



Aprovechamiento energético de efluentes y residuos en la industria agroalimentaria



09/07/2020

Michele Ceccaroni
Fluence Corporation

Agenda

- Cuál es la conexión entre Reúso y Digestión Anaeróbica en la industria?
- Cuáles son los productos que se incluyen en la dieta del biodigestor?
- Cuáles son las tecnologías utilizadas para la digestión anaeróbica?
- Cómo elegir el proceso de digestión anaeróbica?
- Visitas virtuales a plantas
 - Industria de postres
 - Industria láctea
 - Industria frigorífica
- Conclusiones
- Preguntas y respuestas



**Cuál es la conexión entre Reúso y
Digestión Anaeróbica en la industria?**

Cuál es la conexión entre Reúso y Digestión Anaeróbica en la industria?



El Reúso en la Digestión Anaeróbica industrial

El concepto de reutilizar

Volver a utilizar algo, bien con la función que desempeñaba anteriormente o con otros fines.

(Real Academia Española)

Que vuelve a ser utilizado en la industria con la digestión anaeróbica?

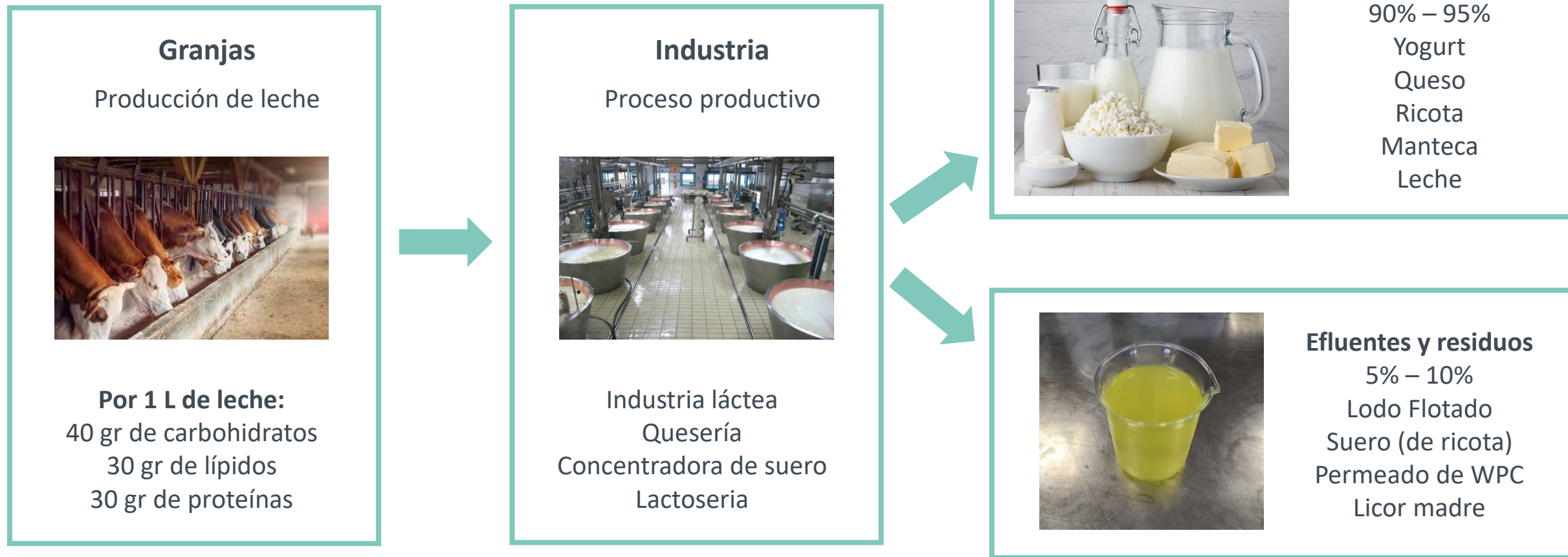
La digestión anaeróbica aprovecha energéticamente residuos y efluentes, que representan un gasto en términos de tratamiento y disposición. Las ineficiencias del proceso se valorizan en un concepto de economía circular.

Por cual fin se vuelve a utilizar?

Producción de energía renovable en forma de energía eléctrica o energía térmica

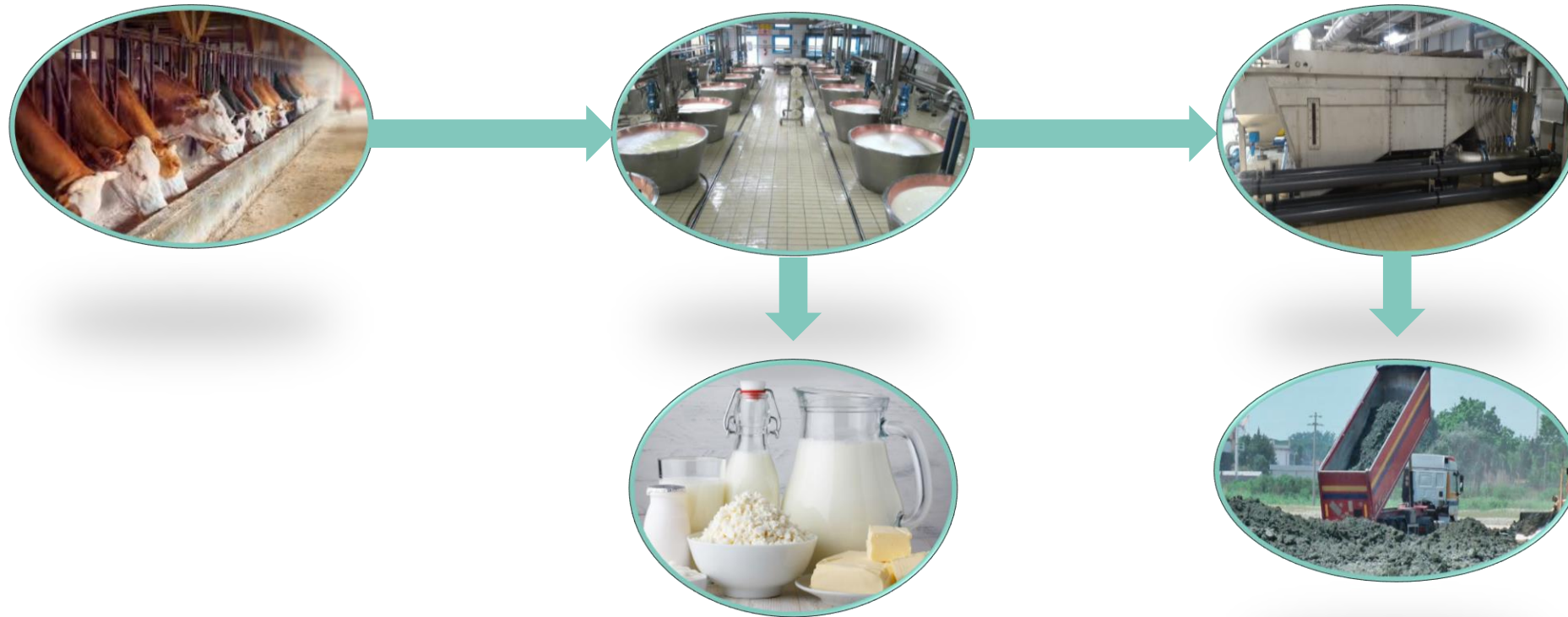
Cuál es la conexión entre Reúso y Digestión Anaeróbica en la industria?

Proceso productivo en la industria agroalimentaria



Cuál es la conexión entre Reúso y Digestión Anaeróbica en la industria?

La situación actual en la industria agroalimentaria



Cuál es la conexión entre Reúso y Digestión Anaeróbica en la industria?

La solución anaeróbica para la industria agroalimentaria

Efluentes y residuos



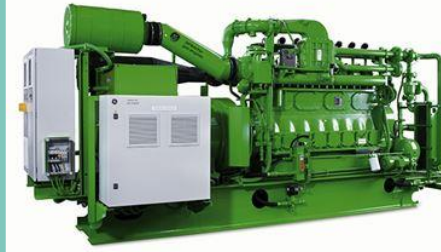
5% – 10%
Lodo Flotado
Suero (de ricota)
Permeado de WPC
Licor madre



Planta de digestión anaeróbica



Reactor CSTR con
recirculación de lodo trata
todos los residuos con
azúcares, proteínas y grasas



Biogás

El 80 - 90% de los
residuos se transforman
en biogás (50 – 70% de
metano), es decir
energía renovable



Fertilizante

Sólo un 10 – 20 % de
los residuos iniciales
se trasforma en un
lodo rico en nutrientes
(abono)

Cuál es la conexión entre Reúso y Digestión Anaeróbica en la industria?



Cuáles son los productos que se incluyen en la dieta del biodigestor?

Cuáles son los productos que se incluyen en la dieta del biodigestor?

Composición de efluentes y residuos en la industria agroalimentaria

Los macronutrientes son:

- Carbohidratos
 - Carbohidratos simples
 - Carbohidratos complejos
- Proteínas
 - Proteínas vegetales
 - Proteínas animales
- Lípidos

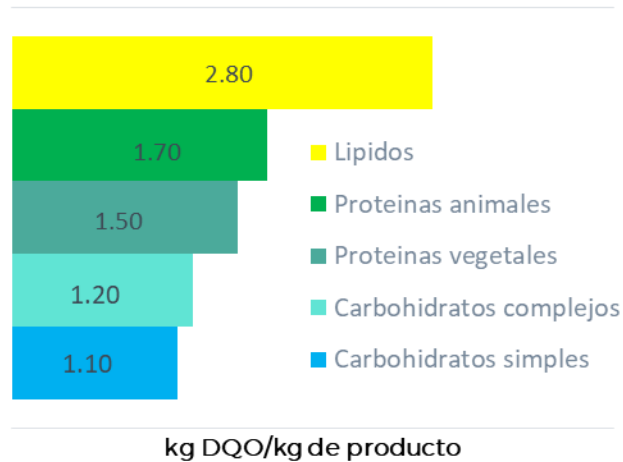
El digestor convierte los nutrientes en energía en la misma manera con la cual lo hace nuestro cuerpo

DIGESTOR ↔ TOMAGO

- Disueltas → DQO soluble
- En suspensión → DQO insoluble

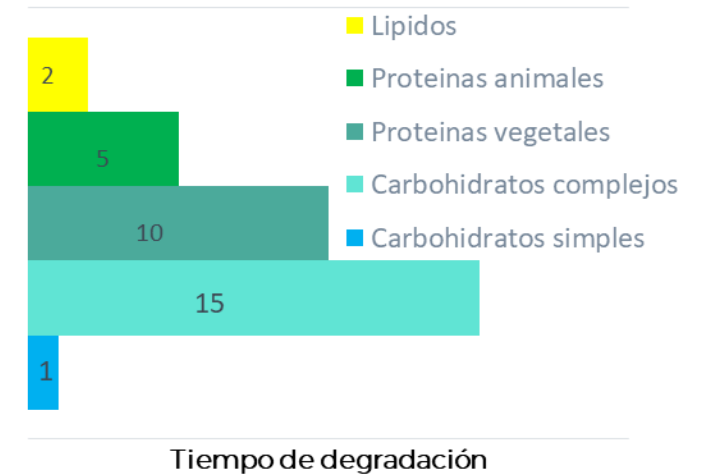
Aporte energético de los macronutrientes

- Los residuos y los efluentes son compuestos por una cantidad fija de un macronutriente o una mezcla de los mismos. La relación entre DQO y los sólidos mide la cantidad de energía que puede aportar cada tipo de residuo o de efluente.



Degradabilidad de los macronutrientes

- Cada macronutriente se degrada en un tiempo diferente. Los productos más rápidos en degradarse son los azúcares y las grasas mientras los compuestos con una unión química compleja se demoran más tiempo.



Cuáles son los productos que se incluyen en la dieta del biodigestor?

Carbohidratos simples

- ✓ Se degradan fácilmente
- ✓ Energía disponible en manera inmediata
- ✓ Se necesita un bajo tiempo de residencia



Carbohidratos complejos

- ✓ Se degradan lentamente
- ✓ Energía disponible a lo largo del tiempo
- ✓ Se necesita un alto tiempo de residencia



Lípidos

- ✓ Se degradan en algunos días
- ✓ Mucha energía disponible rápidamente
- ✓ Se necesita un bajo tiempo de residencia






Proteínas

- ✓ Se degradan en algunos días
- ✓ Energía disponible en manera bastante rápida
- ✓ Se necesita un tiempo de residencia medio



Cuáles son las tecnologías utilizadas para la digestión anaeróbica?

Características de los reactores anaeróbicos

	Completamente mezclado - CSTR	Lodo Granular – UASB o EFC
Tratamiento aguas arriba	Generación del lodo de alimento	Remoción de los solidos en alimento
Alimento	Lodo o Residuos con altos solidos	Efluente con SST < 300 mg/L
Tiempo de residencia	Algunas semanas	Algunas horas
Flujo – Mezcla	Completamente mezclado con agitadores	Flujo ascendente por bombas
Temperatura	38°C – 52°C	30°C – 42°C
Carga Orgánica	3 – 10 kg _{DQO} /m ³ _{reactor} /día	6 – 18 kg _{DQO} /m ³ _{reactor} /día
	<p>Lodo Flotado</p> 	<p>Efluente clarificado</p> 

Varios tipos de efluentes en las industrias

0% eficiencia



100% eficiencia

Empresas donde las principales sustancias presentes en el efluente son gorduras e proteínas

- Carne
- Pesquera
- Láctea, queso y sobremesas

Solución sin digestión anaeróbica

- Alta producción de lodo
- Alto consumo de energía

Solución anaeróbica estándar

La solución anaeróbica es percibida como cara y no eficiente

Solución anaeróbica personalizada

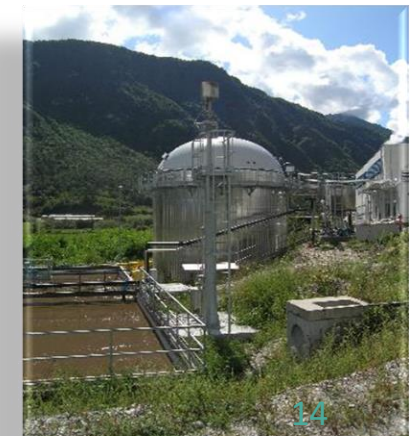
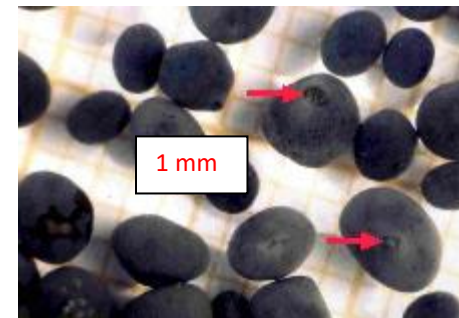
La planta anaeróbica es optimizada y ofrece la solución más eficiente para la industria

Empresas donde las principales sustancias presentes en el efluente son azúcares y almidón

- Bebidas
- Cervecería
- Azucarera

Solución sin digestión anaeróbica

- Alta producción de lodo
- Alto consumo de energía
- Dificultad en operar la PTAR



Soluciones para la digestión anaeróbica en la industria

Digestión anaeróbica CSTR (Continuous Flow Stirred-Tank Reactor)

- Mezcla completa sin recircular el lodo digerido. El material del reactor está mezclado y mantenido a una temperatura fija. **Esta tecnología es ideal para lodos primarios de aguas residuales, para lodos en exceso de PTAR y para la digestión anaeróbica de plantas agrícolas.**



Digestión anaeróbica con concentración de digestato

- Proceso mixto completo con recirculación de lodo digerido que **permite un aumento de la concentración de biomasa y una reducción del volumen del digestor.** Ideal para lodos con alto contenido de nitrógeno o lodos que tienen una mezcla de DQO soluble y insoluble.



Digestión anaeróbica con lodo granular EFC (External Forced Recirculation)

- Reactor con flujo ascensional y recirculación de flujo para permitir la mezcla del material. El lodo a la salida está recirculado para mantener el tenor de sólidos. **Esta tecnología es ideal para todas las aguas residuales con alta carga orgánica soluble y bajo contenido de sólidos.**



Cómo elegir el proceso de digestión anaeróbica?

Cómo elegir el proceso de digestión anaeróbica?

Preguntas

I. Producción industrial:

- Producto de origen animal
- Producto de origen vegetal

II. Macronutriente presente en el producto:

(más de una respuesta posible)

- Carbohidratos
- Lípidos
- Proteínas

III. Efluente o residuo industrial:

- Lodo/Residuom³/díakg_{DQO}/m³
- Efluente SST > 1g/Lm³/díakg_{DQO}/m³
- Efluente SST < 1g/Lm³/díakg_{DQO}/m³
- Otrom³/díakg_{DQO}/m³

Soluciones

I. Reactor Anaeróbico:

- CSTR (con o sin recirculación)
- DAF + CSTR
- DAF + Lodo Granular
- Lodo Granular

II. Energía producida*:

- Biogás Nm³/día
- Metano.....Nm³/día

*Metano[Nm³/día] = Degradabilidad (0% – 100%) x Carga orgánica en alimento [kg_{DQO}/día] x 0,35 [Nm³/ kg_{DQO}]

Visitas virtuales a plantas

Dolcissimo – Grupo Andros



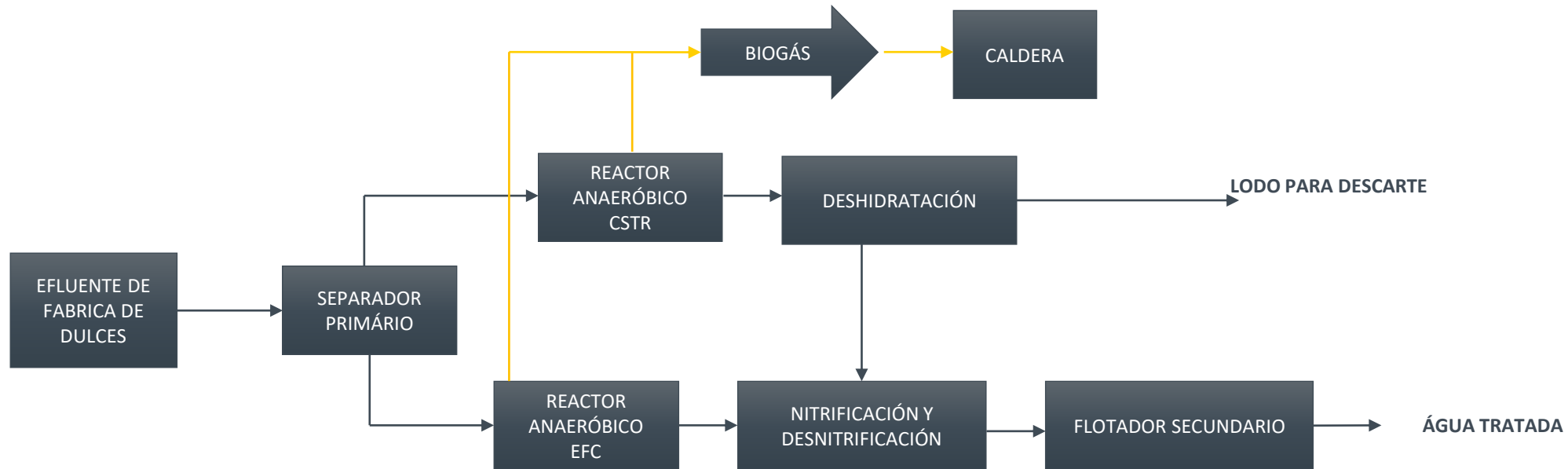
Tipo de industria: Industria pastelera

Producción: Cremas, Tiramisú e Profiterol

Fuente de contaminación: Agua de proceso

Solución técnica: Reactor anaeróbico de lodo granular y reactor anaeróbico CSTR

Año de puesta en marcha: 2018



Dolcissimo – Grupo Andros



Efluente (antes del tratamiento):	
Caudal:	600 m ³ /d
Temperatura:	25°C
DQO promedio:	10.000 mg/L
DQO insoluble:	6.000 mg/L
DQO soluble:	4.000 mg/L
SST:	2.150 mg/L
NTK:	115 mg/L
P:	3 mg/L

HOMOGENIZACIÓN

DOSIFICACIÓN
CLORURO
FERRICO
220 PPM

DOSIFICACIÓN
POLIELECTROLITO
3 PPM



Lodo flotado:	
Caudal:	14 m ³ /d
Temperatura:	25°C
DQO promedio:	215.000 mg/L
SST:	80.000 mg/L
NTK:	3.000 mg/L
P:	87 mg/L

Efluente clarificado después del DAF:	
Caudal:	586 m ³ /d
Temperatura:	25°C
DQO promedio:	5.000 mg/L
DQO insoluble:	1.000 mg/L
DQO soluble:	4.000 mg/L
SST:	300 mg/L
NTK:	46 mg/L
P:	1 mg/L

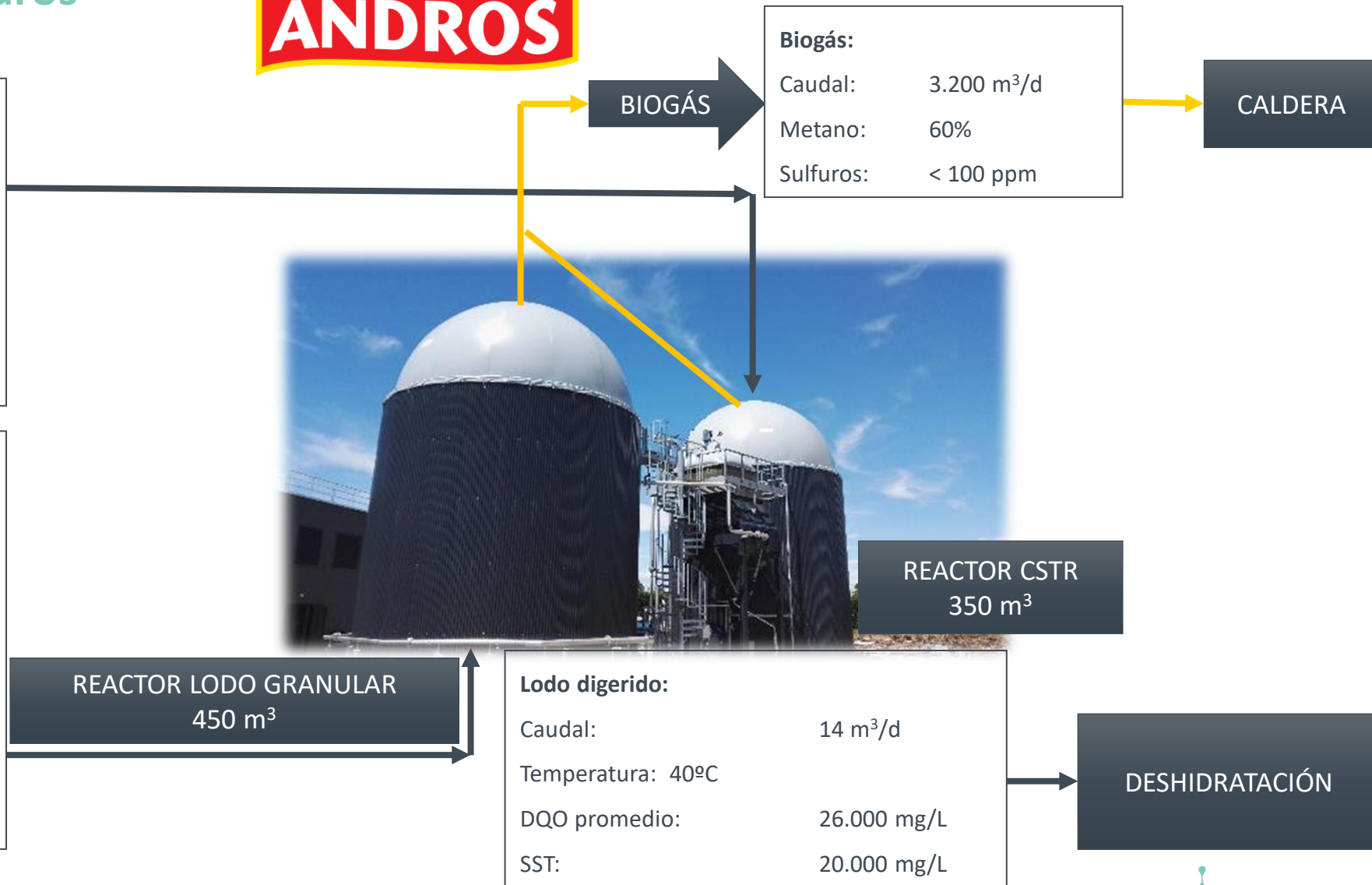


Dolcissimo – Grupo Andros



Lodo flotado:	
Caudal:	14 m ³ /d
Temperatura:	25°C
DQO promedio:	215.000 mg/L
SST:	80.000 mg/L
NTK:	3.000 mg/L
P:	87 mg/L

Efluente clarificado después del DAF:	
Caudal:	586 m ³ /d
Temperatura:	25°C
DQO promedio:	5.000 mg/L
DQO insoluble:	1.000 mg/L
DQO soluble:	4.000 mg/L
SST:	300 mg/L
NTK:	46 mg/L
P:	1 mg/L

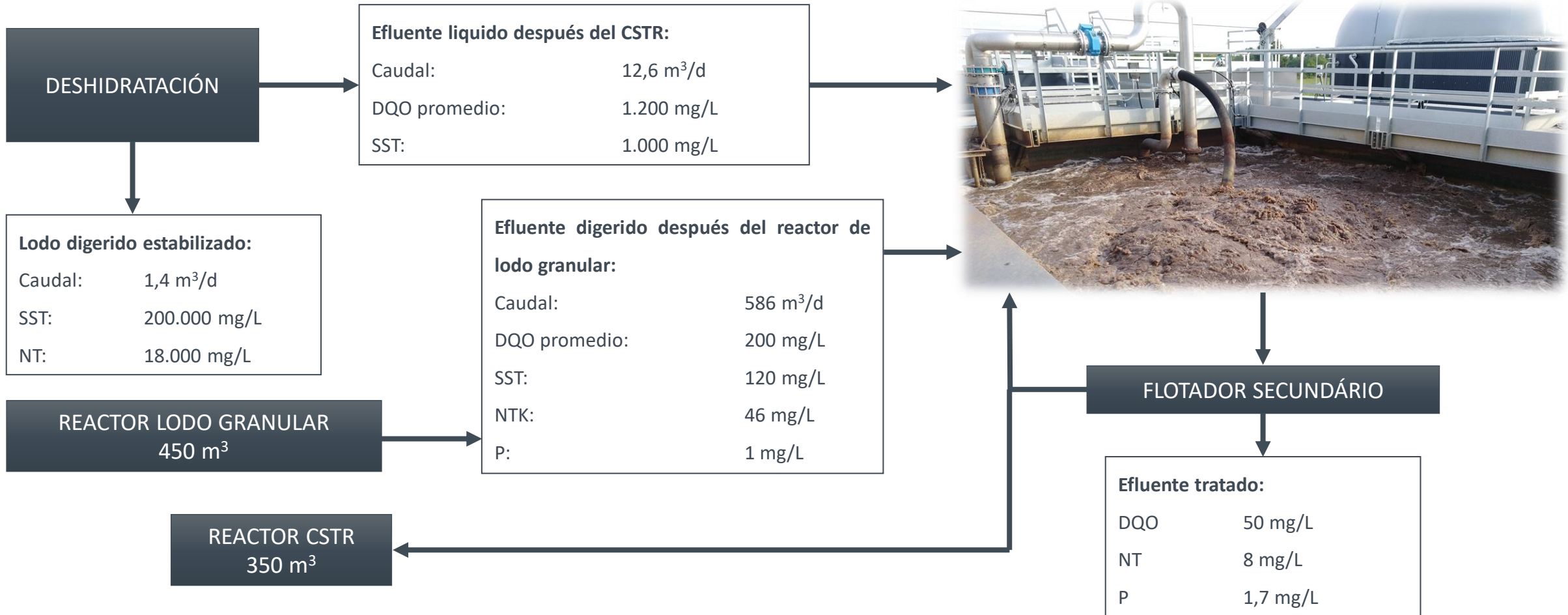


Biogás:	
Caudal:	3.200 m ³ /d
Metano:	60%
Sulfuros:	< 100 ppm

Lodo digerido:	
Caudal:	14 m ³ /d
Temperatura:	40°C
DQO promedio:	26.000 mg/L
SST:	20.000 mg/L



Dolcissimo – Grupo Andros





OPEX con los biodigestores	Unidad	Cantidad	Costo unitario	USD/día	USD/año	USD/m ³
Consumo de energía eléctrica promedio	kWh/día	1.350	0,16	216,00	- 78.840,00	29%
Consumo de cloruro férrico para el DAF primario	kg/día	132	0,24	31,68	- 8.236,80	3%
Consumo de polielectrolito para el DAF primario	kg/día	13	2,50	32,50	- 8.450,00	3%
Consumo de polielectrolito para la decanter	kg/día	27	3,30	89,10	- 23.166,00	9%
Consumo de polielectrolito para el DAF secundario	kg/día	20	3,30	66,00	- 17.160,00	6%
Costos para disponer el lodo	ton/día	1,4	115,00	161,00	- 41.860,00	16%
Consumo de otros químicos para el biodigestor	kg/día	200	0,20	40,00	- 10.400,00	4%
Mano de obra	hora/día	8	28,00	224,00	- 58.240,00	21%
Manutención por año	Qt	1	67,50	67,50	- 24.635,20	9%
TOTAL COSTOS					- 270.988,00	- 1,74
BENEFICIOS						
Ahorro en gas natural al neto del biodigestor	Nm ³ /día	1.920,00	0,30	576,00	+ 149.800,00	100%
TOTAL BENEFICIOS					+ 149.800,00	+ 0,96
COSTO OPERACIONAL					-121.188,00	- 0,78



- ✓ Los costos para tratar 1 m³ de agua se bajan de la mitad
- ✓ El 90% de la carga orgánica perdida en la fabrica se trasforma en energía
- ✓ Se tratan todos los residuos generados en la planta – Economía circular

Latteria e caseificio Moro



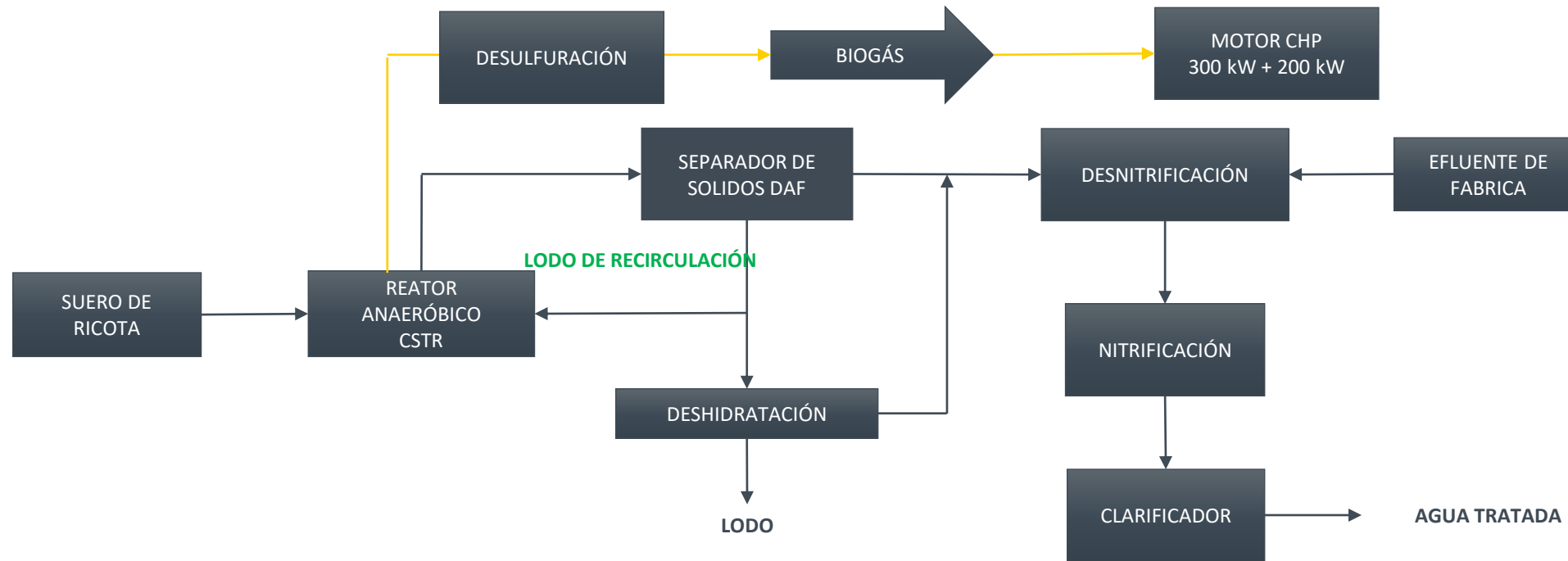
Tipo de industria: Industria láctea

Producción: Ricotta, queso y mozzarella

Fuente de contaminación: Agua de proceso y suero de ricotta

Solución técnica: Reactor anaeróbico con recirculación de lodo

Año de puesta en marcha: 2014 y 2017



Latteria e caseificio Moro



latteria e caseificio

Suero de ricota 2014:	
Caudal:	120 m ³ /d
Temperatura:	40°C
DQO promedio:	60.000 mg/L
SST:	55.000 mg/L
NTK:	2.000 mg/L
Cloruros:	1.600 mg/L

Suero de ricota 2017:	
Caudal:	180 m ³ /d
Temperatura:	52°C
DQO promedio:	60.000 mg/L
SST:	55.000 mg/L
NTK:	2.000 mg/L
Cloruros:	1.600 mg/L

DESULFURACIÓN

BIOGÁS

REACTOR ANAERÓBICO CSTR



2014: 40° C → 2017: 52° C

Biogás:	
Caudal:	3.500/6.000 m ³ /d
Metano:	52%
Sulfuros:	< 100 ppm

MOTOR CHP
300 kW

MOTOR CHP
200 kW

DAF DE RECIRCULACIÓN



DIGESTATO
CLARIFICADO

Lodo digerido:	SST: 70.000 mg/L
----------------	------------------

LODO A
DESHIDRATACIÓN



Latteria e caseificio Moro



latteria e caseificio





OPEX sin el biodigestor	Unidad	Cantidad	Costo unitario	USD/día	USD/año	USD/m³
Consumo de energía eléctrica promedio	kWh/día	1.030	0,16	- 164,80	- 60.152,00	51%
Consumo de polielectrolito para la decanter	kg/día	5,5	3,30	- 18,15	- 4.719,00	3%
Costos para enviar el lodo a campo	ton/día	1,5	35,00	- 52,50	- 13.650,00	10%
Mano de obra	hora/día	4	28,00	- 112,00	- 29.120,00	19%
Manutención por año	Qt	1	30,00	- 30,00	- 10.950,00	9%
TOTAL COSTOS					- 118.591,00	100%
COSTO OPERACIONAL					- 118.591,00	



OPEX con el biodigestor	Unidad	Cantidad	Costo unitario	USD/día	USD/año	USD/m ³
Consumo de energía eléctrica promedio	kWh/día	2.710	0,16	- 433,60	- 158.264,00	50%
Consumo de polielectrolito para la recirculación	kg/día	25	3,30	- 82,50	- 21.450,00	7%
Consumo de polielectrolito para la decanter	kg/día	12	3,30	- 39,60	- 10.296,00	3%
Costos para disponer el lodo	ton/día	3,3	35,00	- 115,50	- 30.030,00	9%
Consumo de otros químicos para el biodigestor	kg/día	7,5	6,00	- 45,00	- 11.700,00	4%
Mano de obra	hora/día	8	28,00	- 224,00	- 58.240,00	18%
Manutención por año	Qt	1	77,50	- 77,50	- 28.302,00	9%
TOTAL COSTOS					- 318.282,00	100%
BENEFICIOS						
Producción de energía eléctrica	kWh/día	12.000,00	0,23	+ 2.760,00	+ 1.007.400,00	90%
Ahorro en gas natural al neto del biodigestor	Nm ³ /día	1.020,00	0,30	+ 306,00	+ 111.690,00	10%
TOTAL BENEFICIOS					+ 1.119.090,00	100%
COSTO OPERACIONAL					+ 1.119.090,00	

Latteria e caseificio Moro



- ✓ Ahorro con biodigestor de 800.000,00 USD/año
- ✓ Tiempo de retorno inferior a 2 años
- ✓ Producción de 12 MWh/día todos los días de la semana
- ✓ Se tratan todos los residuos generados en la planta – Economía circular
- ✓ Producción de agua caliente para la fabrica
- ✓ Valorización de un subproducto

AVICOOP – Grupo Amadori



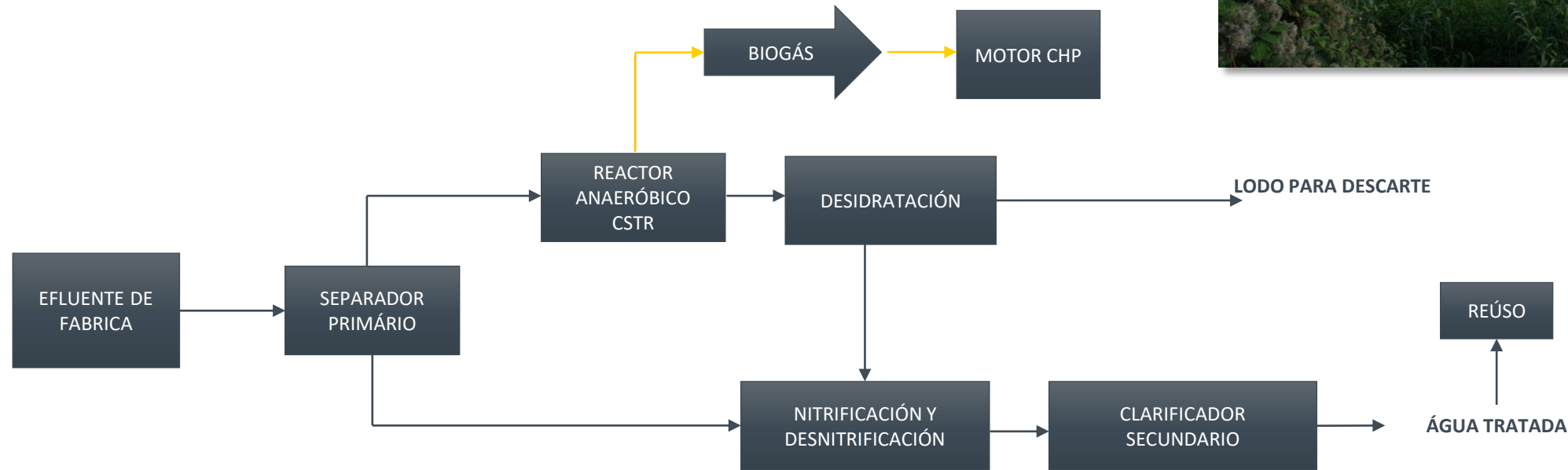
Tipo de industria: Frigorífico de aves

Producción: 700 ton de carne por día

Fuente de contaminación: Agua de proceso y efluente de la harinera

Solución técnica: Reactor anaeróbico CSTR

Año de puesta en marcha: 2012



AVICOOP – Grupo Amadori



Efluente (antes del tratamiento):	
Caudal:	4.000 m ³ /d
Temperatura:	28°C
DQO promedio:	5.650 mg/L
SST:	2.500 mg/L
NTK:	220 mg/L
P:	50 mg/L

HOMOGENIZACIÓN

DOSIFICACIÓN
CLORURO
FERRICO
200 PPM

DOSIFICACIÓN
POLIELECTROLITO
8 PPM

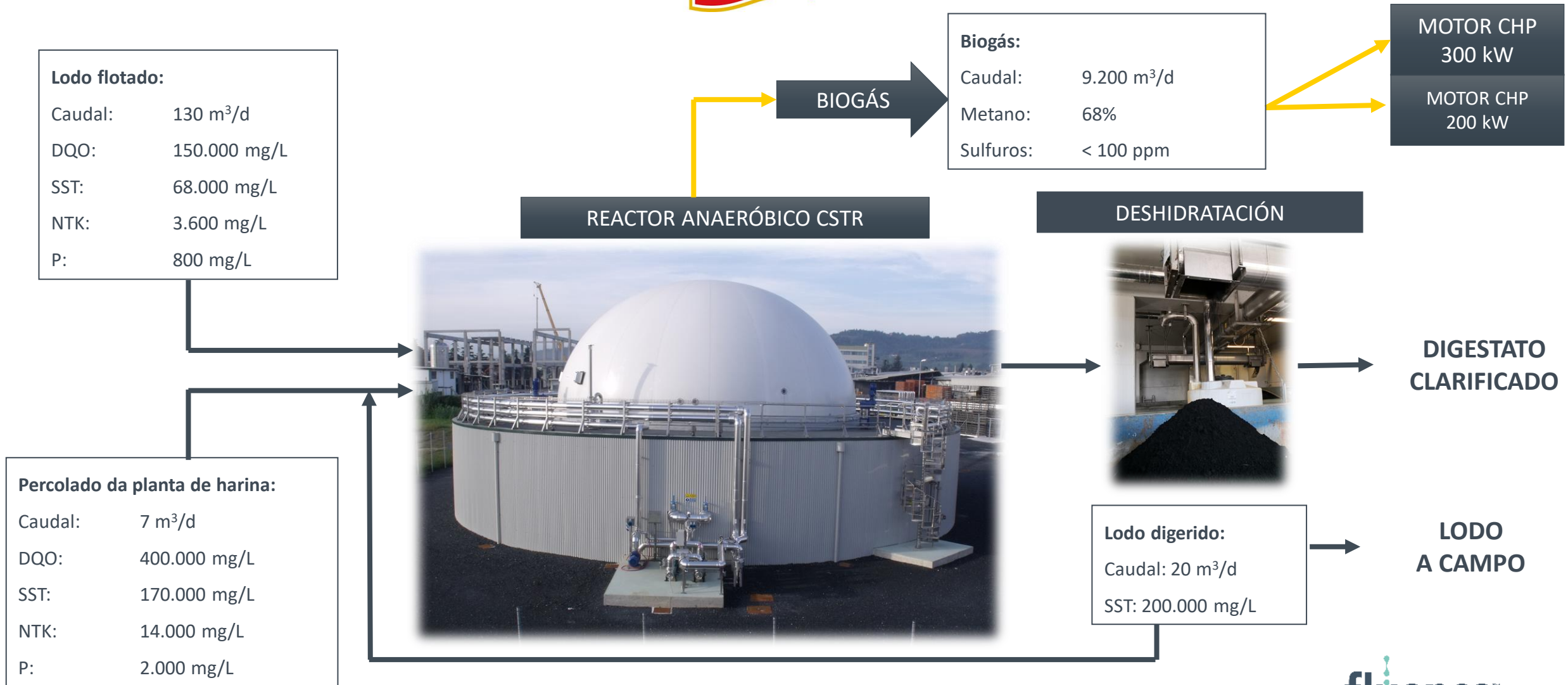
FLOTADOR PRIMARIO



Lodo flotado:	
Caudal:	130 m ³ /d
DQO:	150.000 mg/L
SST:	68.000 mg/L
NTK:	3.600 mg/L
P:	800 mg/L

Efluente clarificado:	
Caudal:	3.870 m ³ /d
DQO promedio:	800 mg/L
SST:	300 mg/L
NTK:	106 mg/L
P:	25 mg/L

AVICOOP – Grupo Amadori





TRATAMIENTO DE EFLUENTES – I ETAPA



Digestato liquido después de la deshidratación:	
Caudal:	137 m ³ /d
DQO promedio:	1.200 mg/L
SST:	800 mg/L
NTK:	2.500 mg/L

Efluente clarificado del DAF primario:	
Caudal:	3.870 m ³ /d
DQO promedio:	800 mg/L
SST:	300 mg/L
NTK:	106 mg/L
P:	25 mg/L

70%

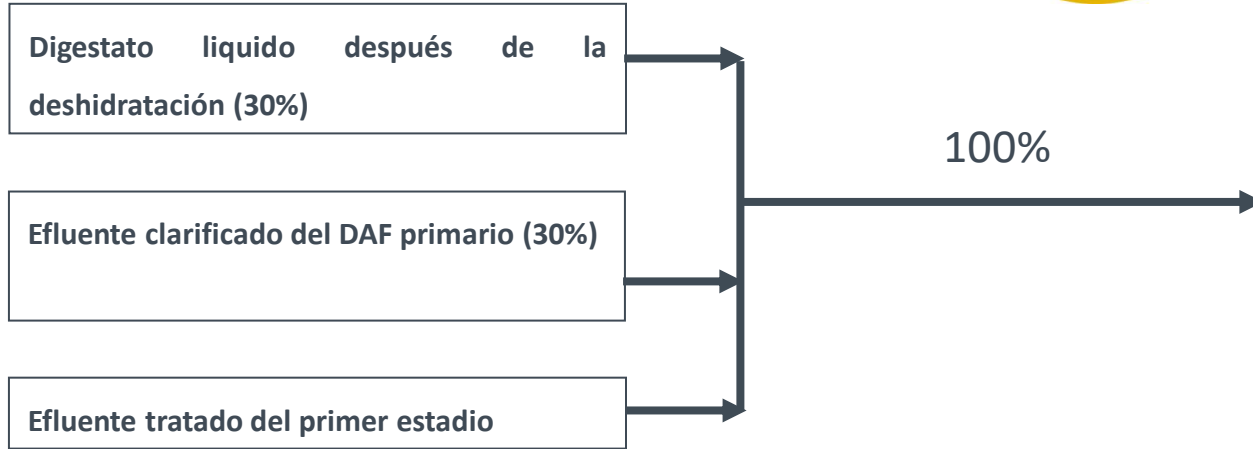
70%

30%

Efluente tratado:	
DQO	70 mg/L
NT	20 mg/L

TRATAMIENTO DE EFLUENTES – II ESTADIO





TRATAMIENTO DE EFLUENTES – II ETAPA



Ventajas del tratamiento con doble etapa

- ✓ Planta más compacta
- ✓ Planta más flexible
- ✓ Planta más estable
- ✓ Menor consumo de energía

CLARIFICADOR SECUNDÁRIO





CLARIFICADOR FINAL



Efluente tratado desde la segunda etapa del tratamiento de efluentes

Efluente tratado:
DQO 70 mg/L
NT 8 mg/L
P 1 mg/L

50%

DESCARGA EN AGUA SUPERFICIAL

50%

FILTRACIÓN

- Lavado de camiones
- Limpiezas externas
- Riego

Lodo de recirculación

TRATAMIENTO EFLUENTES I ESTADIO

Lodo en exceso del clarificador

REACTOR CSTR



OPEX sin el biodigestor	Unidad	Cantidad	Costo unitario	USD/día	USD/año	USD/m ³
Consumo de energía eléctrica promedio	kWh/día	14.470	0,16	- 2.315,20	- 845.048,00	43%
Consumo de cloruro férrico para el DAF primario	kg/día	1.136	0,20	- 227,20	- 59.072,00	3%
Consumo de polielectrolito para el DAF primario	kg/día	32	2,50	- 80,00	- 20.800,00	1%
Consumo de polielectrolito para la decanter	kg/día	200	2,50	- 500,00	- 130.000,00	6%
Costos para disponer el lodo	ton/día	50	60,00	- 3000,00	- 780.000,00	4%
Mano de obra	hora/día	16	28,00	- 448,00	- 116.480,00	6%
Manutención por año	Qt	1	150,00	- 150,00	- 39.000,00	2%
TOTAL COSTOS					- 1.990.400	- 1,9
COSTO OPERACIONAL					- 1.990.400	- 1,9

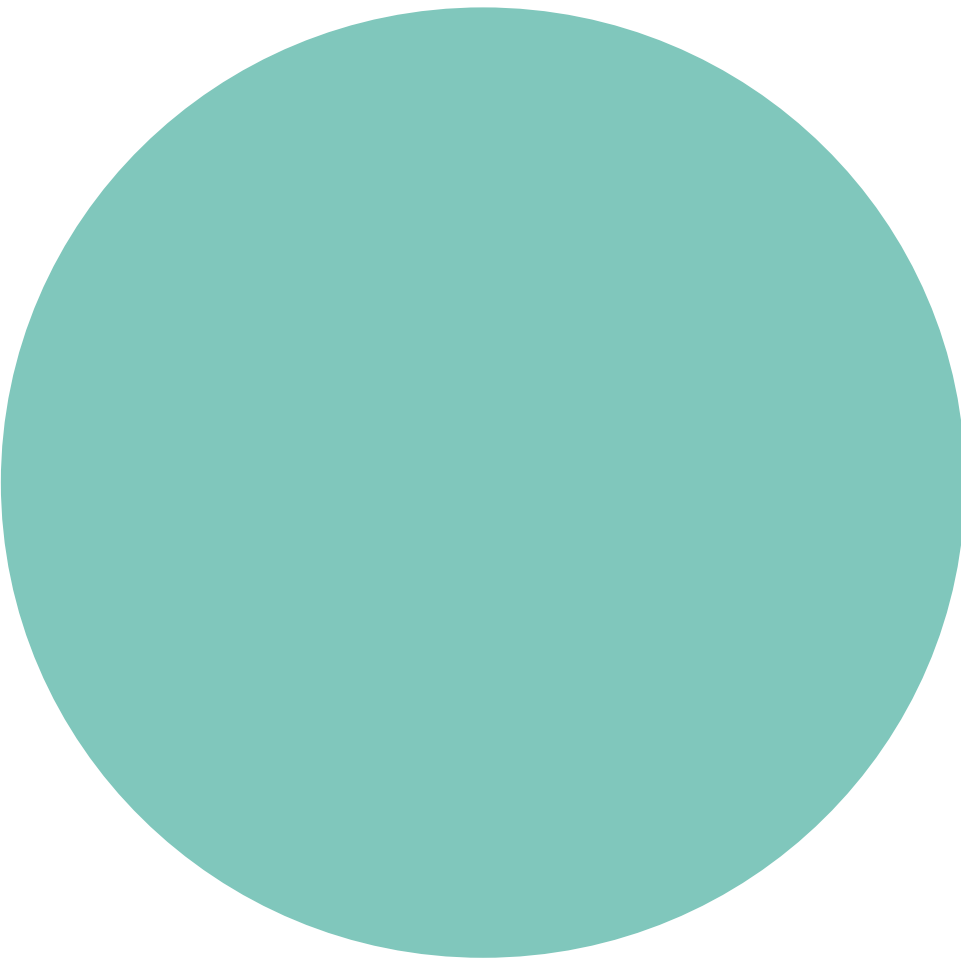


OPEX con el biodigestor	Unidad	Cantidad	Costo unitario	USD/día	USD/año	USD/m ³
Consumo de energía eléctrica promedio	kWh/día	15.670	0,16	- 2.507,20	- 915.128,00	67%
Consumo de cloruro férrico para el DAF primario	kg/día	1.136	0,20	- 227,20	- 59.072,00	4%
Consumo de polielectrolito para el DAF primario	kg/día	32	2,50	- 80,00	- 20.800,00	2%
Consumo de polielectrolito para la decanter	kg/día	80	2,50	- 200,00	- 52.000,00	4%
Costos para enviar el lodo a campo	ton/día	20	20,00	- 400,00	- 104.000,00	7%
Consumo de otros químicos para el biodigestor	kg/día	7	6,00	- 42,00	- 10.920,00	1%
Mano de obra	hora/día	16	28,00	- 448,00	- 116.480,00	9%
Manutención por año	Qt	1	350,00	- 350,00	- 91.000,00	6%
TOTAL COSTOS					- 1.369.400	- 1,32
Beneficios						
Producción de energía eléctrica	kWh/día	24.000,00	0,16	+ 3.840,00	+ 998.400,00	90%
Ahorro en gas natural al neto del biodigestor	Nm ³ /día	2.040,00	0,30	+ 612,00	+ 159.120,00	10%
TOTAL BENEFICIOS					+ 1.594.320,00	+ 1,53
COSTO OPERACIONAL					+ 224.920,00	+ 0,21



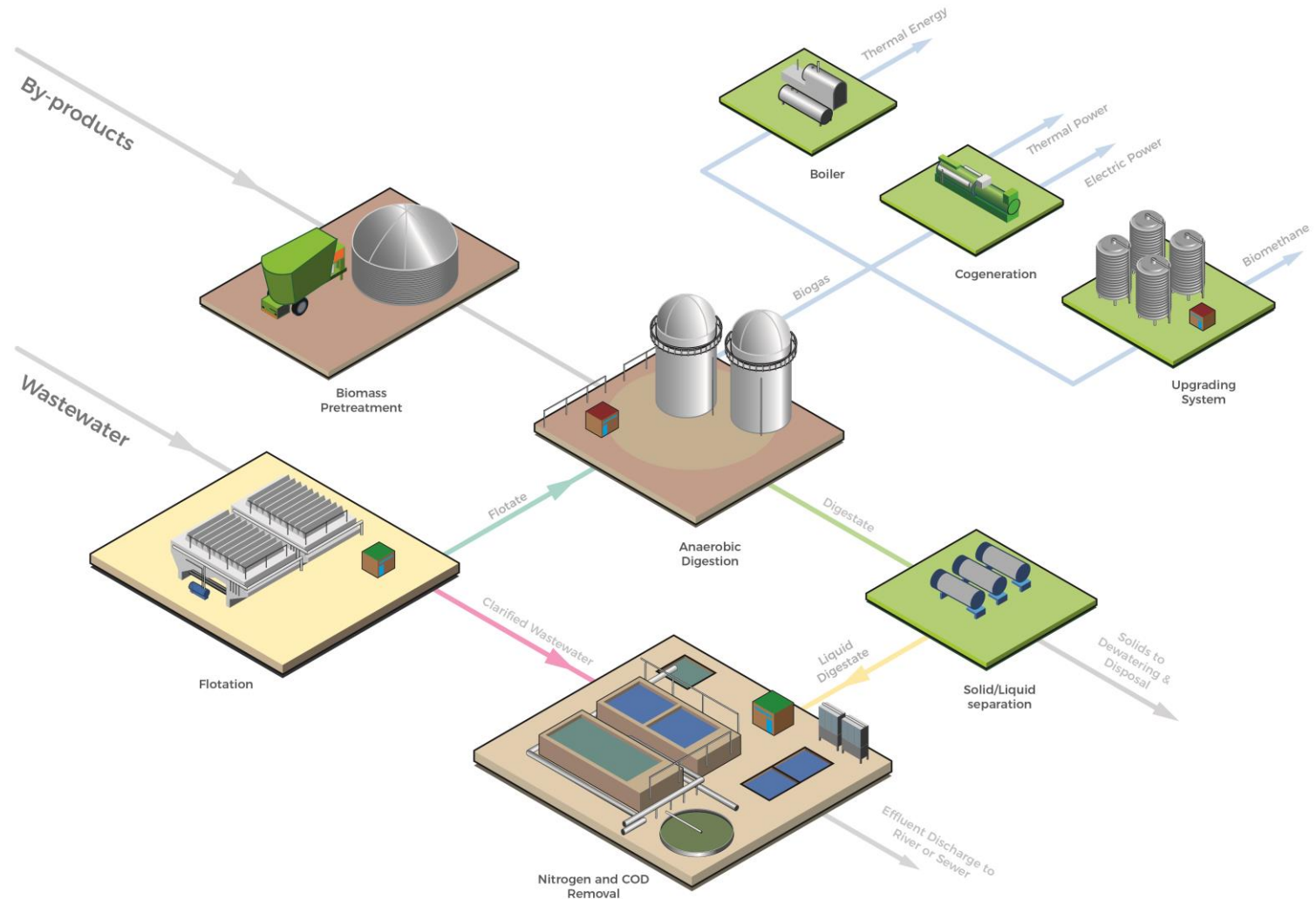
- ✓ OPEX positivos, 1 m³ de agua tratada genera un ahorro de 0,20 USD\$
- ✓ Ahorro con la menor producción de lodo 750.000,00 USD/año
- ✓ Se tratan todos los residuos generados en la planta – Economía circular
- ✓ El lodo se transforma en biofertilizante
- ✓ Reúso de 2.000 m³/día de agua

Conclusiones



Beneficios de la digestión anaeróbica en la industria

- Posibilidad de **agregar valor** a un subproducto o a un residuo
- Posibilidad de ofrecer un **proceso completo** de tratamiento de agua
- Economía circular de la industria **convirtiendo en energía** todas las ineficiencias de la producción
- La planta es siempre hecha **a medida del cliente**
- Bajar los costos de operación
- **Hasta el 90%** da energía producida es **energía neta** que puede ser usada en la fábrica
- Capacidad de modificar la planta sin interrumpir la producción
- Posibilidad de usar el biogás en diferentes maneras

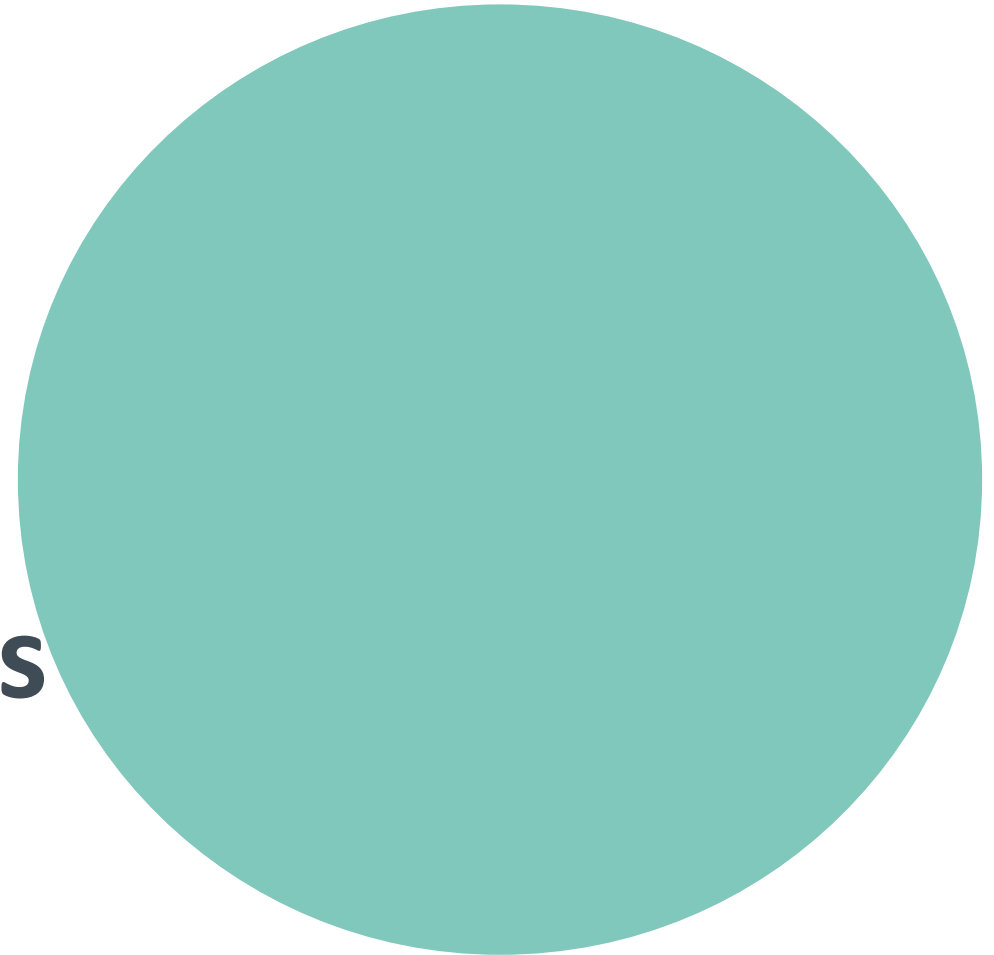


Los mensajes del Webinar

- ✓ La digestión anaeróbica es una fuente de energía renovable con un **enorme potencial**
- ✓ La digestión anaeróbica garantiza una producción de energía **continua y descentralizada**
- ✓ Las pérdidas de carga orgánica se aprovechan para producir energía y tratar el efluente
- ✓ La digestión anaeróbica produce menos lodos y estos son un **biofertilizante** utilizable en agricultura
- ✓ Un reactor de biogás tiene una **larga vida útil**
- ✓ **No existen soluciones estándar** sino procedimientos para encontrar la mejor solución
- ✓ **Cambio de paradigma**, la planta de tratamiento no es mas un costo, sino una ganancia



Preguntas y respuestas



Gracias por su atención!

Michele Ceccaroni

Technical Sales engineer

E-mail mceccaroni@fluencecorp.com

Teléfono +39 049 870 4817 ext. 226

WhatsApp +39 340 5817274

Skype michelececcaroni

LinkedIn [linkedin.com/in/michele-ceccaroni-55a754a5](https://www.linkedin.com/in/michele-ceccaroni-55a754a5)

The logo graphic consists of a vertical stack of four teal-colored shapes: a small circle at the top, a larger circle below it, a teardrop shape in the middle, and a larger circle at the bottom. The word "fluence" is written in a large, white, lowercase, sans-serif font, with the "u" partially overlapping the bottom circle of the graphic. A small "TM" trademark symbol is located to the right of the word.

fluence™