

# El factor clave del tratamiento de fangos - La energía

Iñaki del Campo  
Director de Proyectos  
Degrémont Iberia



# La depuración : El contexto europeo y tendencias

## ➤ VOLUMEN DE FANGOS

- **Aumento** de la cantidad de fangos producidos anualmente, debido a
  - **Aumento** de la población.
  - **Incremento del número** de estaciones de depuración de aguas residuales en los países desarrollados y en vías de desarrollo.
  - **Normas de vertido** más exigentes.

## ➤ ENERGIA

- Consumir el mínimo de energías de origen fósil y el máximo de energías renovables
- Optimización energética de las instalaciones

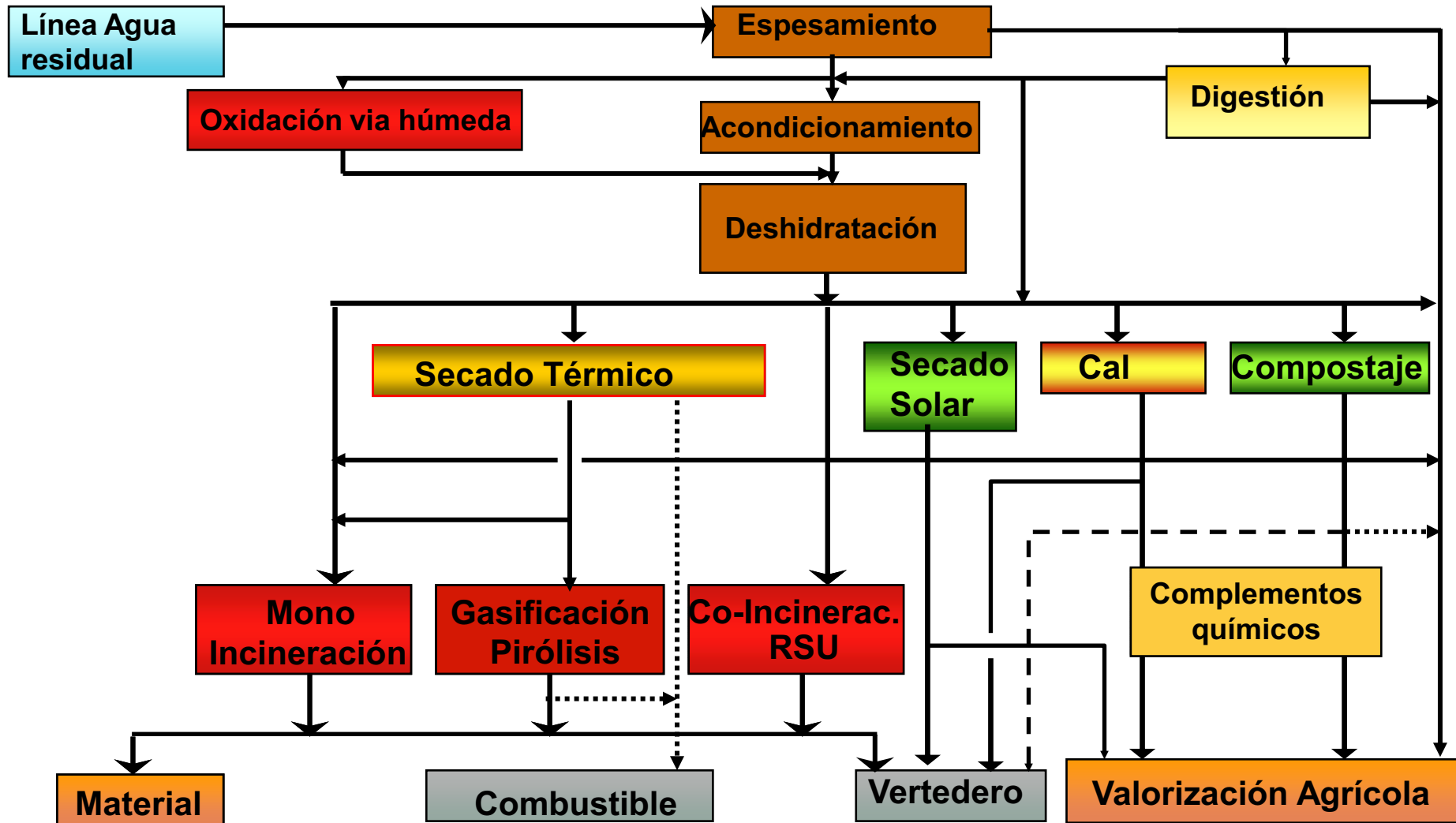


- **La EDAR de energía positiva. La EDAR de desarrollo sostenible**

Degrémont



# Tratamientos de fangos (términos, convencionales, biológicos)





# La digestión anaerobia

# Digestión anaerobia de fangos - mesofílica

## Parámetros de funcionamiento y resultados

- Temperatura 35 - 37 C
- Tiempo de retención 18 - 22 j
- Carga 1,8 kg MV / m<sup>3</sup> / d
- pH 7 - 7,5
- AGV / TAC < 0,15



**Eliminación MV 40 - 55 %  
(según el fango)**

**Producción biogás 0,9 - 1,1 Nm<sup>3</sup>/kg MV elim.**

# El biogás

• **Producción**                      **0,9 - 1,1 Nm<sup>3</sup> / kg MV destruido**

• **Composición volumétrica aproximada**

**CH<sub>4</sub>**                      **65 %**

**CO<sub>2</sub>**                      **35 %**

**H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>**        **trazas**

• **Poder calorífico inferior**        **5.500 kcal / Nm<sup>3</sup>**  
   **23.000 kJ / Nm<sup>3</sup>**  
   **6,38 kWh / Nm<sup>3</sup>**

• **Usos para el biogás**

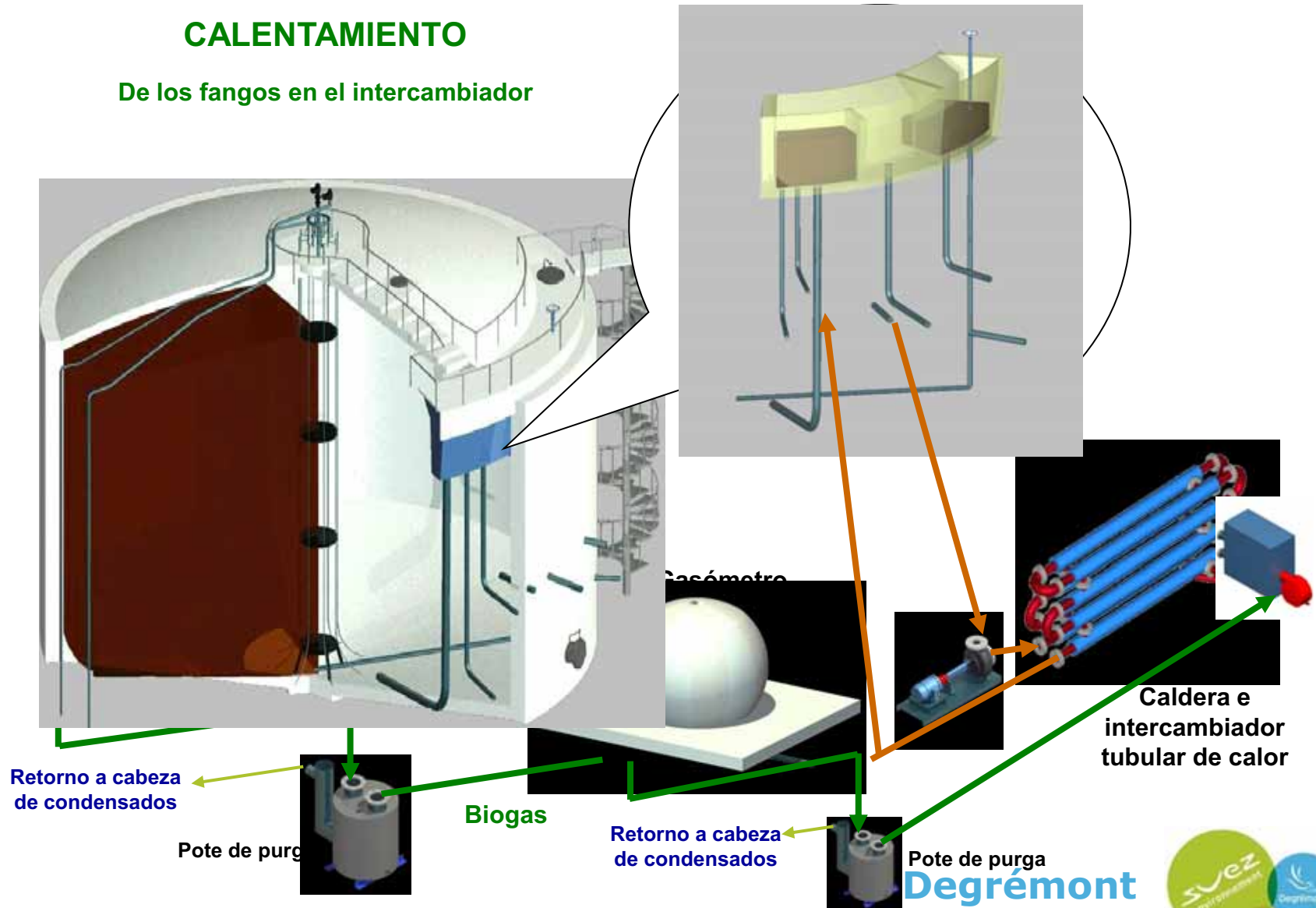
- **Agitación,**
- **Calefacción (digestor, locales),**
- **Generación eléctrica ( Cogeneración)**
- **Ayuda al secado térmico posterior**
- **Ayuda a la incineración**



# Sistema de calentamiento térmico de un digestor anaerobio

## CALENTAMIENTO

De los fangos en el intercambiador



# El biogás en el RD 661/2007 (Modalidad tarifa regulada)

- **Categoría b)** Instalaciones que utilizan como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles.
- **Grupo b.7. Subgrupo b.7.2.** Instalaciones que empleen como combustible principal el biogás generado en digestores..... lodos de depuradora.
  - Potencia eléctrica instalada = <500 kW      **139,5 €/MWh** ( 15 años)
  - Potencia eléctrica instalada > 500 kW      **103,35 €/MWh** ( 15 años)

*O bien*

- **Categoría a) Grupo a.1.** Cogeneraciones con alto rendimiento energético
- **Subgrupo a.1.3.** Cogeneraciones que utilicen como combustible principal biogás.....  
( Deben cumplir REE => 50%)
  - Potencia eléctrica instalada =< 500 kW      **142,5 €/MWh** ( 15 años)
  - Potencia eléctrica instalada > 500 kW      **106,33 €/MWh** ( 15 años)

+

**Complemento por energía reactiva**

+

**Complemento por eficiencia - Desvíos**

**Degrémont**



# Digestión anaerobia de los fangos: Ventajas

- **Reducción de la cantidad de fangos**  
40 - 55 % de la MV, es decir, 25 - 40 % de la MS
- **Estabilización de larga duración**
- **Capacidad tampón**
- **Producción biogás valorizable**
- **Reducción de patógenos**
- **Balance positivo en la huella de carbono (CO<sub>2</sub>) del proceso.**

Degrémont





# Digelis turbo : La hidrólisis térmica + digestión anaerobia

# La digestión avanzada : Digelis Turbo

- **Digelis Turbo es un proceso de digestión avanzada de lodos de Degrémont que se compone de una etapa previa de hidrólisis térmica y de una digestión anaerobia mesofílica.**
- **La etapa de hidrólisis térmica es un procedimiento patentado por la sociedad noruega CAMBI**
- **El campo de aplicación de Digelis Turbo es doble :**
  - **Las estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR)**
  - **Las instalaciones centralizadas de tratamiento de lodos**

Degrémont



# ¿Qué es la hidrólisis térmica?

DISOLVER MATERIA ORGÁNICA UTILIZANDO PRESIÓN Y TEMPERATURA

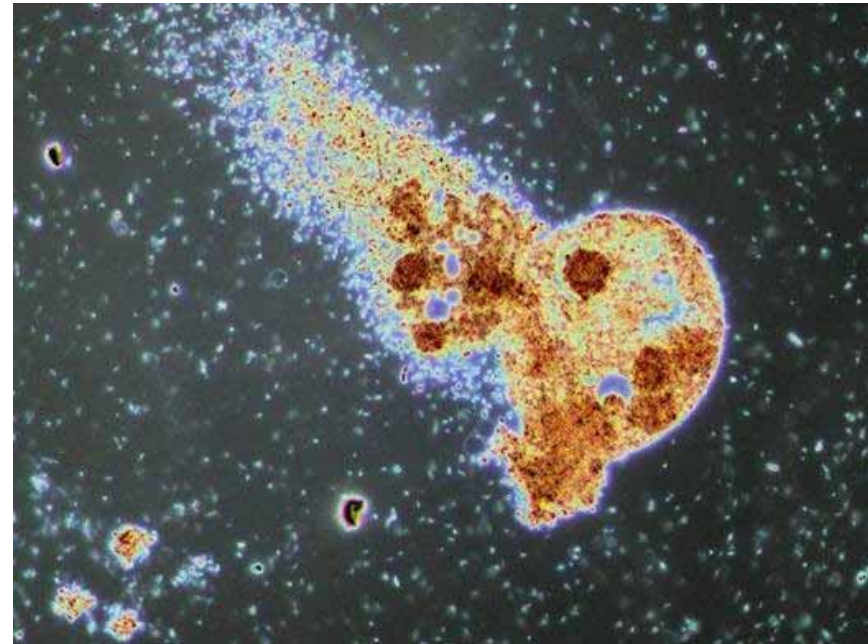


Degrémont



# ¿Para qué la hidrólisis térmica?

- REDUCIR LODOS FINALES
- MEJORAR DESHIDRATACIÓN
- MAYOR BIODEGRABILIDAD
- ASEGURAR PASTEURIZACIÓN
- MÁS PRODUCCIÓN DE ENERGÍA



*Rotura de una colonia de células debido al stress  
200 x aumentos*

# La acción de la hidrólisis térmica sobre los lodos biológicos

La retención en el reactor de los lodos : 20-30 min a 165 °C – 6 bar permite :

- **Solubilizar** la materia orgánica

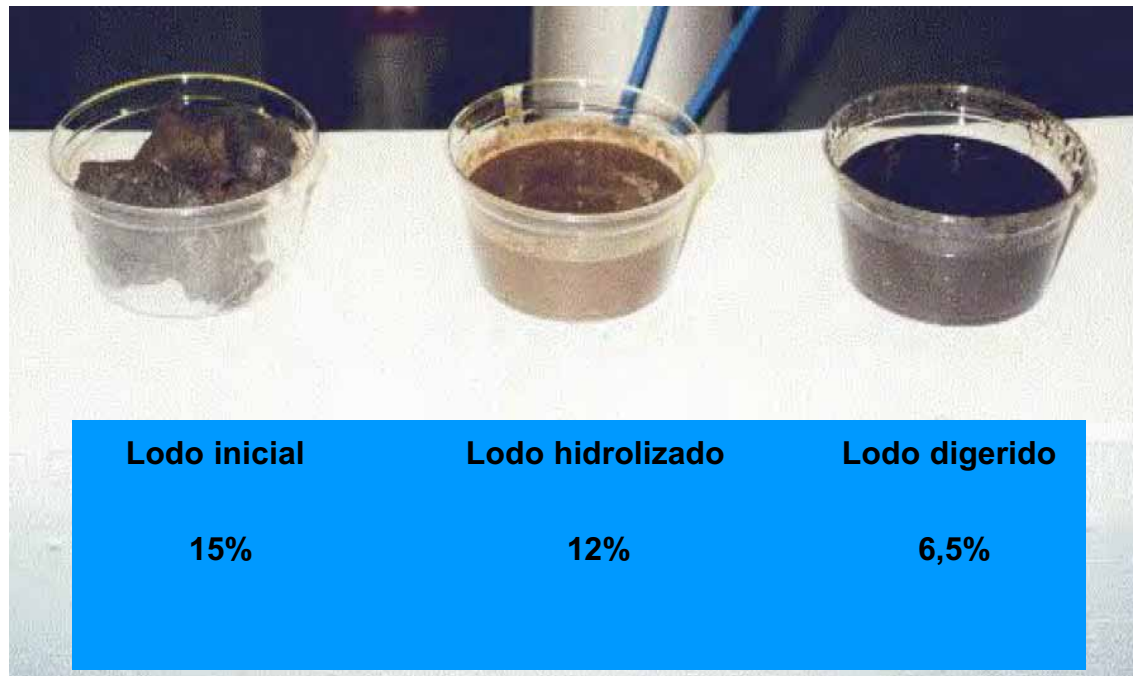
Más velocidad, estabilidad y rendimiento de la digestión

- **Desintegra** las estructuras celulares de las bacterias. Desnaturaliza las proteínas

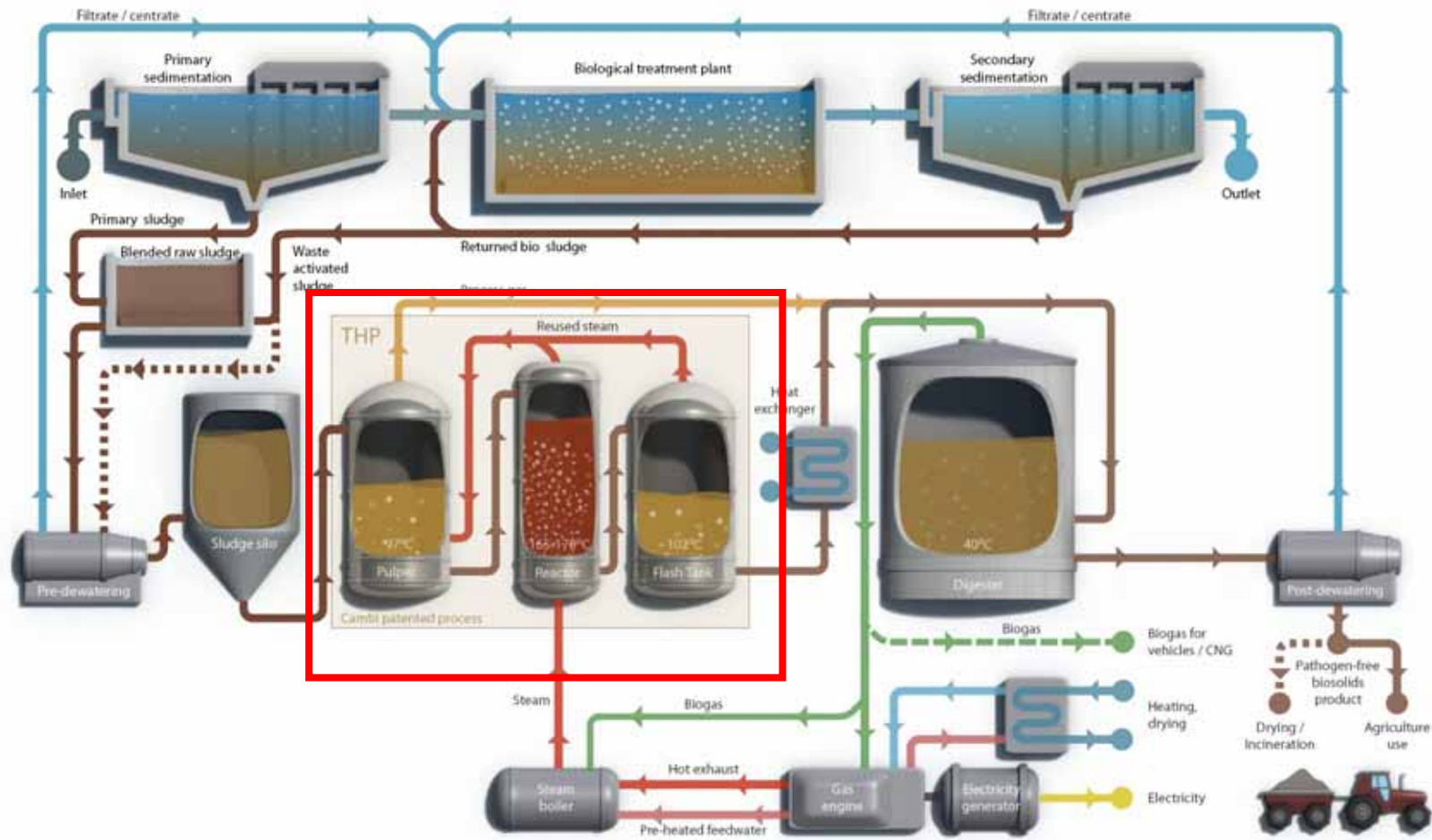
Mejora las propiedades del lodo para ser digerido y deshidratado

- **Reduce la viscosidad** del lodo

Alimentación digestores 10-12% MS, volumen digestión 2 -3 veces menor



# ¿Dónde se integra la hidrólisis térmica?

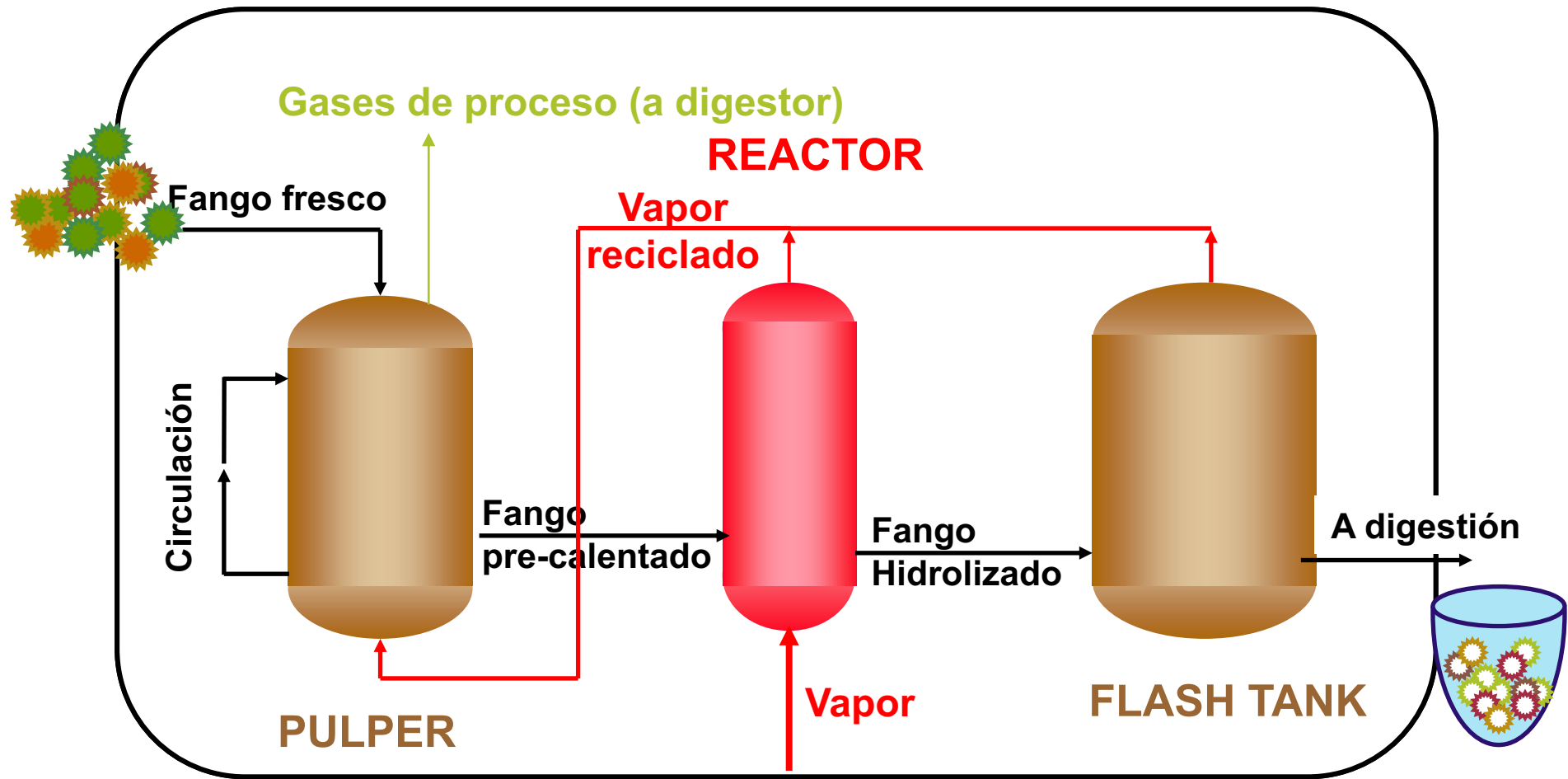


Es un tratamiento de los lodos previo a la digestión.

Degrémont



# ¿Cómo funciona la hidrólisis térmica? Sistema discontinuo - "Batch"



# Claves del proceso de hidrólisis 165 C / 20-30 min.

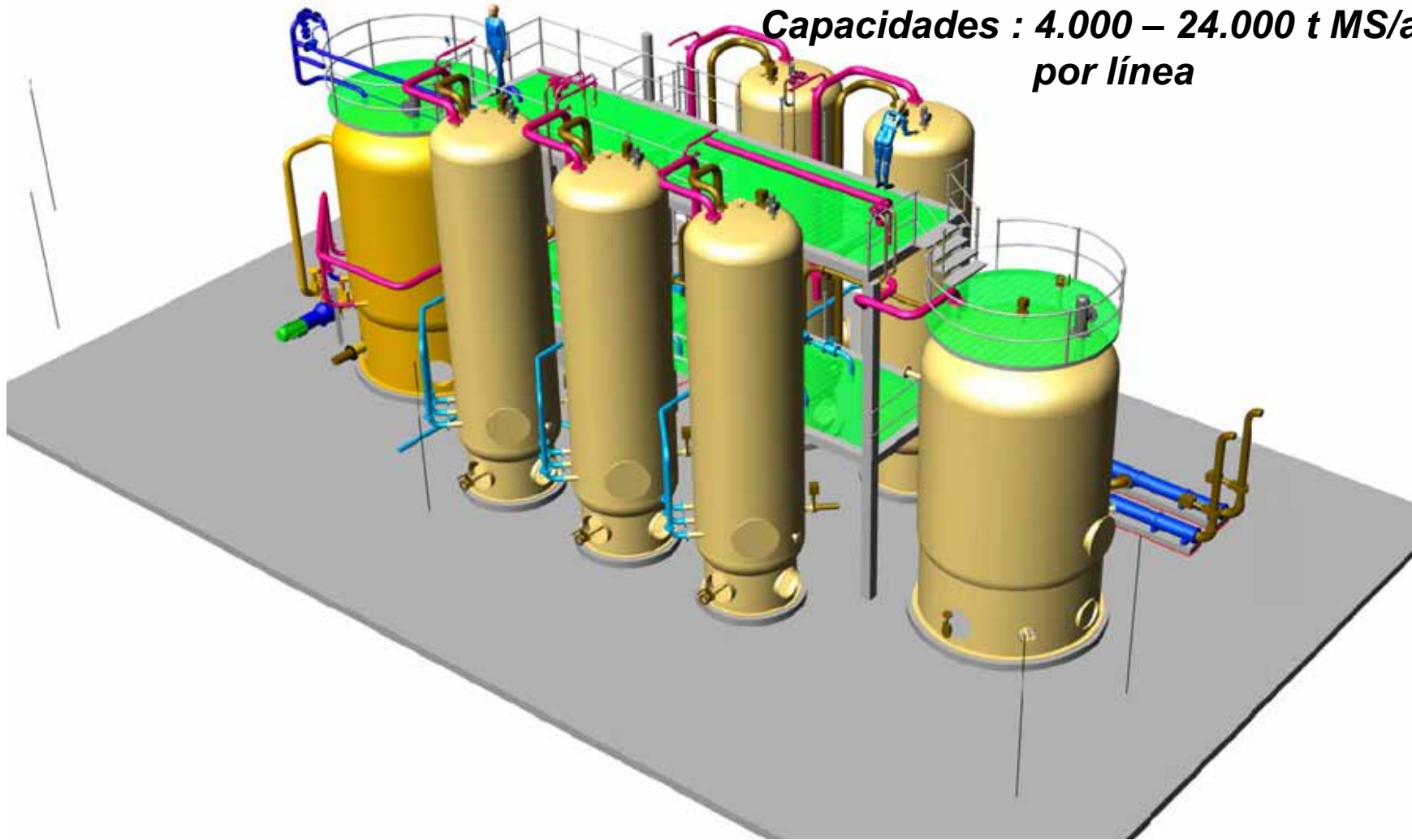
- **ALIMENTACION A ALTAS CONCENTRACIONES %MS**  
OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO
- **INYECCION DIRECTA DE VAPOR VIVO Y VAPOR FLASH**  
MANTENIMIENTO REDUCIDO (SIN INTERCAMBIADORES)
- **RECICLADO DE VAPOR AL PULPER**  
SALTO TÉRMICO FINAL COMO SI FUERA A 102 C  
FACILITA LA PUESTA EN MARCHA DEL PROCESO Y  
DA ESTABILIDAD EN LA OPERACIÓN
- **GESTIÓN DE GASES DE PROCESO / SIN FUGAS DE OLORES**  
SISTEMA CERRADO → A DIGESTIÓN → BIODEGRADACION  
SIN PÉRDIDAS DE ENERGÍA / SIN FUGAS DE OLORES

# ¿Cuándo utilizar la hidrólisis térmica?

- **COSTES ELEVADOS / DIFICULTAD EN LA GESTIÓN DE BIOSÓLIDOS**  
35-50% REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE BIOSÓLIDOS
- **DIFICULTAD DE DESHIDRATACIÓN DEL FANGO BIOLÓGICO /MEJORA LA DESHIDRATACIÓN / SECADO FINAL**  
AUMENTO DE 8-10 PUNTOS % MS
- **DIGESTORES SOBRECARGADOS / AUMENTAR LA CAPACIDAD DE DIGESTIÓN**  
3-6 Kg VS/ m3/día : 8 – 12 % MS ALIMENTACIÓN A DIGESTOR
- **ESPACIO LIMITADO / COSTE ELEVADO DE CONSTRUCCIÓN**  
1/3 – 1/2 DE VOLUMEN DE DIGESTIÓN CONVENCIONAL
- **ALTA COMPENSACIÓN – ENERGIA RENOVABLE Y VALORIZABLE**  
35 – 45 % MÁS BIOGÁS
- **REQUERIMIENTO HIGIENIZACIÓN – BIOSÓLIDOS CLASE A**  
GARANTIZADO LIBRE DE PATÓGENOS

# Hidrólisis CAMBI : 3D Reactor de 12 m<sup>3</sup> 1 a 6 reactores por línea

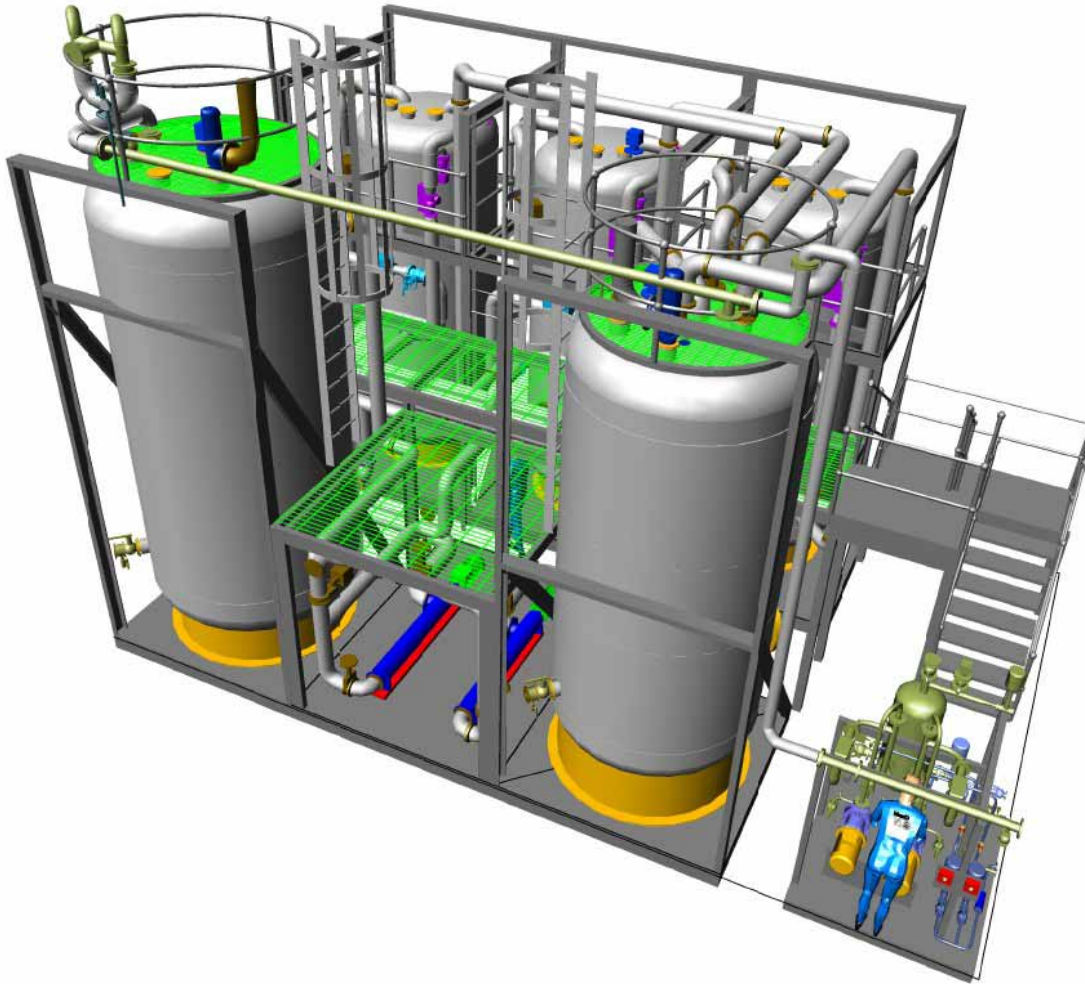
*Capacidades : 4.000 – 24.000 t MS/año  
por línea*



Degrémont



# CAMBI THP Compact : 3D Reactor de 5,5 m<sup>3</sup> 1 a 3 reactores



## **CAMBI THP COMPACT**

- *Basado en las experiencias de las instalaciones de Naestved (Dinamarca) y de Japón.*
- *Hasta 9.000 t MS/año / 300.000 h.e.,*
- *1-3 reactores, desde 1.000 – 3.000 t MS/año para el diseño más pequeño.*
- *Diseño modular y compacto 6,5 m x 10 m*
- *Para capacidades mayores se utiliza el Cambi clásico con reactores de 12 m<sup>3</sup>.*

**Degrémont**



# Lodos higienizados - Su aplicación agrícola -



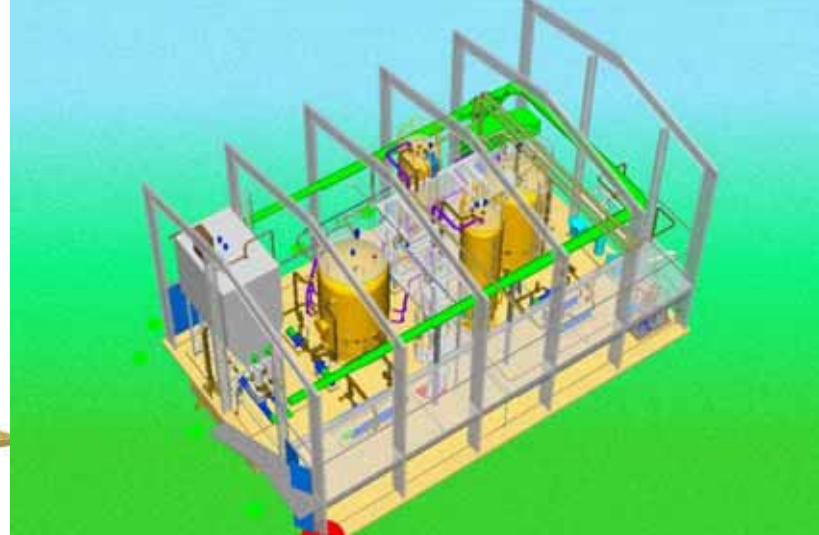
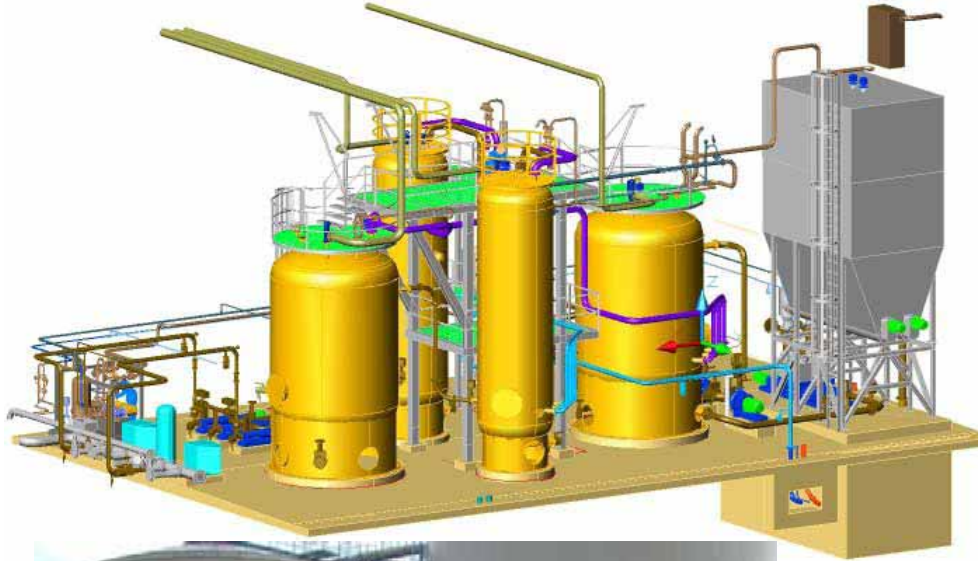
Aberdeen



Degrémont



# EDAR Kapusciska (Polonia) Del diseño a la realización



Degrémont



# EDAR Ringsend, Dublín, Irlanda – 37000 t MS/año - 2002



Degrémont



# El caso de la EDAR Ringsend, Dublín, Irlanda – 37000 t MS/año - 2002

*La EDAR de Ringsend da servicio a 1,6 Millones de h x eq. ( 22,3 m3/seg )*

*La planta fue construida en el 2002 dentro del proyecto de ampliación de la capacidad de la EDAR.*

*La instalación existente disponía de 3 digestores de 4250 m3 cada uno y de dos líneas de secado térmico.*

Tabla : Comparación de la digestión convencional y la digestión con Cambi

	Digestión Convencional	Cambi + Digestión
Capacidad ( t MS/año)	37.000	37.000
Alimentación a digestión ( % MS)	5	12
Volumen requerido de digestión ( m3)	30.500	12.750
Destrucción de MV en %	42	62
Sequedad obtenida con la deshidratación final (%MS)	25	34
Volumen de lodos ( t MF/año)	98.272	54.847
Potencia biogas( kW)	7.933	11.711
Producción de biogas ( MWh/año)	69 495	102 588
Potencia eléctrica teórica en kW ( 88% del biogas con Cambi)	3.173	4.122
Agua a evaporar por secado térmico ( hasta 95%MS) en t H2O/año	72.411	35.218
Potencia de secado térmico requerida ( t H2O/h)- base 7500 h/año	9,65	4,70

# EDAR Ringsend (Irlanda)

## Los reactores de la hidrólisis térmica

**Hidrólisis**  
**2 x 4 reactores**

**Cogeneración**  
**4 x 1063 kWe**

**Sistema de vapor :**

- Calderas de recuperación 2 x 1 t/h
- Caldera convencional a biogás



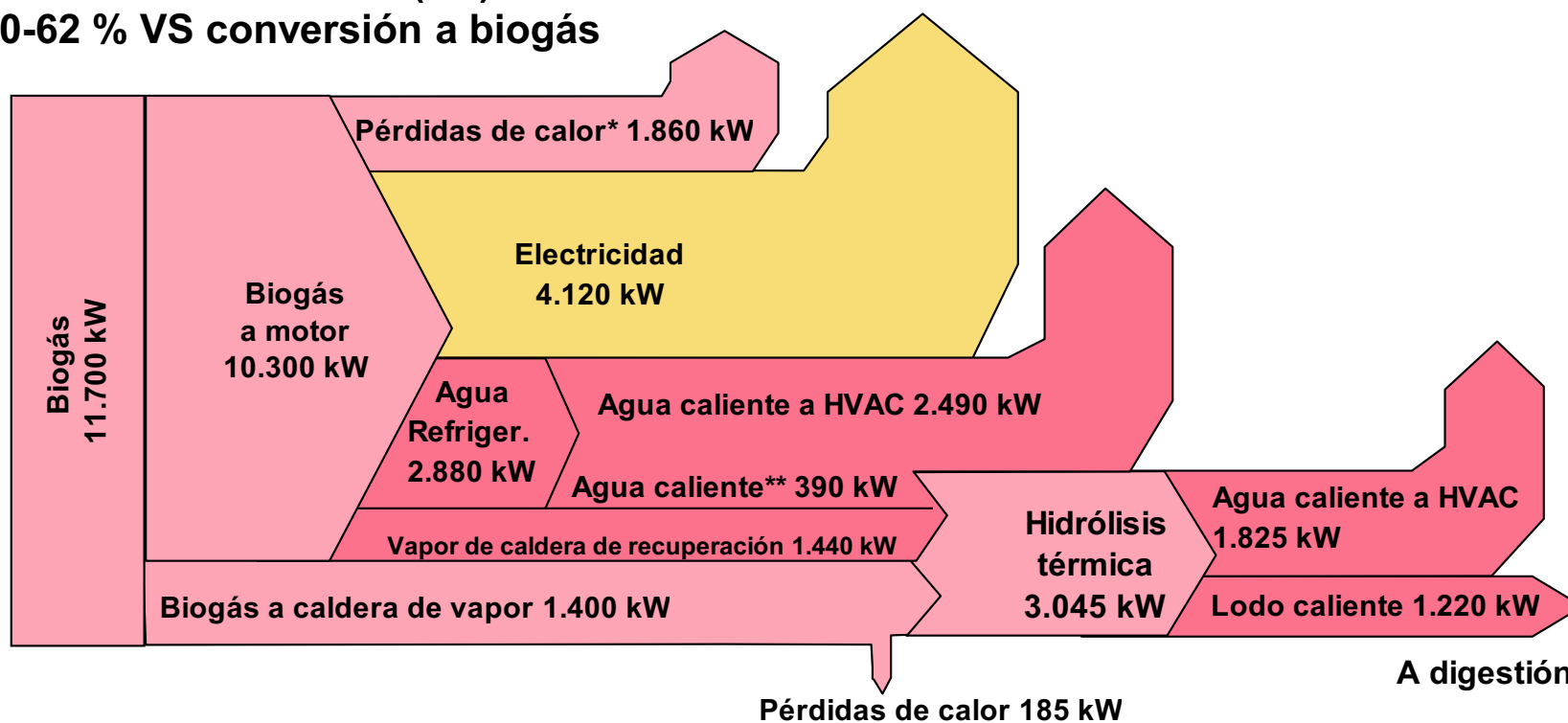
**¡¡Diciembre 2008 : Nuevo pedido de hidrólisis CAMBI para la ampliación de su capacidad : 37.000 + 20.000 t MS/año !!**

**Degrémont**



# Cogeneración en la EDAR Ringsend 37.000 t MS/año ( Irlanda)

- 37.000 toneladas MS/año
- 80 % sólidos volátiles (VS)
- 60-62 % VS conversión a biogás



\* Pérdidas de calor por radiación (580 kW) + por chimenea (1278 kW)

\*\* Agua caliente para precalentar el agua de alimentación a caldera

Degrémont



# Parámetros comparativos Cambi vs. Digestión convencional

Parámetros	Digestor "Cambi" Primario + Secundario	Digestor convencional Primario + Secundario	Digestor "Cambi" Sólo Secundario	Digestor convencional Sólo Secundario
Tiempo de retención	12-15 días	20 días	15 días	20-25 días
Volumen	1/3 – 1/2 Convencional	1	1/2 Convencional	1
Carga MS	9 – 12 %	4 – 6 %	7 – 10 %	2 - 5 %
Carga VS	5 - 7 kg/m3/día	2-3 kg/m3/día	3 - 5 kg/m3/día	1-2 kg/m3/día
pH	7.5-8	6.8-7.5	7.5-8	6.8-7.5
Temperatura	38-42°C	35-37°C	38-42°C	35-37°C
VFA / Alcalinidad total	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5
Amonio	2500-3000 mg/l	600-1000 mg/l	2500-3000 mg/l	600-1000 mg/l
Calidad biogás	65-68% CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S ↓↓	60-65% CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S ↑↑	65-68% CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S ↓↓	60-65% CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S ↑↑
<i>Foaming</i>	No	<i>Nocardia</i> , <i>Microthrix</i>	No	<i>Nocardia</i> , <i>Microthrix</i>
Tipo biosólido	Clase A	No clase A	No clase A	No clase A
Sequedad %MS Biosólido deshidr.	32-40*	20-25%	28-32%	15-20%
Destrucción %VS	>60%	40-45%	>50%	30-40%

\* Normalmente 32-35% con filtro banda o centrífuga. Hasta 40% con filtro prensa

# La hidrólisis térmica CAMBI : Conclusiones

La Digestión avanzada con Hidrólisis Térmica (THP) de CAMBI permite:

- **Reducción del volumen final de biosólidos producidos por:**
  - Mayor destrucción de sólidos volátiles
  - Mayor sequedad del producto final
- **Mejorar el rendimiento energético de una EDAR: Mayor producción de Biogás aprovechable para generación de electricidad verde bonificada.**
- **Obtención de biosólidos exentos de Patógenos, Clase A**
- **Reducción del volumen de la Digestión y de todos los equipos posteriores de tratamiento (deshidratación, secado térmico/solar, incineración, compostaje, almacenamiento,.....)**
- **Mejorar la estabilidad del proceso de Digestión con una planta Compacta y Automatizada**
- **Es el tratamiento de lodos más sostenible medioambientalmente. Mayor cantidad de Toneladas de CO2 de origen fósil evitadas.**
- **Proceso Maduro, Robusto y Fiable : 14 años de experiencia y 18 plantas en servicio**

Degrémont





# Dehydris Osmo : La electro - deshidratación

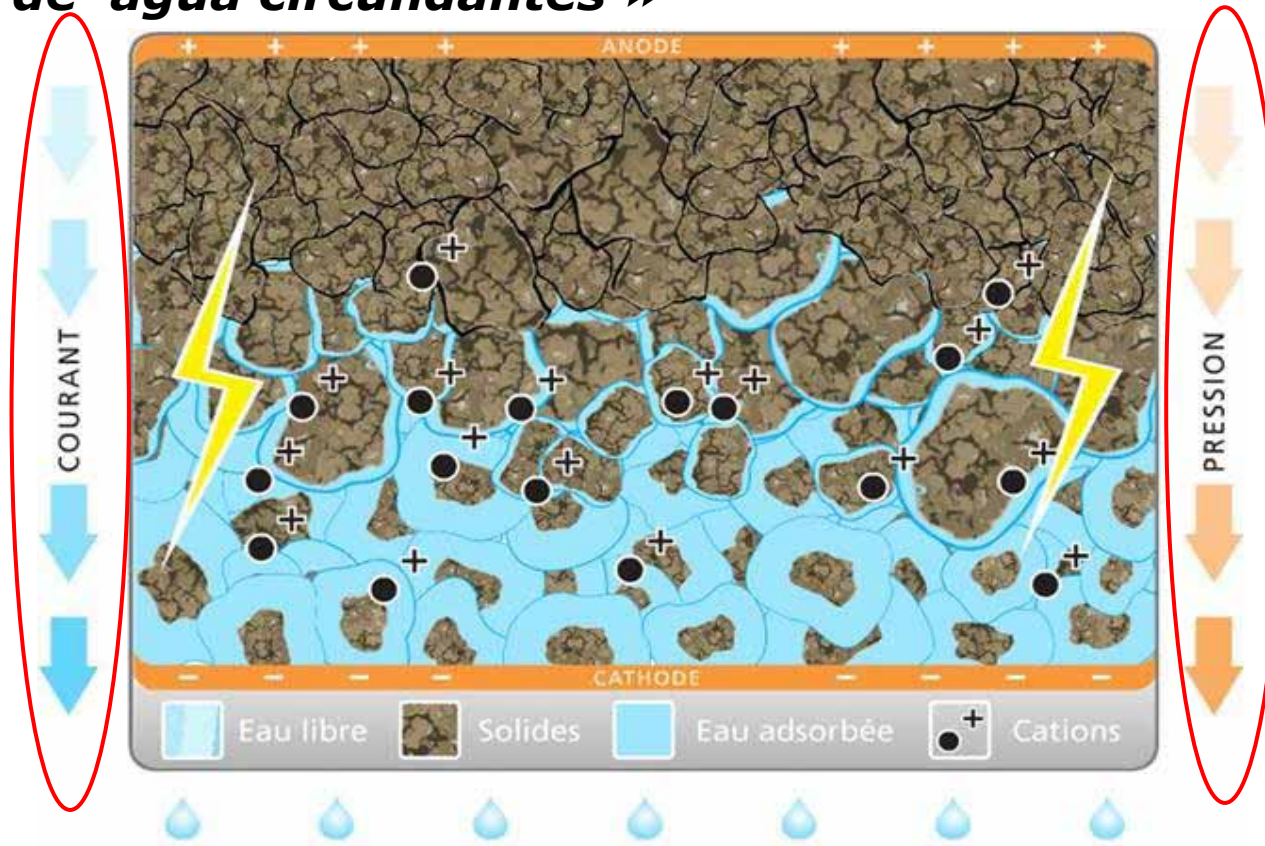
# La Tecnología

- **Proceso de electro-deshidratación de *Cinetik* → acción combinada de electro-ósmosis y presión:**
  - **Una corriente continua aplicada a electrodos sumergidos en un medio poroso**
  - **Causa la transferencia de los cationes desde el polo positivo (ánodo) al polo negativo, transportando con ellos las moléculas de agua.**
- **La electro-deshidratación “extrae” las moléculas de agua en lugar de “prensar” el fango o evaporar el agua en él contenida.**
- **El resultado**
  - **5-10 veces mayor eficiencia energética del proceso**
  - **Sequedad del 50% o superior.**
  - **Reducción del costo del tratamiento y de la evacuación**
  - **Eliminación de patógenos**
  - **Reducción significativa de los olores**



# Principio de la electro-deshidratación

« Cuando una corriente continua es aplicada entre dos electrodos, los cationes son fuertemente atraídos desde el ánodo hacia el cátodo, arrastrando por efecto de la viscosidad las moléculas de agua circundantes »



Degrémont



# El equipo de electrodeshidratación

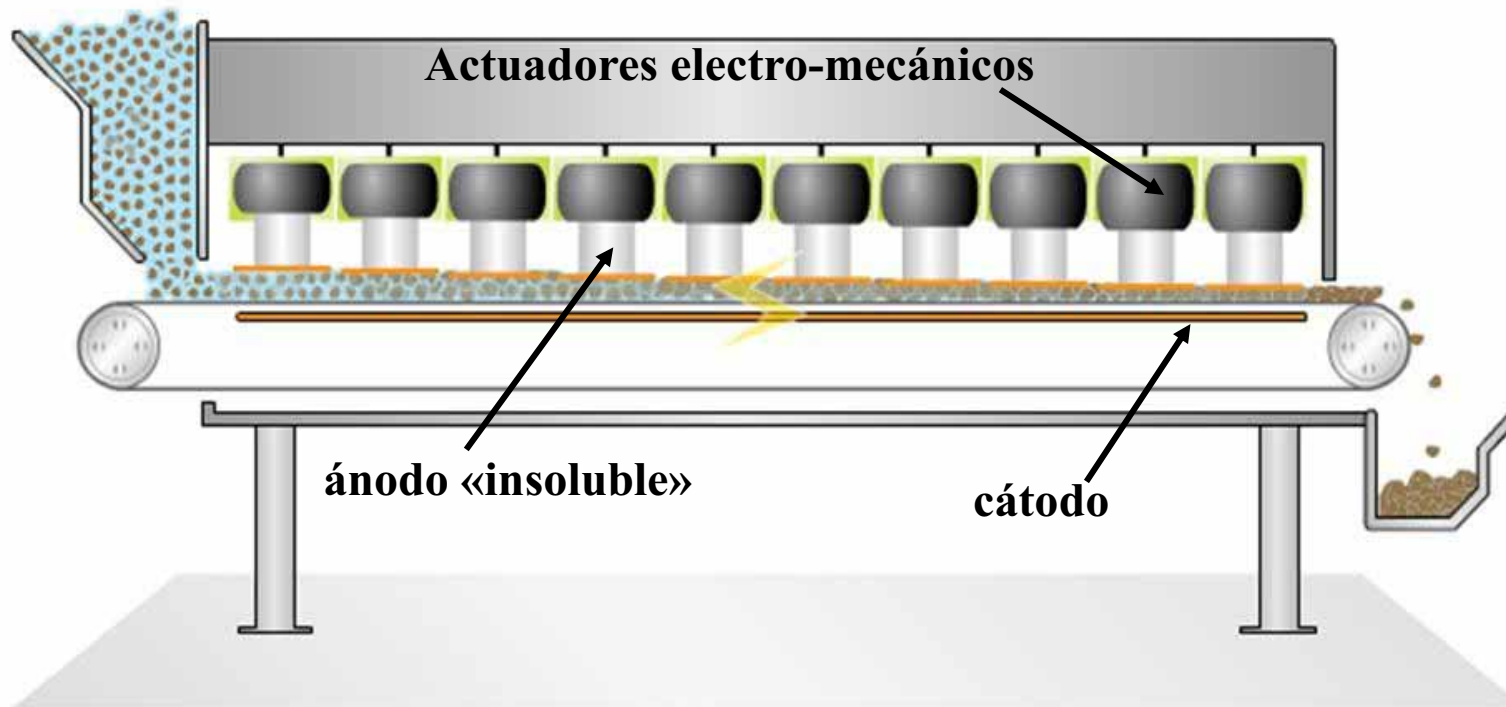
Fangos >10%  
(15 C)



Capacidad diseño:  
1000 kg MF/h (Cinetik 800)



Fangos al 30 - 50%  
(80 - 90 C)



200-400 kWh / Tm H<sub>2</sub>O extraída

Degrémont



# Ventajas de la electrodeshidratación

- **REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE FANGOS**
  - REDUCCIÓN DEL COSTE DE ELIMINACIÓN, COSTE DE TRANSPORTE Y VERTIDO
- **ALTA SEQUEDAD**
  - FACILITA EL ALMACENAMIENTO Y EL TRANSPORTE. PERMITE LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE TRATAMIENTOS POSTERIORES COMO SECADO TÉRMICO, INCINERACIÓN O COMPOSTAJE.
- **REDUCCIÓN DE PATÓGENOS**
  - MEJORA LA CALIDAD DEL BIOSÓLIDO. FACILITA EL USO AGRÍCOLA. PUEDE PRODUCIR BIOSÓLIDOS CLASE A.
- **FACIL IMPLANTACIÓN**
  - UNIDADES DE PEQUEÑO TAMAÑO MODULARES. REDUCCIÓN COSTES INFRAESTRUCTURAS DE IMPLANTACIÓN.
- **EFICIENTE ENERGÉTICAMENTE**
  - MAYOR EFICACIA ENERGÉTICA QUE EL SECADO TÉRMICO. REDUCCIÓN COSTES OPERACIÓN.
- **AUTÓNOMO , FIABLE Y FACIL DE USAR**
  - FUNCIONAMIENTO CONTINUO, REDUCCIÓN CONSUMO POLÍMEROS. MANTENIMIENTO MÍNIMO.

Degrémont



# Vista general de un equipo de electro-deshidratación



Degrémont





# El secado térmico

# SECAR ¿POR QUÉ?

REDUCCIÓN DE  
LA MASA Y  
VOLUMEN  
DE LOS LODOS

MEJORA DE  
LA CALIDAD

INCREMENTO DE LAS POSIBILIDADES DE ELIMINACIÓN  
RESPUESTA DIRECTA A LA EVOLUCIÓN  
DE LA REGLAMENTACIÓN

Degrémont

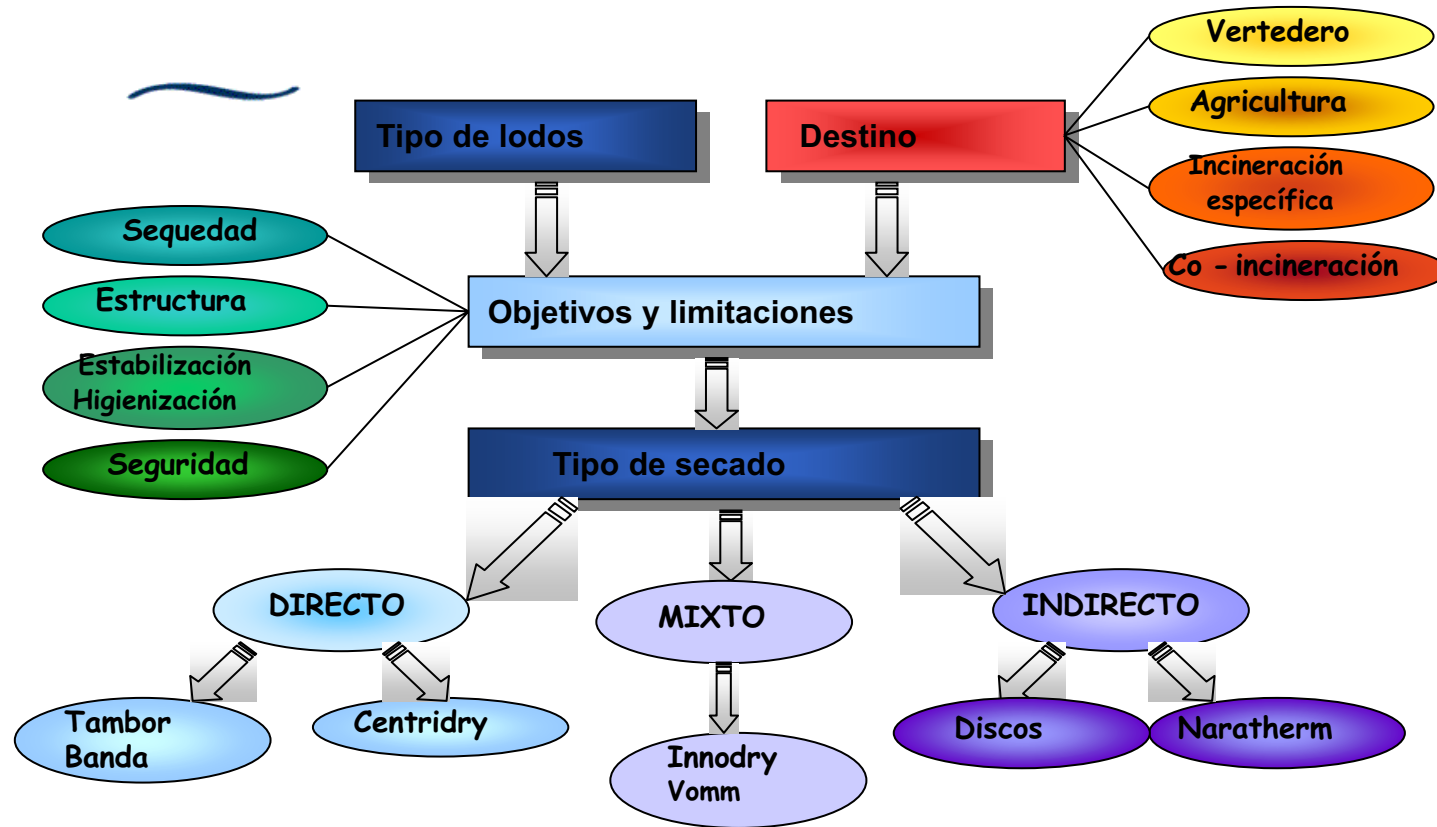


# Tipos de secadores térmicos

## Una clasificación posible

- **(Por el modo de transferir la energía)**
- **Secadores de contacto directo** : Los gases calientes están en contacto directo con los fangos a secar, se trata principalmente de un secado por convección. Ejemplo : Tambores rotativos (Andritz), secadores de cintas ( Andritz, STC,..), 2ª etapa Innoplana, secadores de lecho fluido
- **Secadores de contacto indirecto** : El secado se hace principalmente por conducción. Ejemplo : secadores a discos, a palas, rotativos : Naratherm, Stord, Sil, 1º etapa del Innoplana
- **Secadores mixtos** . Utilizan a las vez las propiedades del secador directo e indirecto; la pared esta calentada y el aire caliente permite la evaporación del agua del fango. Ejemplo : Vomm
- En todos los casos el vapor de agua generado por el secado se condensa por enfriamiento. Los condensados son enviados a cabecera de la EDAR, y los incondensables a la atmósfera después de una necesaria desodorización

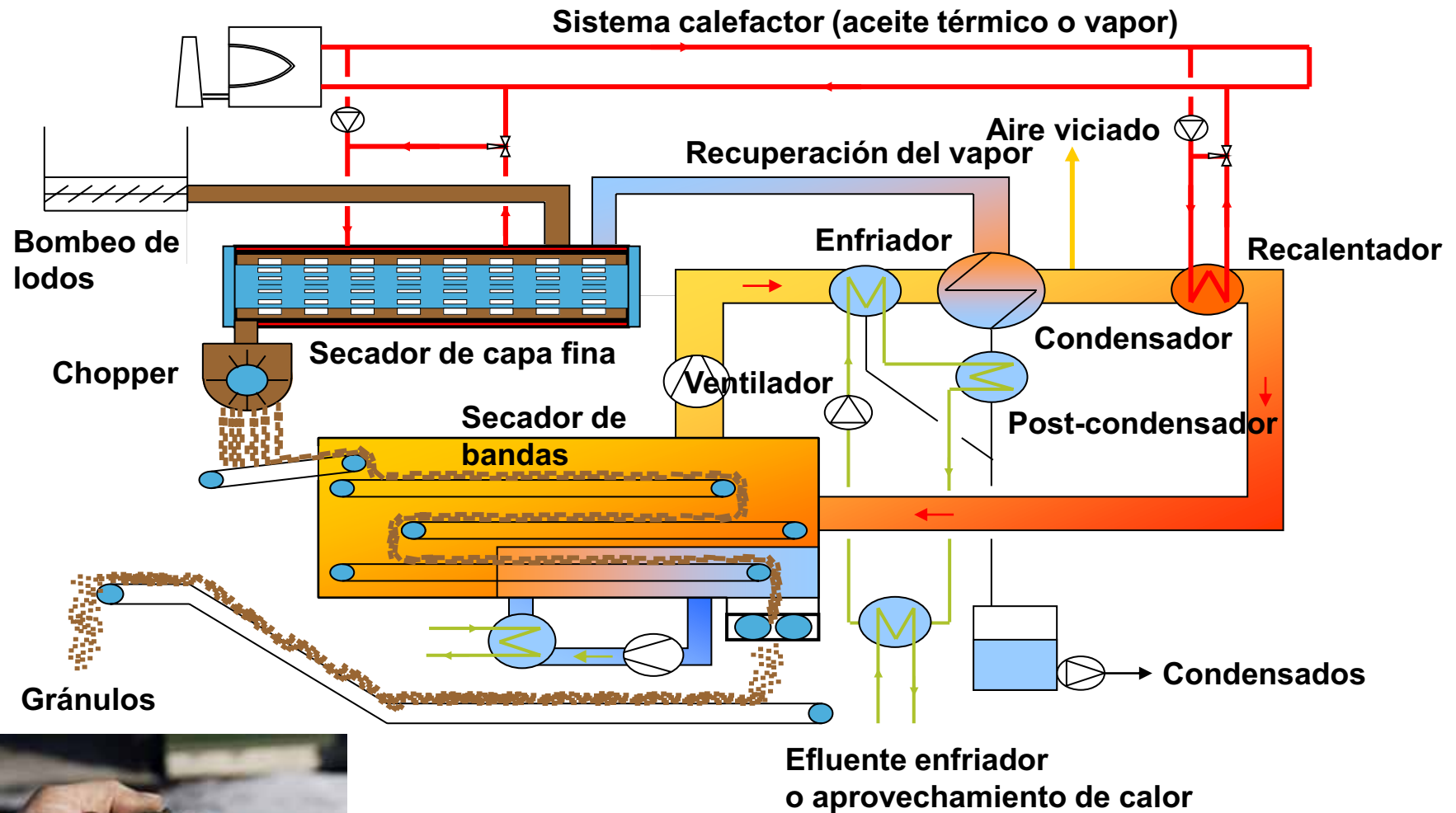
# Secado térmico: Criterios de selección



# Consumos específicos del secado térmico

- La energía aportada al secador a través del combustible representa la parte más importante de los costes totales de operación de una instalación de secado.
- Resto de costes : Personal y gastos de mantenimiento
- Los consumos específicos de una instalación de secado térmico pueden oscilar entre 650 y 1.100 kWht / Tonelada de agua evaporada.
- A los consumos energéticos por combustible ( gas, fuel, biogás,...) hay que añadir los consumos eléctricos de los equipos de la instalación ( ventiladores, motoredutores, bombas, accionamiento de tambores, ...)

# Secador mixto Innoplana 650-750 kWh/t H<sub>2</sub>O



Degrémont



# Secado térmico

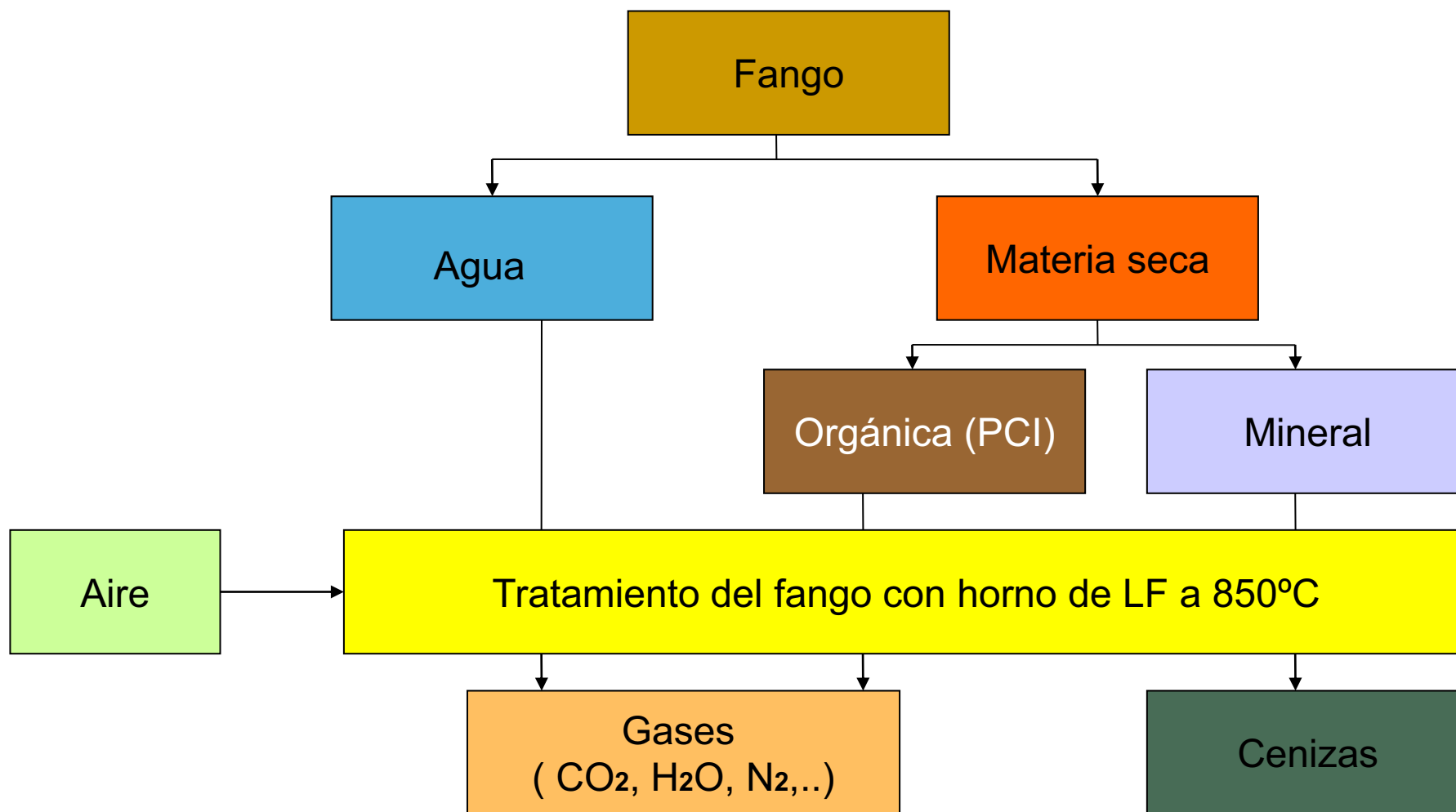
## Conclusiones

- **No existe , en general, un secador mejor que otro únicamente secadores más o menos adaptados o explotados.**
- **La elección del secador debe realizarse en función del :**
  - **Destino de los fangos secos**
  - **Energías disponibles**
  - **Capacidad y modo de funcionamiento de la instalación**
  - **Características de los fangos**
  - **Restricciones de implantación**
- **Las prestaciones indicadas por los fabricantes no siempre coinciden con las reales medidas en campo.**
- **Los equipos periféricos tienen gran importancia ( coste y fiabilidad)**
- **Recordar que :**
  - **Coste energético importante**
  - **Riesgo de contaminantes ( polvo, humos, vapores y olores)**
  - **La seguridad de la instalación ( ATEX)**
  - **Generación de CO2 al medioambiente**



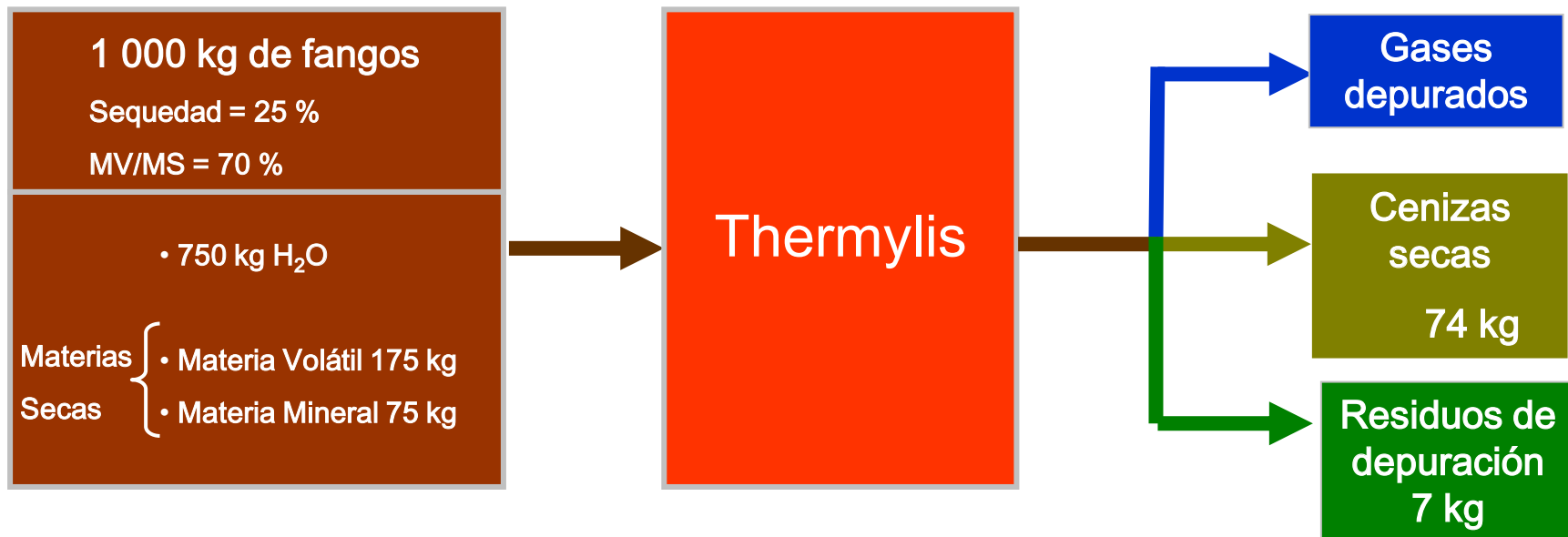
# Thermylis : La incineración de fangos en lecho fluido con recuperación de energía

# Los fangos deshidratados



# Principio de la incineración en lecho fluido

Utilización de la energía interna de los fangos para eliminar completamente la materia orgánica y el agua



Degrémont



# Requerimientos típicos de calor en un horno de L.F.

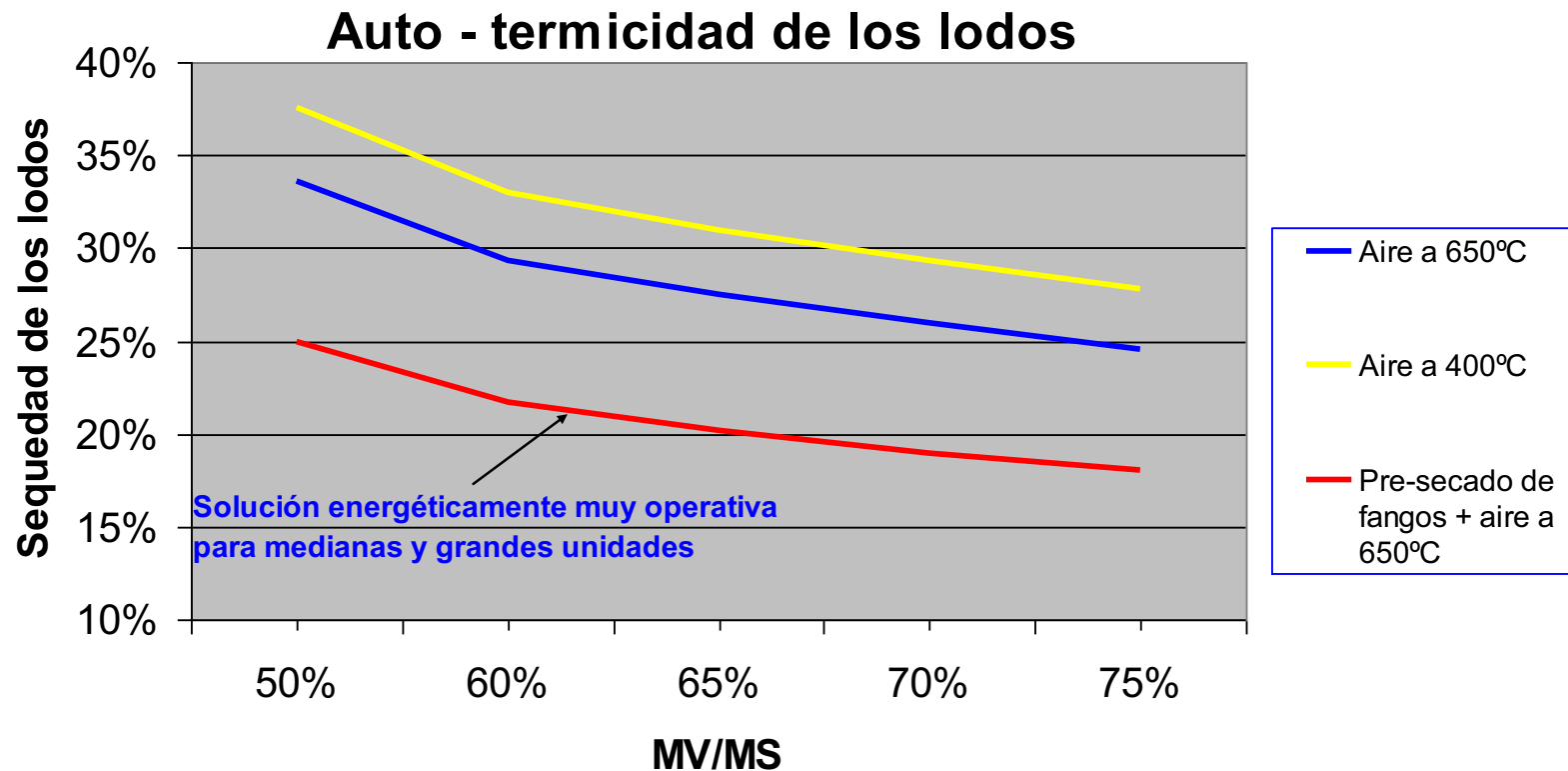


Degrémont



# La auto-termicidad de los fangos deshidratados

Si energía producida por la combustión del fango = Energía necesaria dentro del horno



Degrémont



# El sistema de lecho fluido : El horno Thermylis



Degrémont

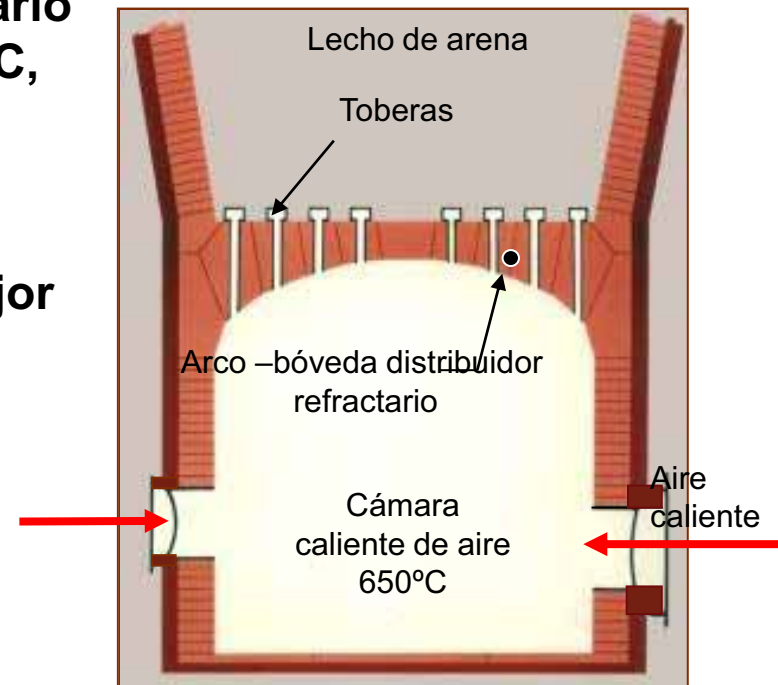


# Cámara caliente de aire a 650°C en refractario

La cámara caliente realizada en material refractario permite la utilización de aire caliente hasta 650°C,

La bóveda –distribuidor refractaria ofrece el mejor diseño posible para resistir las cargas térmicas.

Quemador de precalentamiento

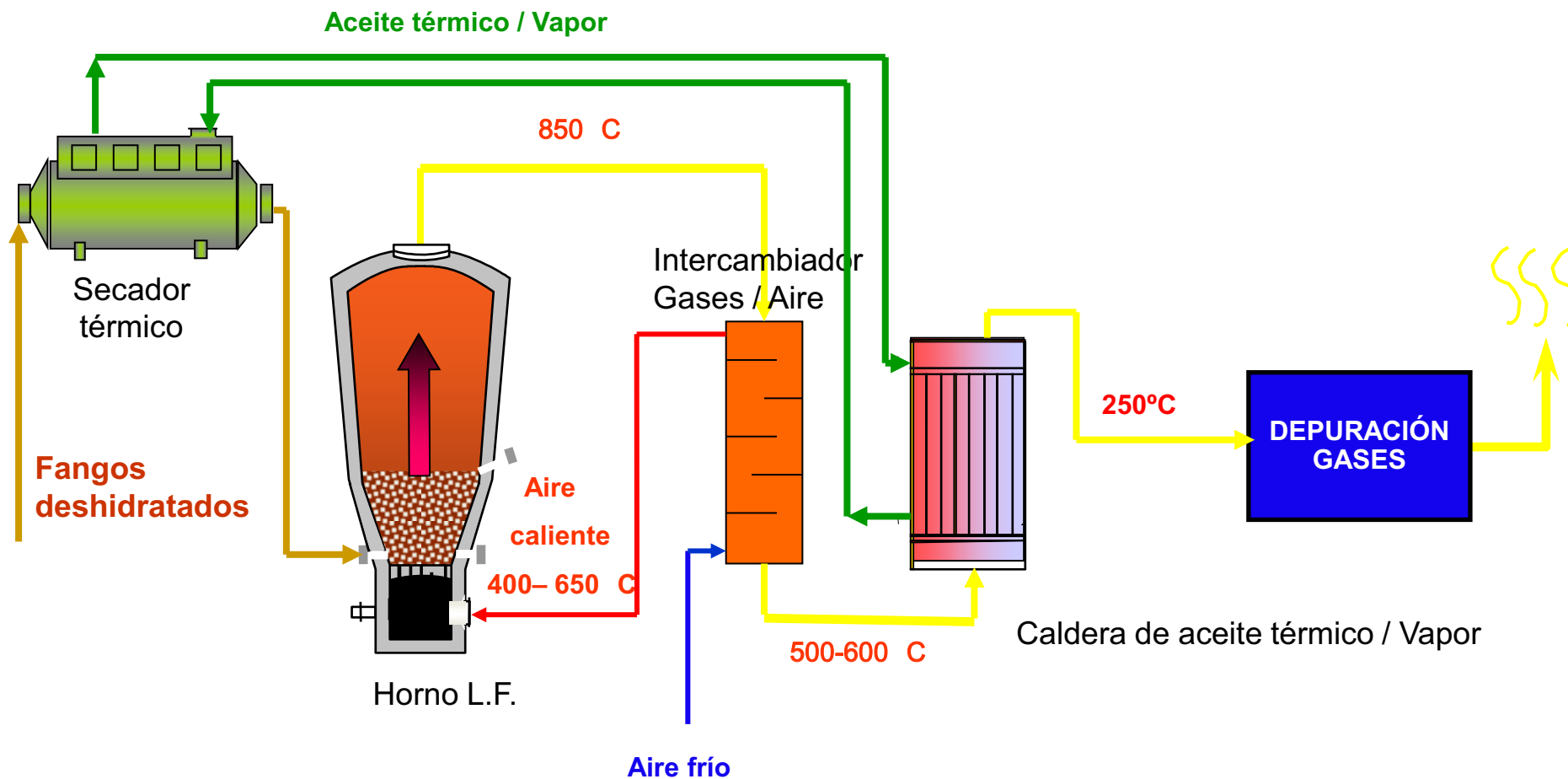


El 85% de las cámaras de aire instaladas o en construcción en Norteamérica son de diseño tipo bóveda refractaria

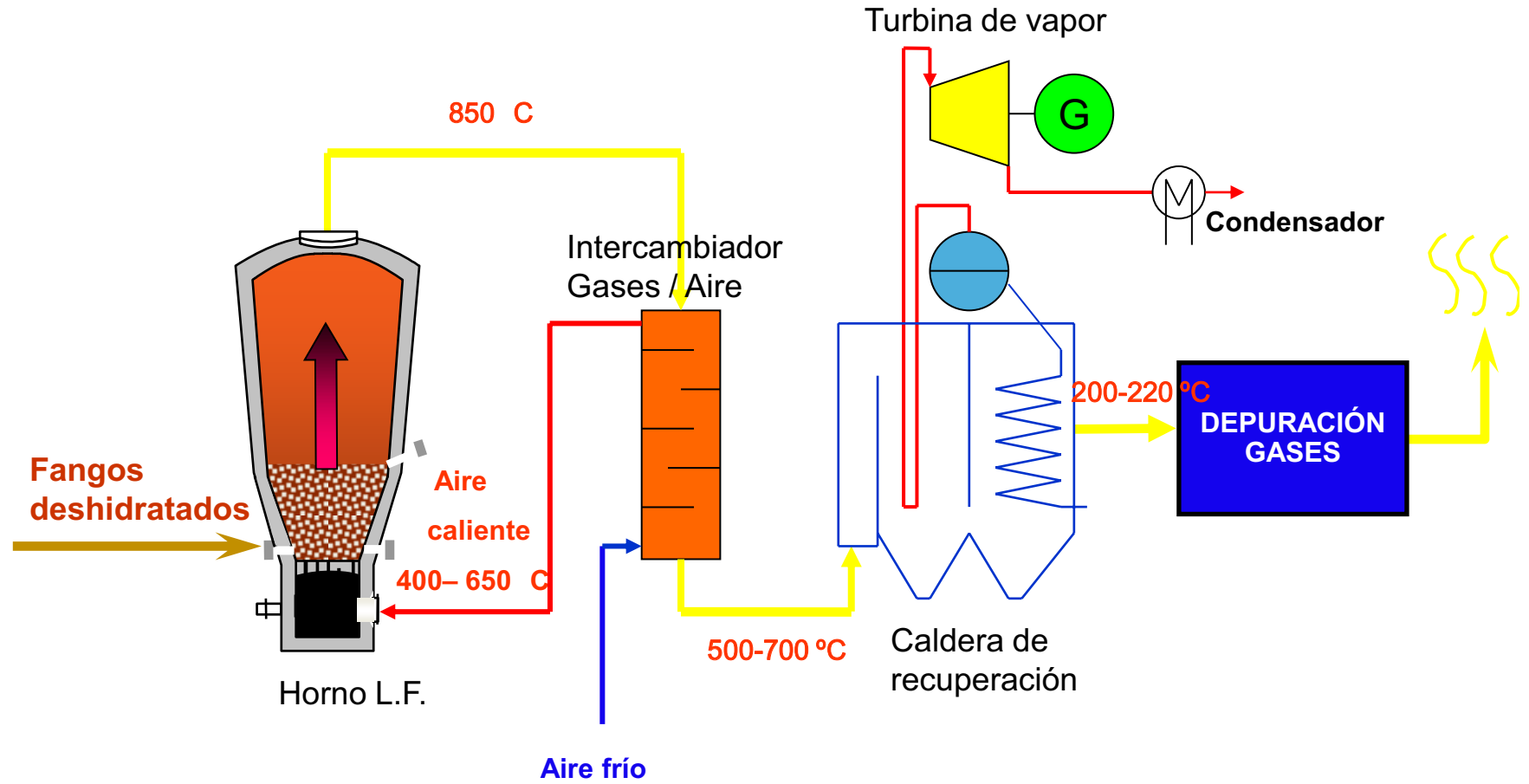
Degrémont



# Recuperación de energía : Secado previo de los fangos



# Recuperación de energía : Generación energía eléctrica/vapor útil



# Thermylis : Una solución para tratar los fangos

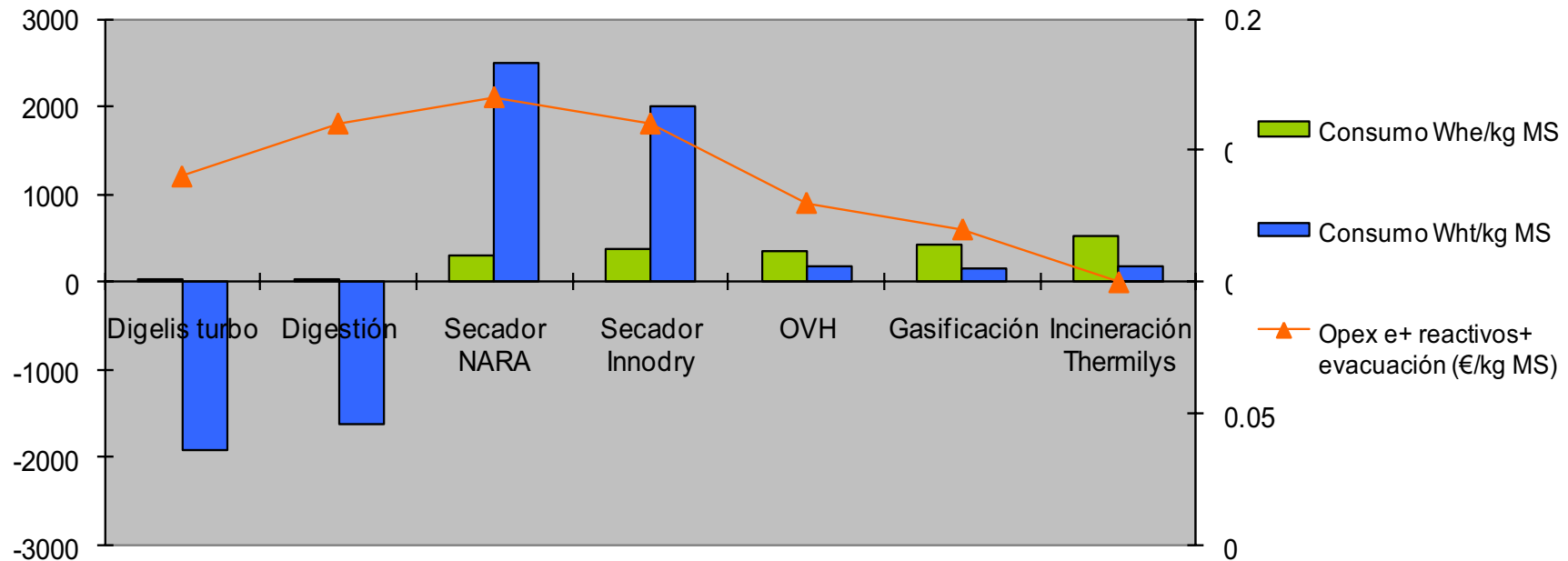
- **Sus especiales características constructivas – fruto de la experiencia acumulada en los últimos 25 años – hacen del Thermylis una opción segura, fiable y simple para la incineración del fango deshidratado.**
- **La recuperación de calor con el precalentamiento del aire de combustión permite evitar la utilización de combustibles fósiles de soporte, y la generación de CO2 de origen fósil. Es una tecnología “VERDE”.**
- **Valorización energética : Recuperación de calor con producción de vapor y electricidad – Exportación eléctrica/venta de vapor a redes de calor y frío**
- **Emisiones a la atmósfera según las más estrictas Reglamentaciones. Tecnologías de depuración muy probadas. Sin olores.**
- **Debido a su comportamiento, el horno de lecho fluido es la técnica de oxidación térmica más eficiente para la reducción de los fangos.**
- **El grupo Degrémont dispone de muchas instalaciones en funcionamiento y en construcción en la actualidad en todo el mundo.**

Degrémont



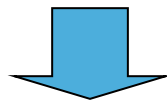
# Resumen y conclusiones finales

Fangos mixtos: Consumo energético eléctrico y térmico - Costo variable de la explotación.



# Resumen y conclusiones finales

- Cada tratamiento de fangos presenta sus ventajas e inconvenientes
- Elección a tomar en función de un conjunto de factores técnicos, económicos y políticos.
- La valorización de los fangos representa optimizar los costes de la EDAR.
- Percibir los fangos no como un residuo sino como un combustible - renovable
- **Convertir los fangos de un problema**



**en una oportunidad energética a aprovechar**

Degrémont



**¡ Muchas gracias  
por su atención !**

