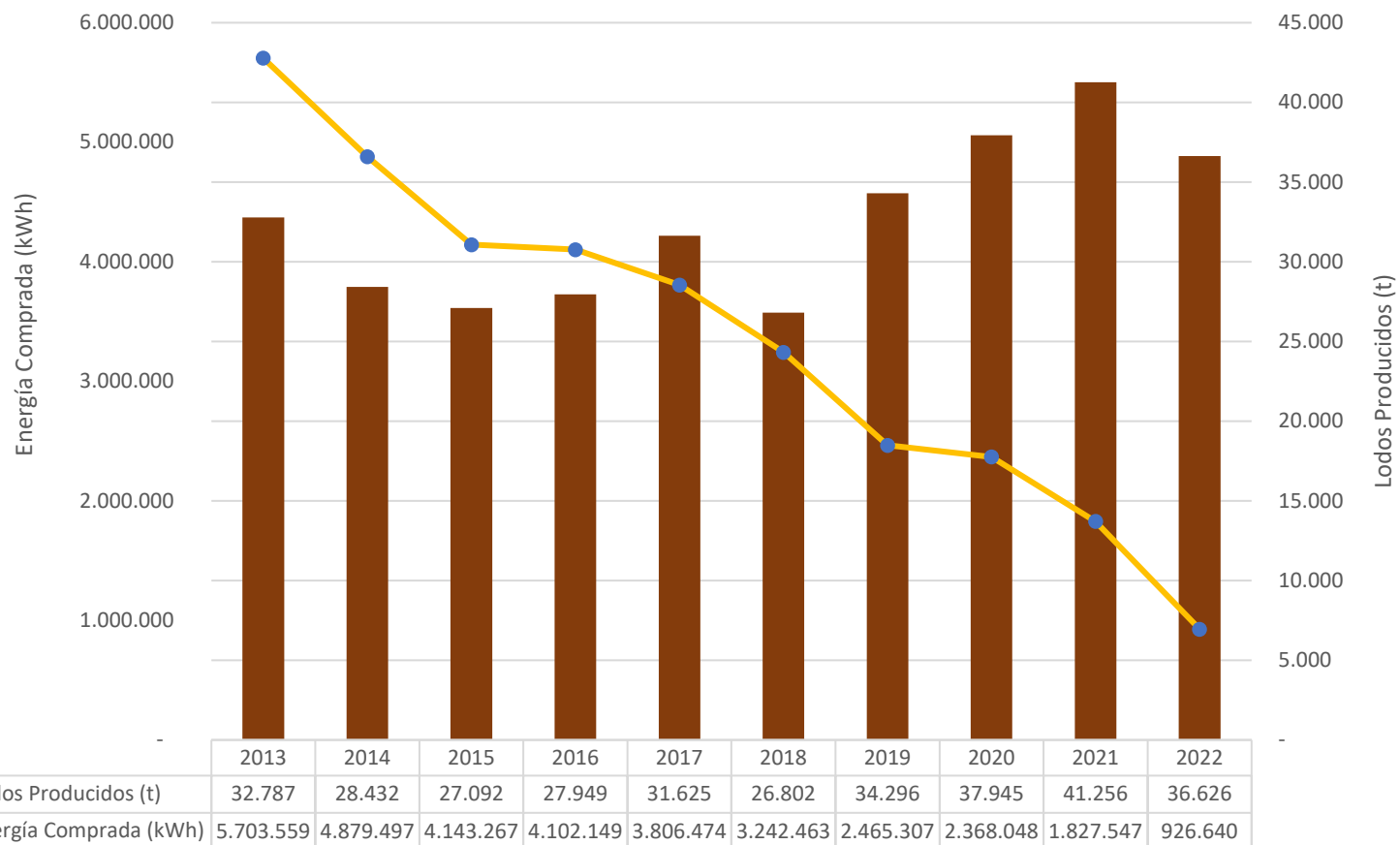


FECHA	LODO SIN HIDROLIZAR		LODO SALIDA HIDRÓLISIS		LODO SALIDA DESHIDRATACIÓN (HIDROLIZADO + COSUSTRATOS)	
	E. Coli (ufc/gr)	Salmonella (D o ND/25g)	E. Coli (ufc/gr)	Salmonella (D o ND/25g)	E. Coli (ufc/gr)	Salmonella (D o ND/25g)
12/05/2022	410.000	D	2	ND	200	ND
18/05/2022	290.000	D	5	ND	570	ND
25/05/2022	93.000	D	0	ND	300	ND
31/05/2022	130.000	D	1.200	ND	400	D
08/06/2022	110.000	D	0	ND	440	ND
24/06/2022	2.400.000	D	0	ND	97	D
30/06/2022	200.000	D	0	ND	440	D
05/07/2022	120.000	D	16	ND	460	ND
14/07/2022	440.000	D	0	ND	100	ND
26/01/2023 (*)	25.600	D	0	ND	0	ND
09/02/2023	136.000	D	1	ND	0	ND
14/02/2023	74.000	D	0	ND	0	ND
22/02/2023	149.000	D	0	ND	0	ND
01/03/2023	24.000	D	0	ND	140	D
08/03/2023	550.000	D	0	ND	3	ND
15/03/2023	150.000	D	0	ND	0	ND
22/03/2023	130.000	D	0	ND	0	ND
30/03/2023	72.000	D	0	ND	4	ND
13/04/2023	130.000	D	0	ND	20	ND
20/04/2023	28.000	D	0	ND	0	ND

(*) Montaje tajadera en válvula de by-pass e higieniza

Resultados

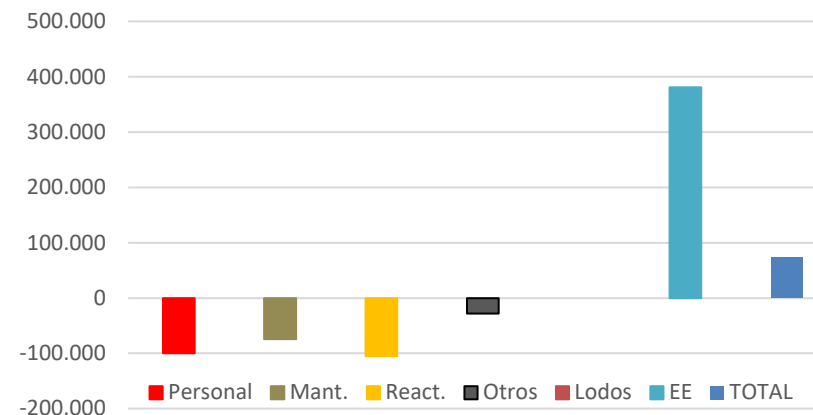
HISTÓRICO LODOS PRODUCIDOS Y ENERGÍA COMPRADA EDAR COPERO



Balance económico: costes de explotación y mantenimiento y ahorros

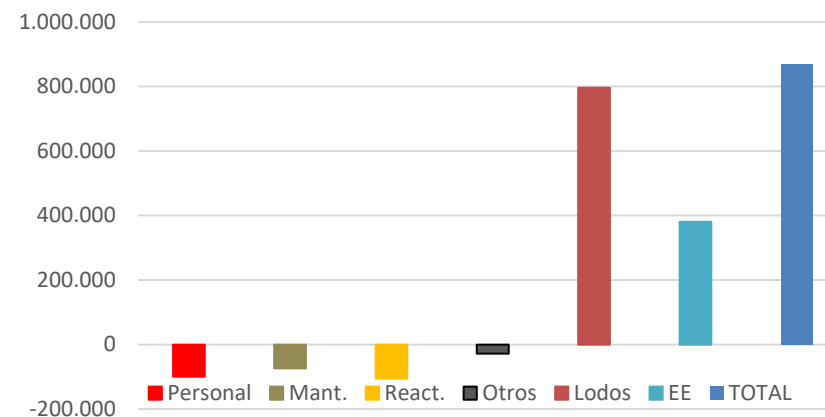
PARTIDA	DIFERENCIA HT vs S/HT (€/año)
Personal	-100.000
Mantenimiento	-74.190 €
Reactivos (polielectrolito)	-105.080 €
Otros (agua potable, análisis)	-28.252 €
Residuos (fangos)	0 €
Energía	380.883 €
TOTAL	73.361 €

Balance Económico HT sin Orden Lodos



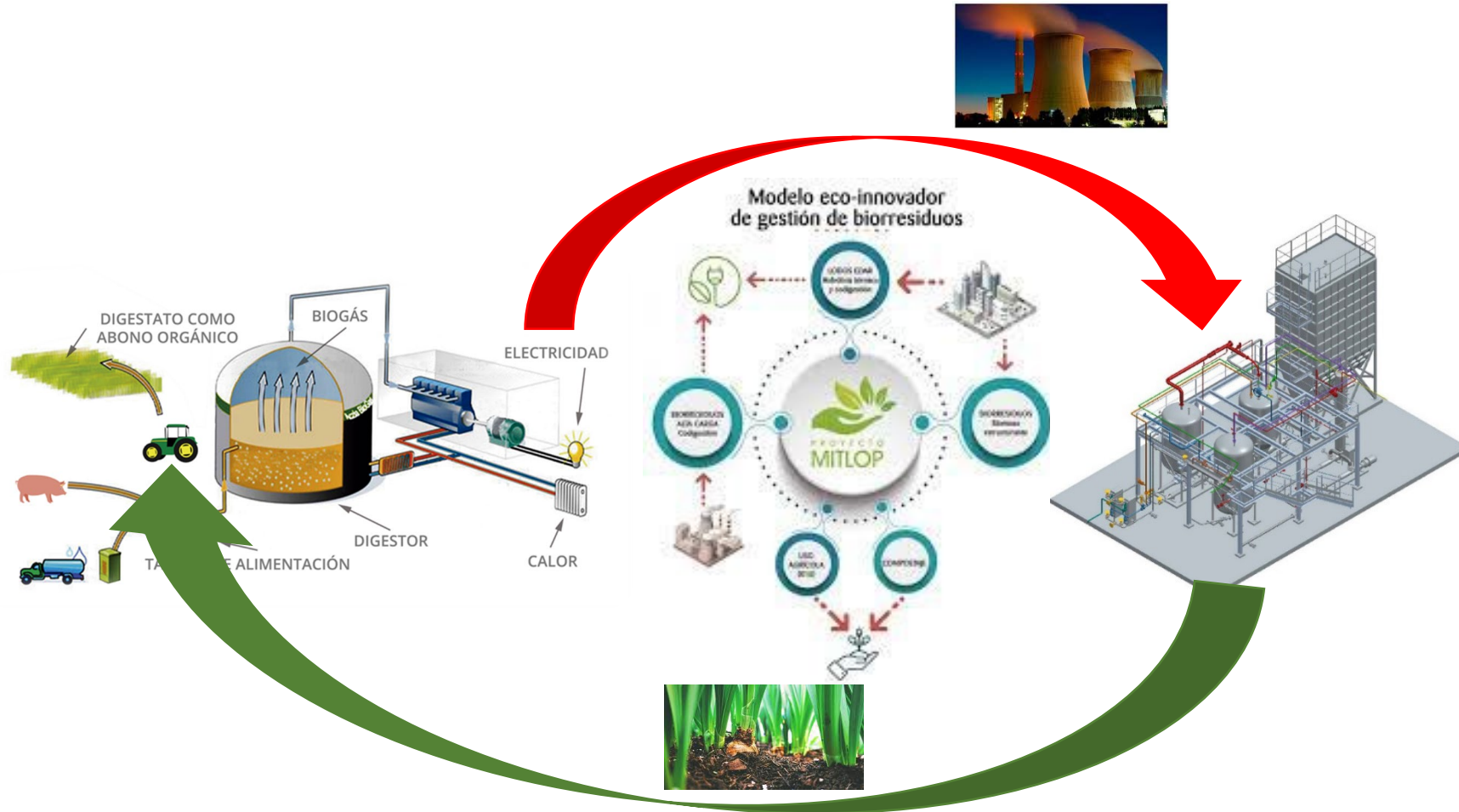
PARTIDA	DIFERENCIA HT vs S/HT (€/año)
Personal	-100.000
Mantenimiento	-74.190 €
Reactivos (polielectrolito)	-105.080 €
Otros (consumo agua potable)	-28.252 €
Residuos (fangos)	796.520 €
Energía	380.883 €
TOTAL	869.881 €

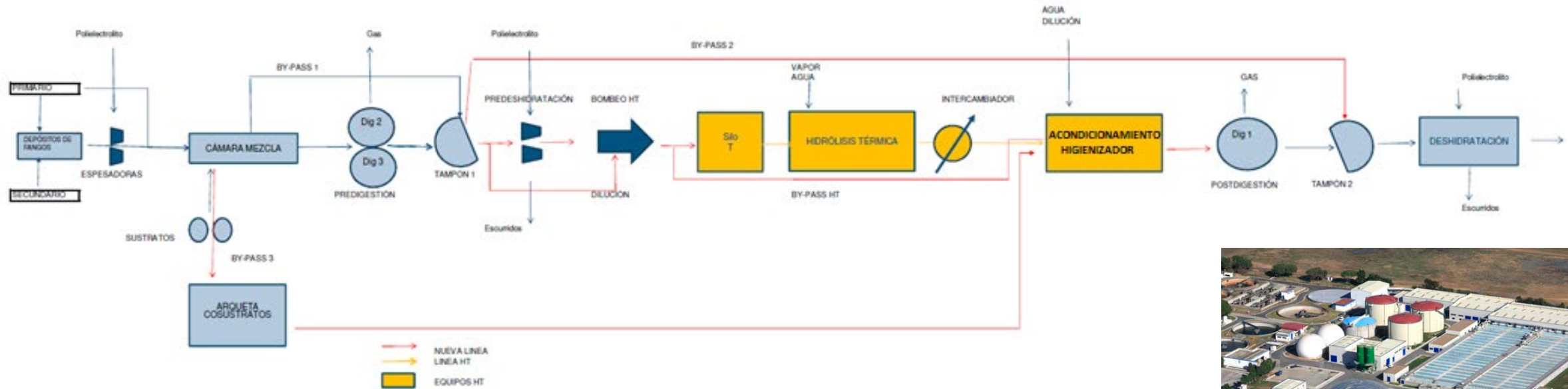
Balance Económico HT CON Orden Lodos



Coste (€)	3.000.000
Retorno (años)	3,45

Las EDAR como operadores ambientales: Economía Circular

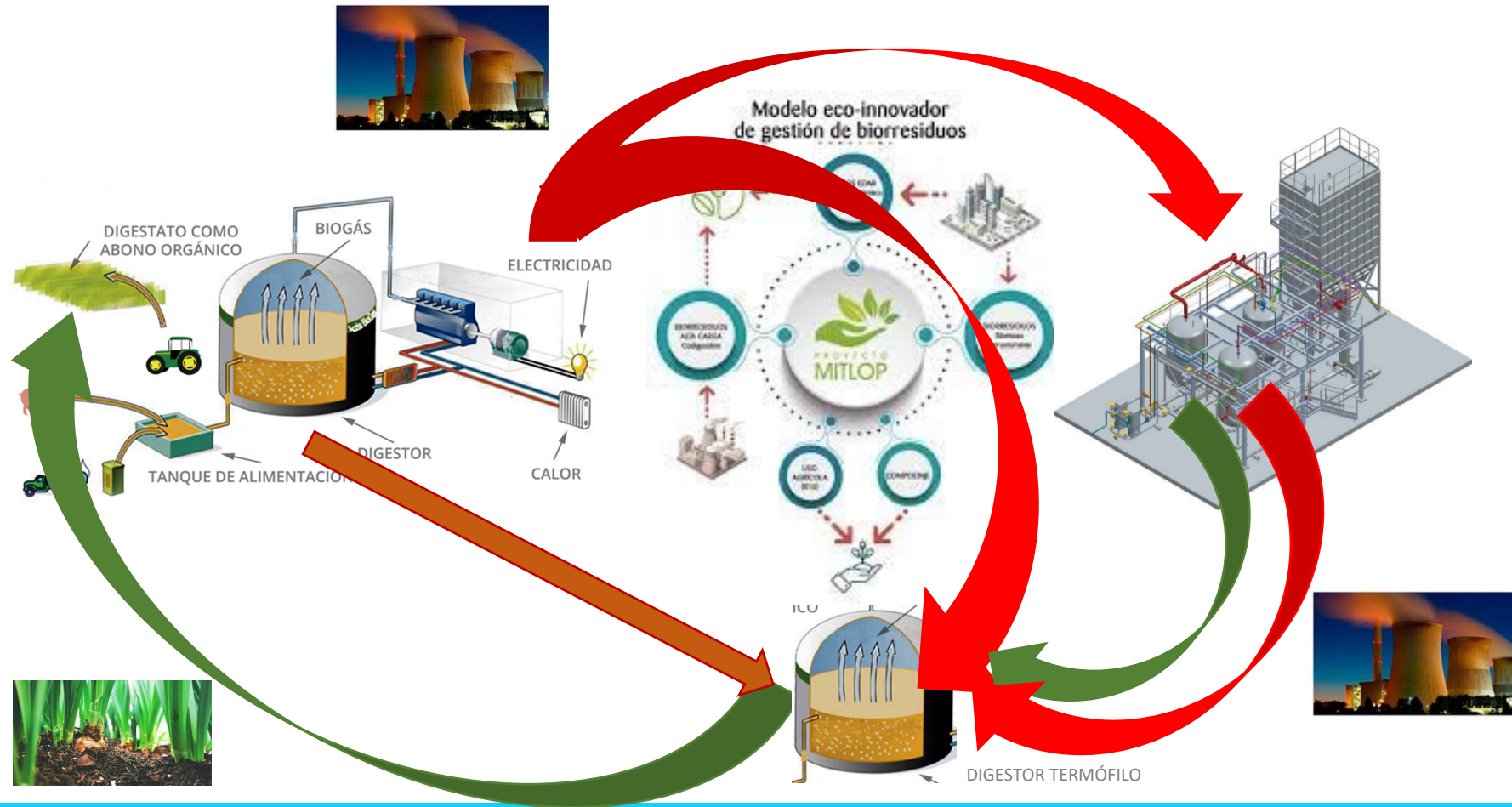




- **Incremento de, al menos, un 15% sobre la producción actual (con cosustratos) del gas producido.**
- **Disminución del contenido en %MV de, al menos, un 10% sobre la situación actual (con cosustratos)**
- **Contenido en materia seca del lodo deshidratado \geq 30%**
- **Lodo hidrolizado libre de patógenos**, según la norma americana Clase A EPA 503.
- **Lodo deshidratado**, se considerará Salmonella y Escherichia coli como microorganismos marcadores para comprobar la **reducción de posibles microorganismos patógenos** y se considerará:
 - **No debe contener Salmonella en 25 g (materia fresca)**
 - **El tratamiento debe producir una reducción de la población de Escherichia coli menor de 1000 UFC/g de producto final.**

Las EDAR como operadores ambientales: Economía Circular

THERM 2



Hoja de ruta (cada gota... cuenta)



**Gracias por
vuestra atención.**



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO