

# NUEVAS EXPERIENCIAS EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS: TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS A LA EVAPORACIÓN AL VACÍO. CASOS PRÁCTICOS

10, 11 Y 12 DE NOVIEMBRE DE 2010



**SIDASA**  
MEDIO AMBIENTE  
DEPARTAMENTO TECNICO MADRID



SIDASA MEDIO AMBIENTE  
CIUDAD DE FRÍAS 19  
28021 MADRID  
TE.: 915 064 911  
FAX: 915 277 590  
E-mail: [eroqa@sidasa.com](mailto:eroqa@sidasa.com)

# EVAPORACIÓN AL VACÍO

La evaporación es la tecnología más eficaz para el tratamiento de lixiviados complicados, procedentes ya sea de vertederos de residuos industriales peligrosos o no, en general de altas conductividades, alta DQO, etc.

Cualquier otra tecnología como microfiltración, ósmosis inversa, depuración físico – química o biológica, etc., sólo pueden ser complementarias a la de evaporación, ya sea como un pretratamiento o como afino del destilado para alcanzar unas normas de vertido exigentes.

# TECNOLOGÍAS DE EVAPORACIÓN

## EVAPORACIÓN AL VACÍO MEDIANTE FLUIDOS DE CALEFACCIÓN Y ENFRIAMIENTO EXTERNOS

Muy útil para caudales altos en el tratamiento de lixiviados ya que se pueden utilizar materiales especiales en los cuerpos de evaporación y cambiadores de calor, así como el uso de múltiples efectos que le confiere un bajo consumo energético.

Tiene, además, la ventaja de poder utilizar diferentes recursos energéticos: biomasa, gases de vertedero, cogeneración, etc.

# TECNOLOGÍAS DE EVAPORACIÓN

## EVAPORACIÓN POR TERMOCOMPRESIÓN

Trabaja a un cierto vacío y el vapor destilado se comprime hasta presión atmosférica sobrecalentándose, siendo este vapor sobrecalentado, la fuente de energía para el proceso de evaporación.

Su ventaja fundamental es el bajo coste de explotación.

# TECNOLOGÍAS DE EVAPORACIÓN

## EVAPOXIDACIÓN

Trabaja a presión atmosférica y los vapores generados pasan a una caldera donde se quema gas. Los vapores alcanzan súbitamente una temperatura alrededor de 850 °C durante 1 – 2 segundos con lo que se consigue la oxidación total de los posibles contaminantes que acompañan al vapor de agua evaporado.

Los gases generados se utilizan como foco caliente en el proceso de evaporación con el consiguiente ahorro energético. Una vez fríos, se lavan y se emiten a la atmósfera.

Esta aplicación es muy conveniente para lixiviados de alta carga orgánica y límites de vertido estrictos.

# LIXIVIADOS

Un lixiviado se produce al atravesar el agua a través del producto almacenado en el vertedero. Al percolar a través de los desechos sólidos, arrastra consigo sólidos en suspensión, sales disueltas, materia orgánica y otros contaminantes.

Las características físico – químicas de un lixiviado industrial son complejas de determinar ya que depende de la pluviometría de la zona, época del año, tipo de desechos almacenados, etc.

# CONTAMINANTES PRESENTES EN LOS LIXIVIADOS

Salinidad. Se detecta una presencia de sólidos disueltos que elevan los valores de conductividad por encima de 50.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , debido a la presencia de cloruros en cantidades superiores a 20 g/l, sulfatos por encima de 4 - 6 g/l, nitratos por encima de 500 mg/l, etc. Se detecta, también, presencia muy elevada de calcio y magnesio, así como de metales pesados.

Materia orgánica. Se miden valores de DQO superiores a 50.000 mg/l.

Amonio. El contenido de amonio normalmente supera los 1.000 mg/l.

Sólidos en suspensión. Normalmente, presenta concentraciones alrededor de 400 - 500 mg/l.

# PROCESO DE DEPURACIÓN DE LOS LIXIVIADOS

Consta de tres etapas bien diferenciadas:

- ◇ Pretratamiento: con el fin de acondicionar el lixiviado y evitar ensuciamientos e incrustaciones en los cambiadores de calor de los evaporadores que hagan poco operativo el proceso.
- ◇ Evaporación, propiamente dicha, ya sea por compresión mecánica del vapor o por evaporación al vacío convencional por fuentes de calor y frío externas.
- ◇ Postratamiento: cuya misión es afinar algún parámetro del destilado y hacerlo cumplir al 100% las Normas de Vertido a cumplir.



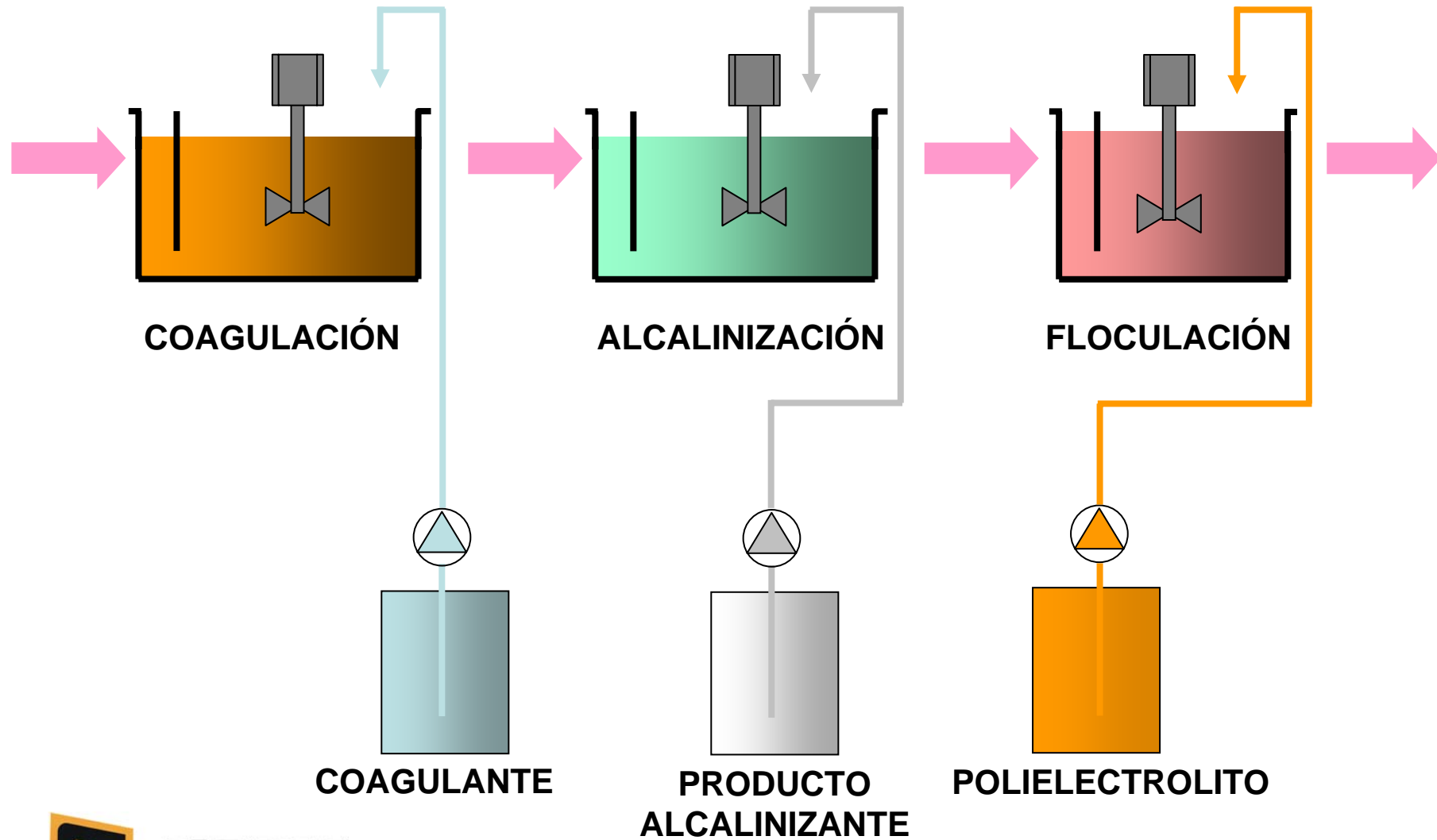
# PRETRATAMIENTO

El pretratamiento se basa en un proceso físico – químico para separación de sólidos en suspensión e hidróxidos metálicos.

Aprovechando el físico - químico, se eliminan también en él, el calcio y el magnesio que son los agentes que pueden incrustar los cambiadores de calor al precipitar sus sales menos solubles por efecto de la concentración, fundamentalmente carbonatos y sulfatos.

Por último, se realiza un ajuste de pH ya que el proceso anterior se realiza a valores muy alcalinos que favorecen la precipitación de los metales y la eliminación del calcio y el magnesio.

# PRETRATAMIENTO. ADICIÓN DE QUÍMICOS

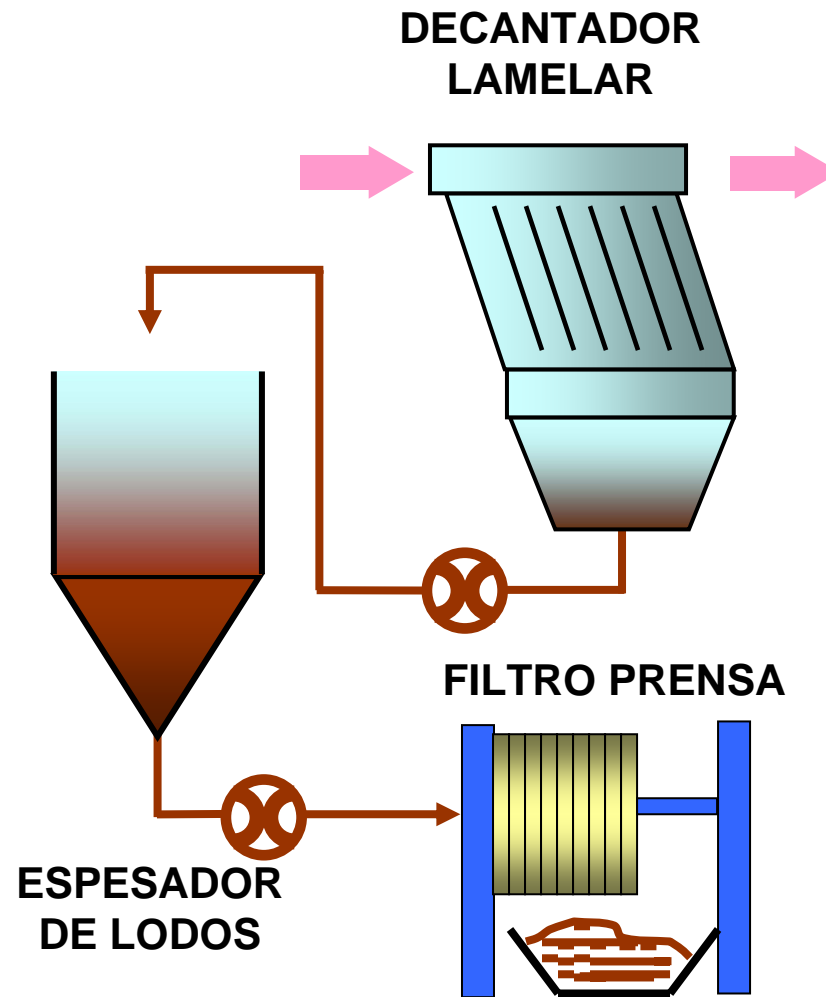


# PRETRATAMIENTO

Los productos químicos que se adicionan son:

- ◆ Coagulante: su misión es agrupar partículas mediante atracciones electrostáticas
- ◆ Producto alcalinizante: para precipitar el calcio y el magnesio como sales muy poco solubles y mantener un pH alcalino
- ◆ Polielectrolito: favorece la unión de partículas haciéndolas de mayor tamaño y más fácilmente separables por decantación.

# PRETRATAMIENTO. SEPARACIÓN DE SÓLIDOS PRECIPITADOS



# EVAPORACIÓN

En el proceso de evaporación elegido se producirán dos corrientes:

- Destilado con muy bajo contenido en contaminantes
- Concentrado, en el que se recogen los productos no volátiles. Dependiendo de las concentraciones iniciales en el destilado, esta corriente suele ser alrededor de un 5 – 10 % de la inicial. Este producto debe ser superconcentrado en equipos especiales o inertizado ya que es hasta 20 veces más concentrado que el lixiviado inicial.

# POSTRATAMIENTO

El postratamiento va a ser función del pH elegido para el lixiviado en el proceso de evaporación:

## EVAPORACIÓN A pH ÁCIDO

Si tras el físico – químico se opta por añadir ácido sulfúrico para bajar el pH del lixiviado, en el proceso de evaporación se dificulta enormemente que el amoníaco presente destile ya que se encuentra en forma de amonio. Por el contrario, se facilita que los ácidos orgánicos de bajo peso molecular destilen fácilmente con el agua lo que provoca un aumento considerable de la DQO del destilado.

# ANALÍTICAS DE UN DESTILADO OBTENIDO A pH MODERADAMENTE ÁCIDO

PARÁMETRO	VALOR EN EL LIXIVIADO	VALOR EN EL DESTILADO	% ELIMINACIÓN
Conductividad (μS/cm)	49000	975	98.0
pH	6.8	7.5	-
Amonio (mgl)	476	200	58.0
DQO (mgl)	2200	1095	50.2
Cloruros (mgl)	20000	7	~100
Sulfatos (mgl)	4000	3	~100

Posteriormente, se reduce el contenido de amonio, conductividad y DQO en el destilado mediante un equipo de ósmosis inversa

# POSTRATAMIENTO

## EVAPORACIÓN A pH ALCALINO

Si la evaporación se realiza a pH marcadamente alcalino, tal y como se obtiene el lixiviado clarificado del físico – químico, en el destilado se obtiene una fuga prácticamente total del amonio como amoniaco pero unas DQO bajísimas.

Es imprescindible, pues, la instalación de un sistema de eliminación de amoniaco como postratamiento.



# ANALÍTICAS DE UN DESTILADO OBTENIDO A pH ALCALINO. Lixiviado peligroso

PARÁMETRO	VALOR EN EL LIXIVIADO	VALOR EN EL DESTILADO	% ELIMINACIÓN
Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	56100	265	99.5
pH	8.35	11.01	-
Amonio (mgl)	480	430	10.4
DQO (mgl)	8900	451	94.9

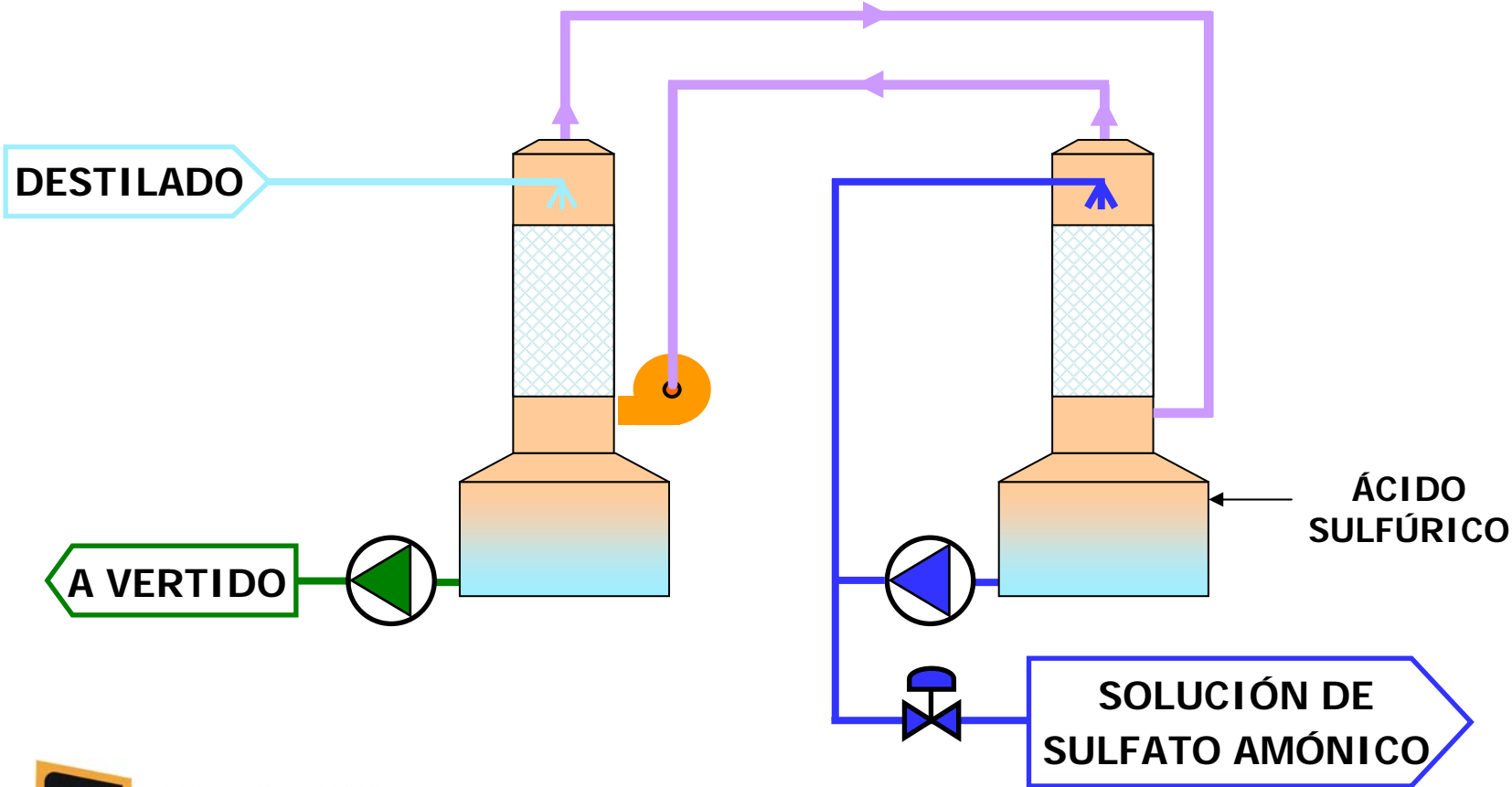
Posteriormente, se reduce el contenido de amonio por debajo de 5 ppm en el stripper – scrubber (% eliminación: 98.9%)

# ANALÍTICAS DE UN DESTILADO OBTENIDO A pH ALCALINO. Lixiviado no peligroso

PARÁMETRO	VALOR EN EL LIXIVIADO	VALOR EN EL DESTILADO	% ELIMINACIÓN
Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	36200	196	99.4
pH	8.64	10.34	-
Amonio (mgl)	400	380	5
DQO (mgl)	7500	466	93.8

Posteriormente, se reduce el contenido de amonio por debajo de 5 ppm en el stripper – scrubber (% eliminación: 98.7%)

# POSTRATAMIENTO. ELIMINACIÓN DE AMONIACO



# APLICACIONES REALIZADAS

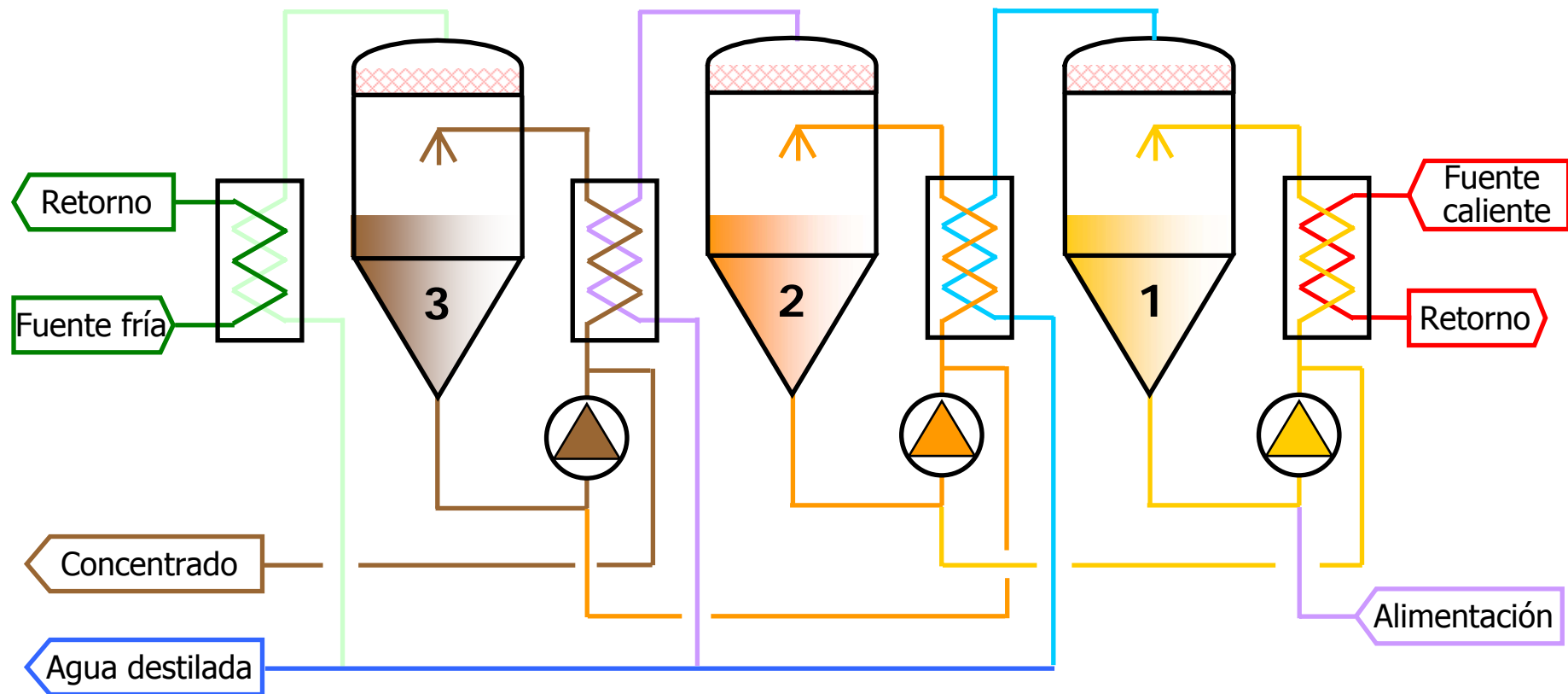
**ECODEAL (GRUPO FCC), en Chamusca, Portugal.**

Se ha instalado un evaporador con fuente externa de calor, triple efecto, para una capacidad de tratamiento de lixiviados de 4.600 Kg/h usando como fuente de calor aceite térmico procedente de una caldera de biomasa. El foco frío es una torre de refrigeración.

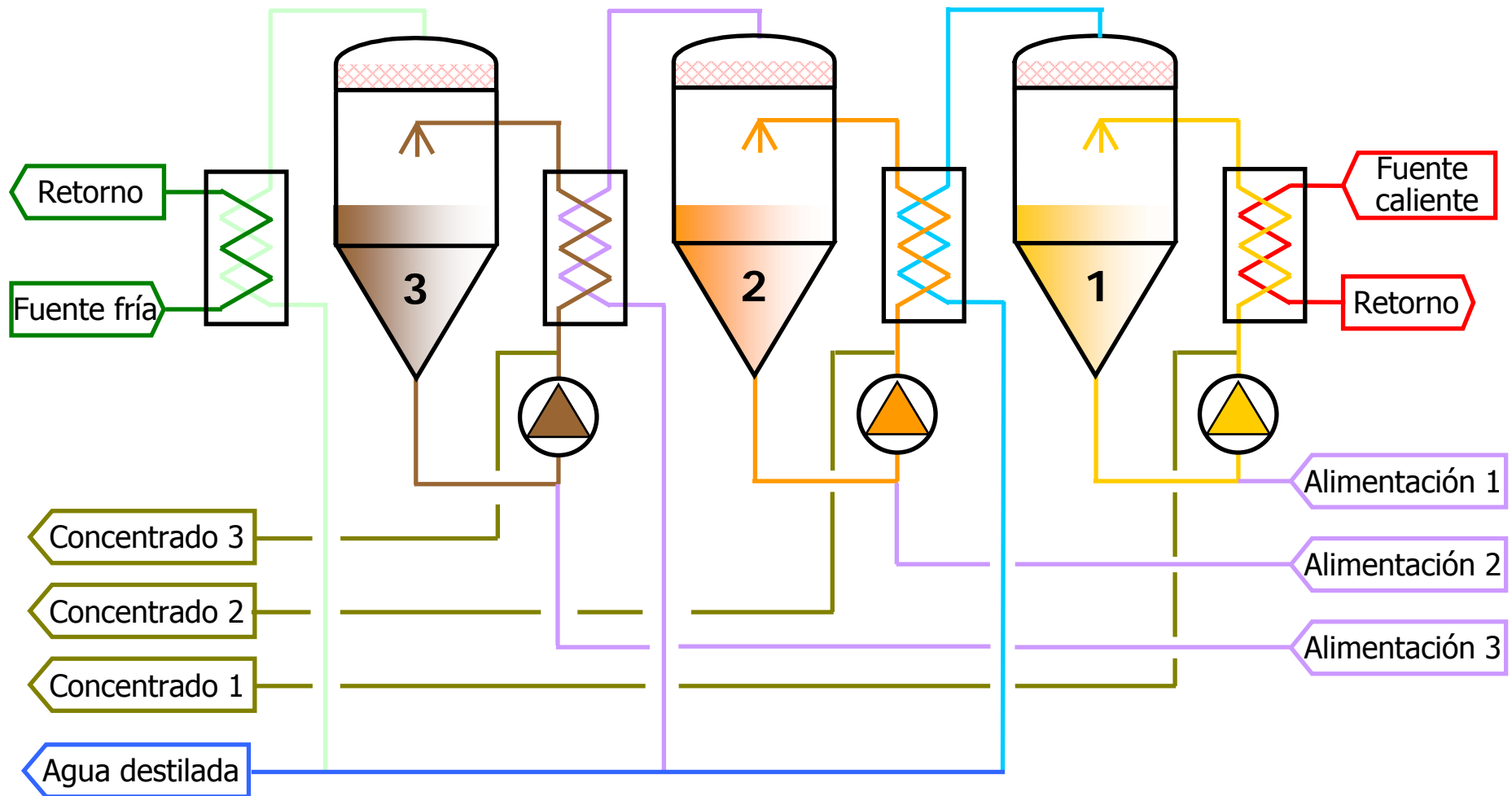
Este evaporador tiene la característica excepcional de que puede trabajar como un triple efecto convencional, con único punto de alimentación, o con tres alimentaciones independientes, según los esquemas siguientes. Tiene la ventaja de poder tratar productos de naturalezas distintas sin necesidad de ser mezcladas que pueden dar lugar a sólidos o productos no deseados.

El cuerpo del primero de los efectos se ha fabricado en la aleación SMO254 con el fin de poder soportar concentraciones elevadas de cloruros y presencia elevada de disolventes, que serán tratados en este primer efecto, de modo independiente a lo que se trate en los otros dos efectos.

# TRIPLE EFECTO CON UNA ALIMENTACIÓN



# TRIPLE EFECTO CON TRES ALIMENTACIONES



# EVAPORADOR DE TRIPLE EFECTO



# ACONDICIONAMIENTO DE pH DE LAS TRES ALIMENTACIONES





# APLICACIONES REALIZADAS

## BETEARTE (UTE DE BEFESA, URBASER Y FCC) en Mallabia, Vizcaya

Se han instalado dos evaporadores por compresión mecánica del vapor, para una capacidad de tratamiento de lixiviados de 2.000 Kg/h.

El cuerpo de evaporación y los cambiadores de calor de estos evaporadores están fabricados en Hastelloy C los que les confiere una resistencia a la corrosión elevadísima.

Tras el físico – químico, el pH del lixiviado se ajusta a 5.5 y pasa a los evaporadores. Como postratamiento, es necesario instalar unos filtros de carbón activo, un equipo de ósmosis inversa y unas columnas para retención de amonio, ya que el agua se vierte en una torrentera de montaña y los límites de vertido son muy estrictos: DQO < 50 ppm,  $\text{NH}_4^+$  < 3 ppm, Conductividad < 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$

# VISTA GENERAL DE LA INSTALACIÓN



# PRETRATAMIENTO FÍSICO - QUÍMICO



# EVAPORADORES POR COMPRESIÓN MECÁNICA



# POSTRATAMIENTO POR ÓSMOSIS INVERSA



# APLICACIONES REALIZADAS

## BEFESA en Nerva, Huelva

Se utiliza un físico – químico de la propiedad que se adapta al proceso deseado de precipitación química del calcio y el magnesio.

Se han instalado evaporadores por compresión mecánica del vapor, para una capacidad de tratamiento de lixiviados de hasta 4.000 Kg/h.

El cuerpo de evaporación y los cambiadores de calor de estos evaporadores están fabricados en Hastelloy C los que les confiere una resistencia a la corrosión elevadísima.

Tras el físico – químico, el pH del lixiviado no se ajusta y queda a un pH marcadamente alcalino. Como postratamiento, es necesario instalar un stripper – scrubber para fijación del amonio como sulfato amónico.

La planta de tratamiento funciona tanto para lixiviados de residuos peligrosos como de no peligrosos, únicamente variando la dosificación de productos químicos en el físico – químico.

# VISTA GENERAL DE LA INSTALACIÓN



# EVAPORADORES POR COMPRESIÓN MECÁNICA





# POSTRATAMIENTO

## SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE AMONIACO



# CONCLUSIONES

El tratamiento de lixiviados en vertederos es factible mediante tecnologías de sobra conocidas como la evaporación, stripping, físico – químicos, etc. y a unos precios razonables ya que es posible acomodarse a las fuentes de energía disponibles y los consumos de reactivos son relativamente bajos.