



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



Tratamientos de Lixiviados en Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Rogelio Calvo
Responsable Cambio Climático y Nuevos Desarrollos
URBASER, S.A.

Caracterización de Lixiviados

Resumen de los Tratamientos

Recirculación de Lixiviados

Tratamientos Físicos

Tratamientos Químicos

Tratamientos Biológicos

Casos Prácticos

CARACTERIZACIÓN TÍPICA DE LIXIVIADO DE VERTEDERO

| PARÁMETROS | 11/03/2008 | 09/06/2008 | 02/09/2008 | 04/12/2008 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Gémenes totales a 37° C ufc/ml | 5900 | 400 | 4200 | 1770 |
| Clostridium S-Reductores ufc/20 ml | 100 | 13 | 0 | 0 |
| Coliformes totales ufc/100 ml | 26000 | 0 | 15 | 0 |
| Coliformes fecales ufc/100 ml | 12 | 0 | 0 | 0 |
| Estreptococos fecales ufc/100 ml | 0 | 4 | 10 | 0 |
| pH | 8,26 | 8,35 | 8,38 | 8,43 |
| Conductividad 25° C (uS/cm) | 31900 | 32600 | 32900 | 31800 |
| DBO ₅ (mg/l O ₂) | 2300 | 2500 | >2500 | 2450 |
| Oxígeno Disuelto (mg/l O ₂) | 0,78 | 0,75 | 0,98 | 0,37 |
| DQO (mg/l O ₂) | 7890 | 9700 | 10860 | 10520 |
| Nitratos (mg/l NO ₃ ⁻) | 81 | 87 | 84 | 121 |
| Nitritos (mg/l NO ₂ ⁻) | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Amonio (mg/l NH ₄ ⁺) | 3640 | 3709 | 3920 | 3775 |
| Nitrógeno KJELDAHL (mg/l N) | 3370 | 3410 | 3436 | 3326 |
| Carbono Orgánico Total (mg/l C) | 1370 | 1660 | 1856 | 1800 |
| Fósforo (mg/l P) | 20,6 | 17,8 | 20,7 | 20,1 |
| Fenoles (mg/l fenol) | 3,5 | 15,2 | 11,6 | 16 |
| Sólidos en suspensión (mg/l) | 26 | 33 | 87 | 34 |
| Sólidos totales 105°C (mg/l) | 10820 | 19120 | 19194 | 26234 |
| Alcalinidad (mg/l CaCO ₃) | 12600 | 12540 | 12620 | 11750 |
| Cloruros (mg/l Cl) | 6880 | 7160 | 7678 | 6422 |
| Temperatura (°C) in situ | 38 | 39,4 | 38,5 | 32,9 |

CLASIFICACIÓN DEL LIXIVIADO DE VERTEDERO vs EDAD DEL VERTEDERO

| | Jovén | Medio | Viejo |
|--|---------|-------------------|---------|
| Edad (en años) | < 1 | 1 – 5 | > 5 |
| pH | < 6,5 | 6,5 – 7,5 | > 7,5 |
| COD (g L ⁻¹) | > 15 | 3,0 - 15 | < 3 |
| BOD ₅ /COD | 0,5 - 1 | 0,1 – 0,5 | < 0,1 |
| TOC/COD | < 0,3 | 0,3 – 0,5 | > 0,5 |
| NH ₃ -N (mg L ⁻¹) | < 400 | 400 | > 400 |
| Metales Pesados (mg L ⁻¹) | > 2,0 | < 2,0 | < 2,0 |
| Compuestos Orgánicos | 80% VFA | 5 – 30% VFA+HA+FA | HA + FA |

VFA = Ácidos Grasos Volátiles

HA = Ácido Húmico

FA = Ácido Fúlvico

Caracterización de Lixiviados

Resumen de los Tratamientos

Recirculación de Lixiviados

Tratamientos Físicos

Tratamientos Químicos

Tratamientos Biológicos

Casos Prácticos

TRATAMIENTOS FÍSICOS

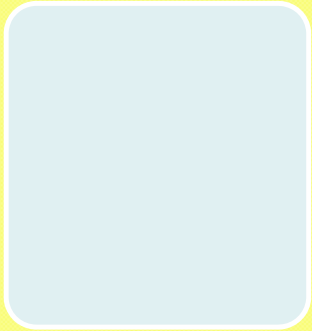
- AIR STRIPPING
 - Methane Stripping
 - Stripping N-Amoniaco
 - Stripping para otros contaminantes volátiles
- PROCESOS DE MEMBRANA
 - Microfiltración
 - Ultrafiltración
 - Nanofiltración
 - Ósmosis Inversa
- SEPARACIÓN DE SÓLIDOS
 - Sedimentación
 - Filtración de Arenas
 - Adsorción por Carbón Activo → Carbón Activo en Polvo
Carbón Activo Granulado
 - Intercambio Iónico
 - Evaporación

TRATAMIENTOS QUÍMICOS

- OXIDACIÓN QUÍMICA
 - Ozonización
 - Peróxido de Hidrógeno
- PRECIPITACIÓN/COAGULACIÓN/FLOCULACIÓN
 - Precipitación Química de Metales
 - Coagulación y Floculación
 - Procesos Electroquímicos

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

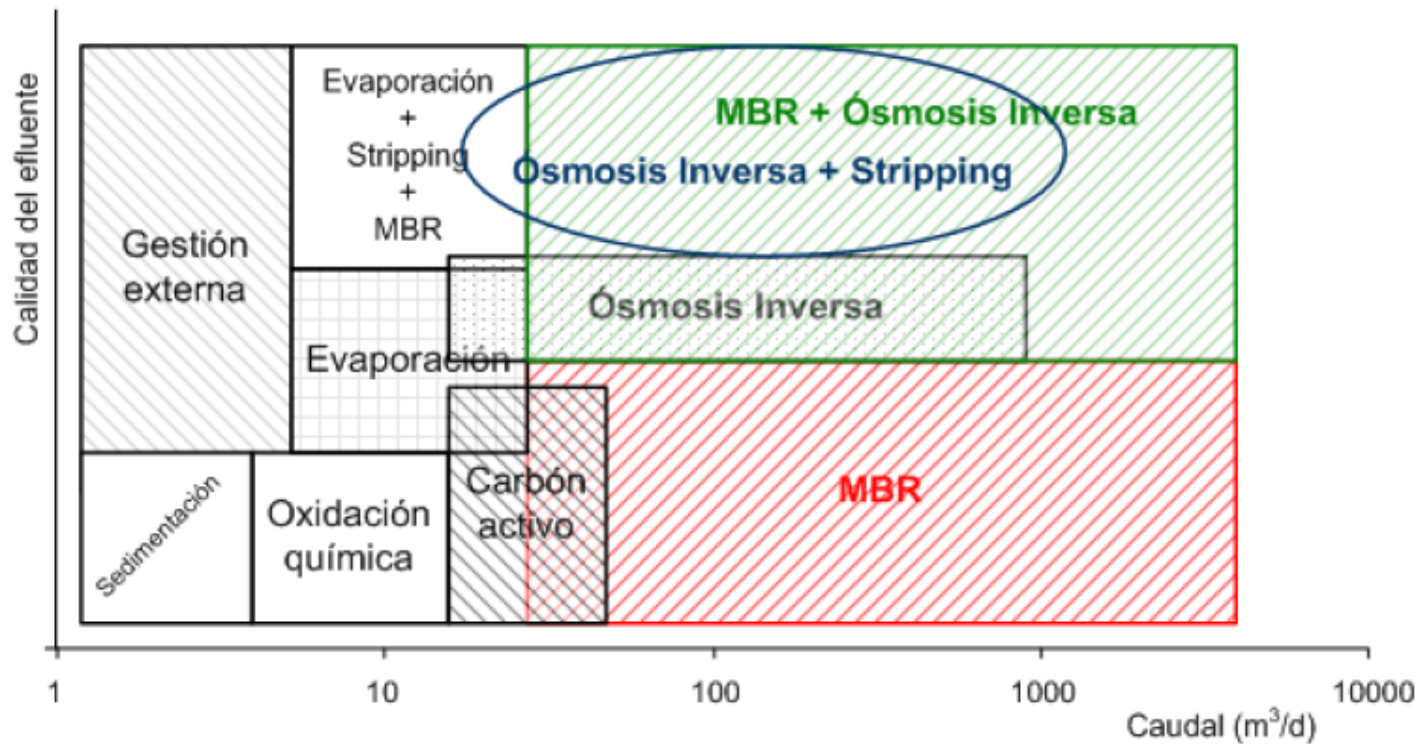
- TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS ANAEROBIOS
 - UASB
- TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS AEROBIOS
 - Lagunas Aireadas
 - Fangos Activados
 - Reactores de carga secuencial (SBRs)
 - Biorreactores de Membrana (MBRs)
 - Filtros Percoladores



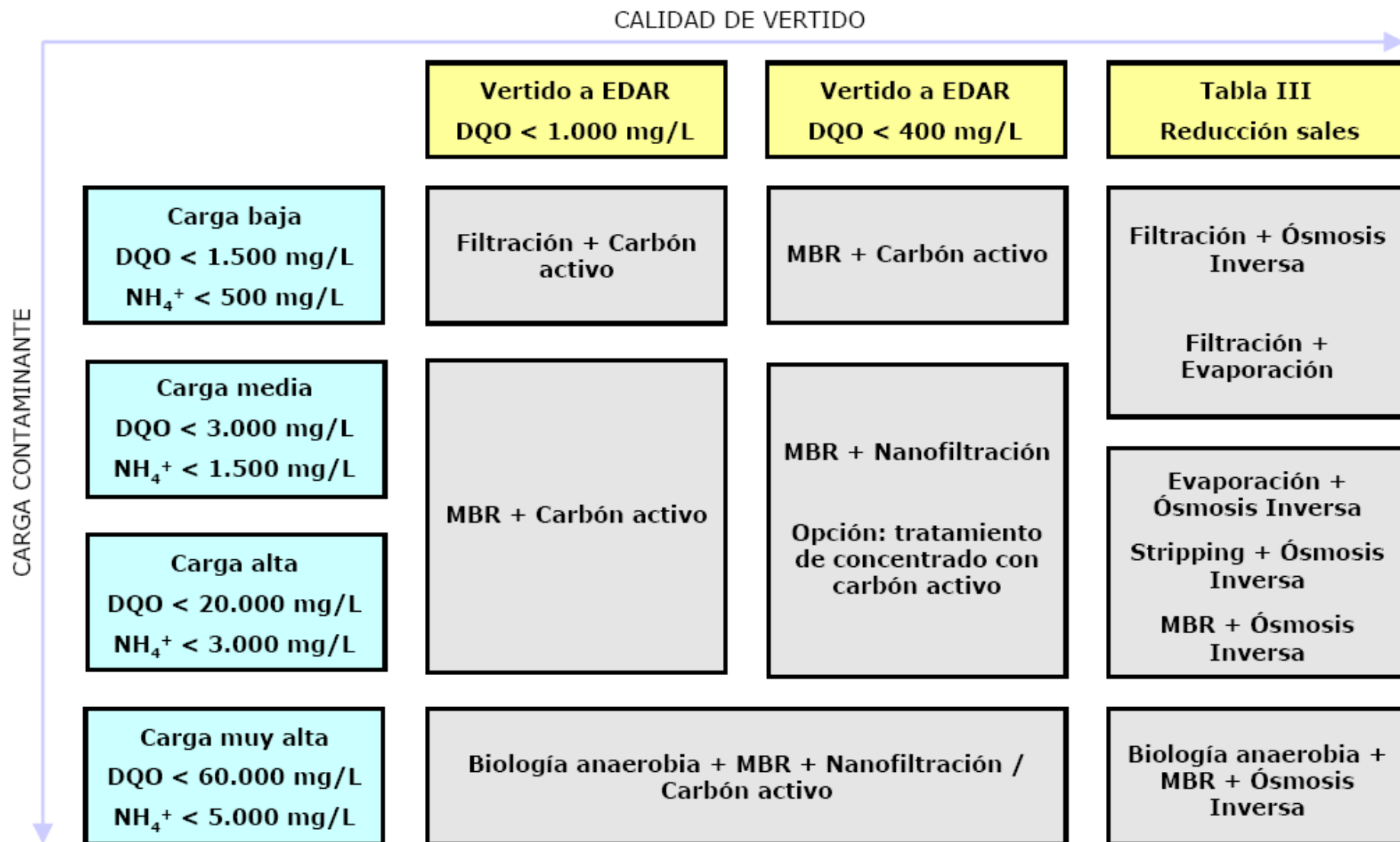
EFFECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS DE LIXIVIADOS vs EDAD DEL VERTEDERO

| Tipo de Tratamiento | Edad del Lixiviado | | | Objetivo de Recuperación | Comentario |
|---------------------------------|--------------------|-------|-------|--|--|
| | Joven | Medio | Viejo | | |
| Reciclaje | Bueno | Medio | Pobre | Mejorar la calidad del lixiviado | Bajo coste y baja eficiencia |
| Biológicos | | | | | |
| Procesos Aerobios | Bueno | Medio | Pobre | Eliminación Sólidos Suspensión | Inhibido por compuestos refractarios y exceso de biomasa |
| Procesos Anaerobios | Bueno | Medio | Pobre | Eliminación Sólidos Suspensión | Inhibido por compuestos refractarios, viejos y biogás |
| Físico-Químico | | | | | |
| Coagulación-Floculación | Pobre | Medio | Medio | Metales Pesados y S. Suspensión | Alta generación de lodos y posterior gestión |
| Precipitación Química | Pobre | Medio | Pobre | Metales Pesados y NH3-N | Requiere más eliminación debido a la generación de fangos |
| Adsorción | Pobre | Medio | Bueno | Compuestos Orgánicos | La contaminación del carbón puede llegar a ser un problema y el carbón activo es costoso |
| Oxidación | Pobre | Medio | Medio | Compuestos Orgánicos | Ozono residual |
| Stripping | Pobre | Medio | Medio | NH3-N | Requiere otros equipos para el control de la contaminación del aire |
| Intercambio Iónico | Bueno | Bueno | Bueno | Compuestos disueltos, cationes/aniones | Usado como proceso de refinado después de tratamientos biológicos. El coste de tratamiento es alto |
| Filtración con Membranas | | | | | |
| Microfiltración | Pobre | -- | -- | Sólidos en Suspensión | Usado después de la precipitación de metales |
| Ultrafiltración | Pobre | -- | -- | Compuestos Alto Peso Molecular | Costoso y de aplicación limitada debido a la contaminación de las membranas |
| Nanofiltración | Bueno | Bueno | Bueno | Sulfatos e iones de calcio/ magnesio | Es costoso y requiere presiones de trabajo más bajas que la Ósmosis Inversa |
| Ósmosis Inversa | Bueno | Bueno | Bueno | Compuestos Orgánicos/Inorgánicos | Es costoso y se precisa de un buen pretratamiento |

TRATAMIENTOS DE LIXIVIADOS CON MAYOR IMPLANTACIÓN



TECNOLOGÍAS DE PROCESO. CARGA CONTAMINANTE vs CALIDAD DE VERTIDO



Caracterización de Lixiviados

Resumen de los Tratamientos

Recirculación de Lixiviados

Tratamientos Físicos

Tratamientos Químicos

Tratamientos Biológicos

Casos Prácticos

RECIRCULACIÓN DE LIXIVIADOS

- Es una de las opciones más baratas disponible
- La recirculación del lixiviados aumenta el contenido de humedad del vertedero
- Algunos estudios indican que cuando se recirculan más del 30% de los lixiviados, se producen significativos descensos en la producción de metano y en la DQO
- Altos ratios de recirculación pueden afectar negativamente a la degradación anaerobia de los residuos, además de problemas de saturación y acidificación de las condiciones del vertedero
- La recirculación de lixiviados puede llegar a inhibir la metanogénesis y causar altas concentraciones de ácidos orgánicos ($\text{pH} < 5$), los cuales son tóxicos para las bacterias metanogénicas
- No debe permitirse la recirculación de lixiviados en vertederos que no dispongan de impermeabilización en el vaso

Caracterización de Lixiviados

Resumen de los Tratamientos

Recirculación de Lixiviados

Tratamientos Físicos

Tratamientos Químicos

Tratamientos de Membranas

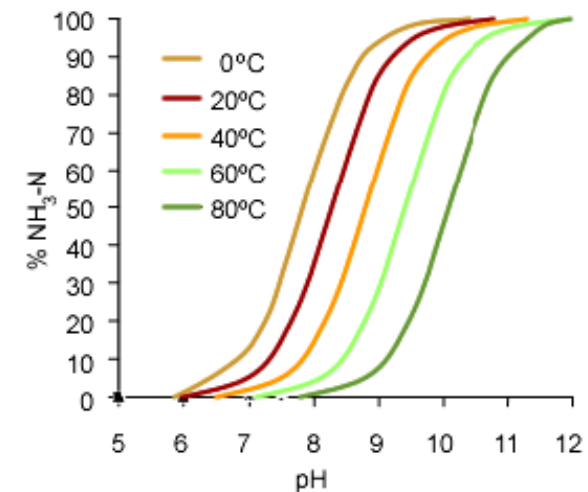
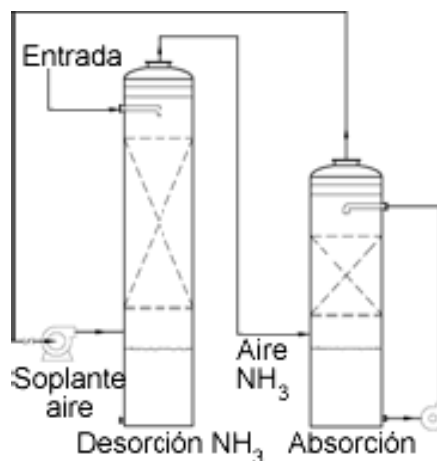
Casos Prácticos

STRIPPING METANO

- ❑ Se emplea para minimizar el riesgo de explosión del metano en atmósferas confinadas; por ejemplo, descargas al sistema de alcantarillado público
- ❑ El metano (CH_4) es más soluble en agua que el oxígeno
- ❑ Los lixiviados procedentes de un vertedero, son extraídos de un ambiente gaseoso que comprende 60% de CH_4 y 40 de CO_2
- ❑ En estas circunstancias, a temperaturas entre 20°C y 40°C el CH_4 puede disolverse a concentraciones entre 10 y 15 mg/l (estas concentraciones se han medido frecuentemente)
- ❑ Existe una corriente de opinión acerca de aplicar medidas para controlar los niveles de CH_4 disuelto en las descargas al alcantarillado público.
- ❑ En U.K., el límite es de 0,14 mg/l; por lo que en algunos casos, es necesario alcanzar rendimientos cercanos al 99%.
- ❑ El proceso se basa en hacer pasar un determinado volumen de aire a través del lixiviado para reducir la concentración de CH_4 disuelto
- ❑ Las desventajas del sistema son la liberación de gases olorosos (colocación de biofiltros), la precipitación de compuestos inorgánicos, también se separan CO_2 disuelto y metales oxidados (solucionado mediante inhibidores electromagnéticos, adición de ácido, control de pH, etc ...)

STRIPPING N-AMONIAL

- ❑ Es una alternativa a la nitrificación biológica
- ❑ Por medio de una desorción por arrastre con aire, se transfiere el amonio desde una corriente líquida a otra gaseosa. Posteriormente se combina con una absorción del amoníaco del aire en un medio acuoso ácido H_2SO_4 o HCl .
- ❑ Ambas transferencias dependen de la concentración de amonio y de los caudales de aire y líquido
- ❑ El equilibrio entre el amonio (NH_4^+ - no volátil) y el amoníaco (NH_3 - volátil) está controlado por el pH y la temperatura
- ❑ Se obtienen eficiencias de recuperación superiores al 80% a pH básicos (10 o mayores) y temperaturas en torno a $60^\circ C - 70^\circ C$



STRIPPING OTROS CONTAMINANTES VOLÁTILES

- ❑ Con los tratamientos de Air Stripping, pueden alcanzarse significativos niveles de separación de trazas de compuestos orgánicos presentes en los lixiviados.
- ❑ Es improbable que un sistema de Air Stripping pueda ser utilizado específicamente para reducir las concentraciones de estos compuestos. Conseguir esto sería MUY CARO
- ❑ Se adjuntan los resultados de un estudio realizado en 2003

| Compound | LOD ($\mu\text{g/l}$) | presence (%) | median value ($\mu\text{g/l}$) | % removal |
|----------------|-------------------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| Ethylbenzene | 10 | 15 | 10 | 40 |
| Mecoprop (MCP) | 0.1 | 98 | 11 | 50 |
| Naphthalene | 0.1 | 70 | 0.46 | 40 |
| Toluene | 10 | 54 | 21 | 25 |
| Xylenes | 10 | 35 | 35 | 40 |

(Notes: LOD = limit of detection achievable routinely in leachate samples; presence (%) represents percent of samples in which compound was above the limit of detection).

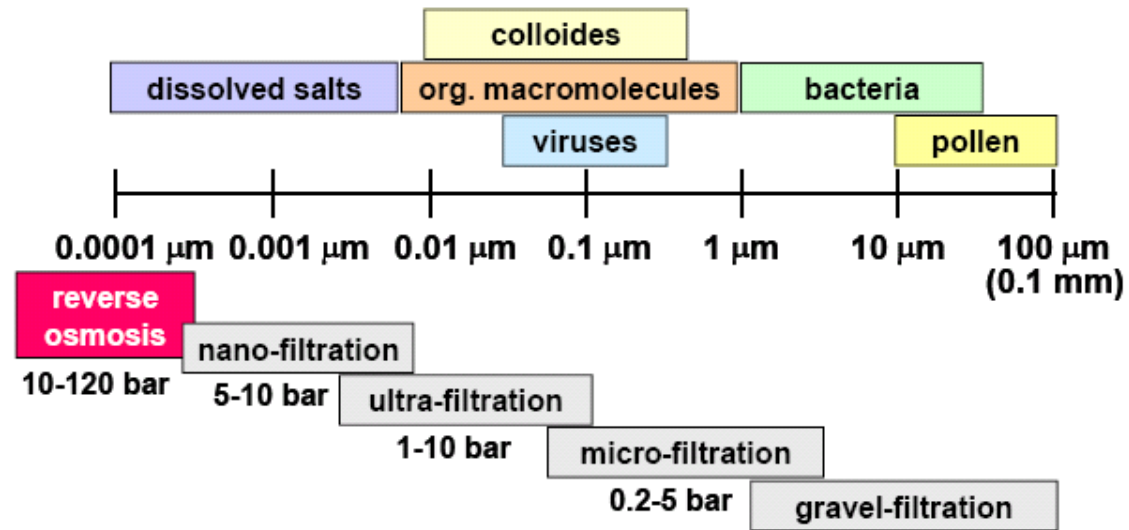
OPERACIONES BÁSICAS DE MEMBRANAS

| Operación de Membrana | Fuerza Directora | Mecanismo de Separación | Estructura de Membrana | Fase | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|---------------------------------|------|---|
| | | | | 1* | 2 |
| Microfiltración | Presión | Cribado | Macroporos | L | L |
| Ultrafiltración | Presión | Cribado | Mesoporos | L | L |
| Nanofiltración | Presión | Cribado + Solución/Difusión + exclusión | Microporos | L | L |
| Ósmosis Inversa | Presión | Solución/Difusión + exclusión | Densa | L | L |
| Pervaporación | Actividad (presión parcial) | Solución - Difusión | Densa | L | G |
| Arrastre de Membranas | Actividad (presión parcial) | Evaporación | Macroporos (membrana de gas) | L | G |
| Destilación de Membranas | Actividad (temperatura) | Evaporación | Macroporos (membrana de gas) | L | L |
| Diálisis | Actividad (concentración) | Difusión | Mesoporos | L | L |
| Electrodiálisis | Potencial eléctrico | Intercambio Iónico | Intercambio Iónico | L | L |

• Fase 1 es la alimentación

L = Líquido

G = Gas



MICROFILTRACIÓN

- Proceso de membrana de baja presión
- Se utiliza para la separación de partículas en suspensión y partículas coloidales en el rango de 0,05 μm – 10 μm
- No puede ser usada sola

ULTRAFILTRACIÓN

- Es un proceso que trabaja hasta 10 bar de presión
- Permite el rechazo de solutos gruesos (peso molecular > 1.000), todo tipo de microorganismos (virus y bacterias) y sólidos en suspensión
- El permeado contiene solutos orgánicos de bajo peso molecular y sales.
- Se emplean para separar los componentes de mayor peso molecular del lixiviado, que son los que tienden a contaminar las membranas de OI
- Actualmente se prueban con éxito en plantas MBRs (ejemplo, BIOMEMBRANT)

NANOFILTRACIÓN

- También se le denomina Ósmosis Inversa a Baja Presión
- Es un proceso que permite rechazar contaminantes tan pequeños como $0,001 \mu\text{m}$
- Sus propiedades se encuentran entre la Ultrafiltración y la Ósmosis Inversa
- Se consiguen reducciones de hasta 60% - 70% de DQO y 50% Amoníaco con presiones 6 – 30 bars
- Rara vez se utilizan para rechazar virus, bacterias, quistes y otros organismos patógenos, ya que la UF y MF son procesos de membranas más baratos y que pueden alcanzar el mismo grado de rechazo de patógenos

ÓSMOSIS INVERSA

- ❑ Es un proceso que permite rechazar contaminantes tan pequeños como 0,0001 μm
- ❑ Es un proceso de alta presión
- ❑ Es el proceso más fino de separación conocido
- ❑ La eficiencia en la retención depende del peso molecular y de la polaridad del contaminante
- ❑ Las membranas de Oi pueden llegar a retener más del 98% de las moléculas grandes disueltas en los lixiviados. También puede llegar a retener iones de valencia 1 como Na^+ y Cl^-
- ❑ La mayor parte de las plantas comerciales se construyen en dos etapas, con ratios de recuperación de contaminantes cercanos al 99,6%.
- ❑ En el caso de lixiviados especialmente resistentes, se han empleado 3 etapas con ratios de recuperación cercanos al 99,98%
- ❑ Las plantas de Ósmosis Inversa pueden alcanzar entre el 75% - 83% de permeado
- ❑ Ventajas: La alta calidad del permeado
 - Al no ser un tratamiento biológico, es poco sensible a los cambios de composición
 - La capacidad de operar intermitentemente y de ajustarse a los cambios de composición, permiten minimizar la capacidad de almacenamiento de lixiviados

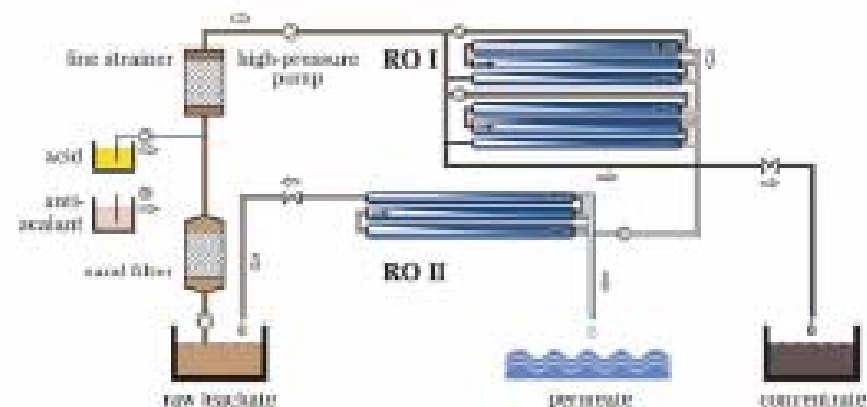
ÓSMOSIS INVERSA

❑ Desventajas:

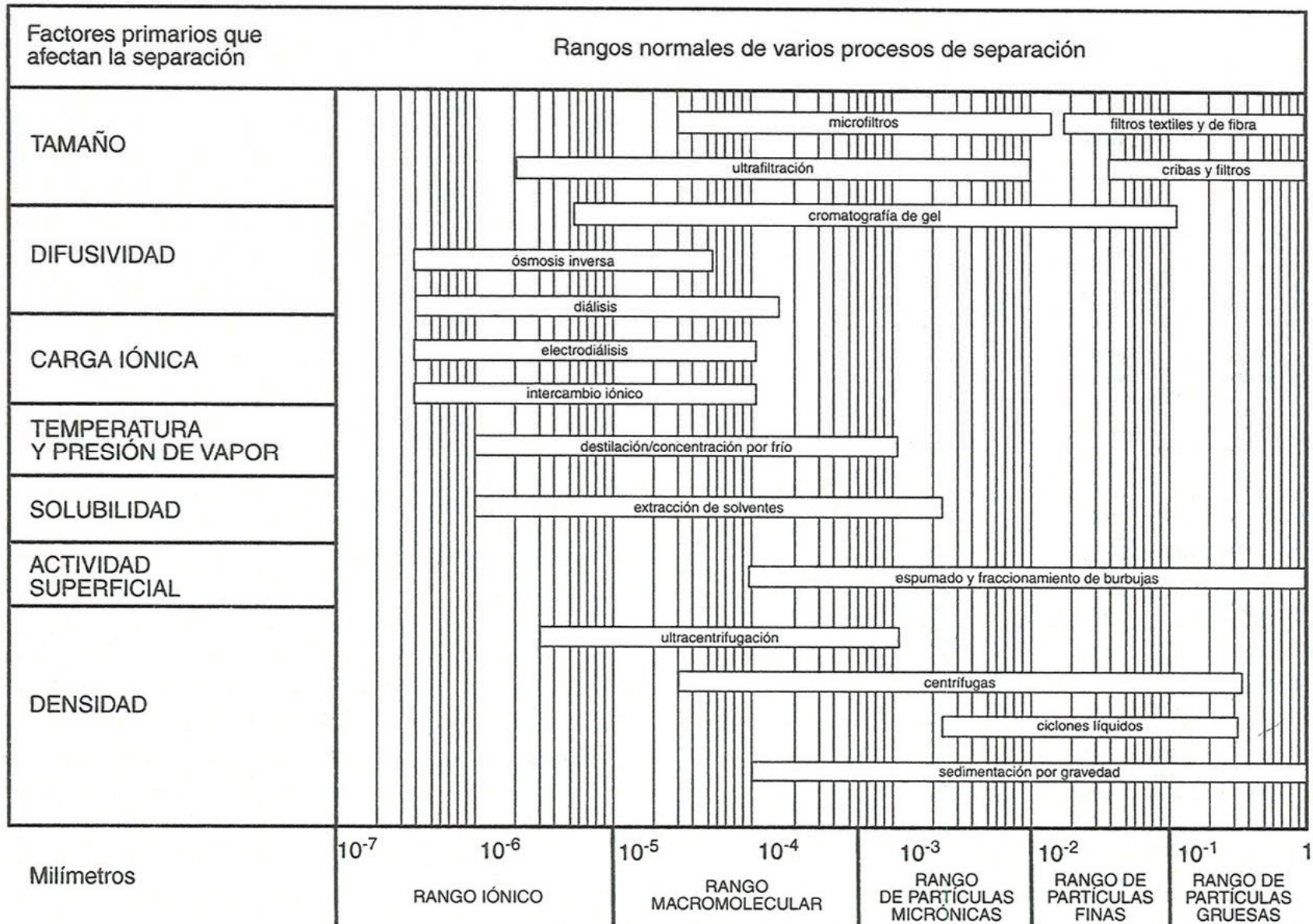
- La necesidad de limpiar las membranas mediante una solución de detergente y permeado producido en la planta
- ❑ Los ciclos de lavado son gestionados automáticamente y su frecuencia depende del nivel de contaminantes, especialmente Calcio, DBO_5 y DQO
- ❑ El concentrado puede ser entre el 25% y el 20% y en la mayoría de los casos es devuelto al vertedero. Esta práctica indica que podrían producirse incrementos en la concentración de DQO, $\text{NH}_4\text{-N}$ y conductividad
- ❑ Existen tratamientos para el concentrado como pueden ser la estabilización y la evaporación

| Parameter | Nelmark Landfill, Luebeck, Germany (Kolboom 2005) | | ZMD-Rastorf Landfill, Rastorf, Germany (Becker 2003) | |
|-------------------------|---|----------|--|----------|
| | Leachate | Permeate | Leachate | Permeate |
| COD (mg/l) | 1024 | 15 | 2500 | 22 |
| BOD ₅ (mg/l) | 40 | 0.6 | - | - |
| Ammoniacal-N (mg/l) | 388 | 6.1 | 2100 | 4 |
| Nitrate-N (mg/l) | 3.44 | 0.1 | - | - |
| Conductivity (μS/cm) | 8310 | 48 | 1810 | 78 |
| pH | 7.44 | 6.5 | 6.4 | 4.33 |

| Parameter | Suldoro Landfill, Portugal, (Loeblich 2002) | | Lamego Landfill Lamego, Portugal (Loeblich 2002) | |
|-------------------------|---|----------|--|----------|
| | Leachate | Permeate | Leachate | Permeate |
| COD (mg/l) | 17780 | 28 | 17029 | 23 |
| BOD ₅ (mg/l) | 10000 | 8 | 11350 | 15 |
| Ammoniacal-N (mg/l) | 3140 | 9 | 891 | 1.01 |
| Nitrate-N (mg/l) | 101 | 0.8 | - | - |
| Conductivity (μS/cm) | 20000 | 80 | 15400 | 18 |
| pH | 8.9 | 5.4 | 6.9 | 5.7 |



| Parameter | Average Retention Effect (%) | | |
|--------------------|------------------------------|-------|--------|
| | Number of Stages | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| COD | 91.5 | 99.89 | 99.999 |
| BOD ₅ | 88.5 | 99.78 | 99.996 |
| TOC | 91.5 | 99.90 | 99.999 |
| AOX | 87.5 | 99.81 | 99.998 |
| NH ₄ -N | 85.0 | 99.65 | 99.987 |
| PO ₄ -P | 96.5 | 99.90 | 99.998 |



ADSORCIÓN POR CARBÓN ACTIVO

- ❑ Adsorción es la transferencia de compuestos orgánicos de una fase líquida a la superficie de un material sólido y su alcance está relacionado con las propiedades físicas y químicas de cada uno
- ❑ De los adsorbentes que se pueden emplear, a fecha de hoy sólo el Carbón Activo es rentable
- ❑ El Carbón Activo es una forma de grafito altamente porosa, con amplio rango de tamaño de poros y una gran superficie específica de cientos de m² por gramo
- ❑ La capacidad del Carbón Activo de recuperar compuestos orgánicos depende de:
 - la capacidad de adsorber un compuesto orgánico específico
 - la concentración del compuesto
 - el tiempo de contacto entre el lixiviado y el carbón
 - presencia de compuestos que pueden competir por los lugares de adsorción
 - ratios de carga aplicados al carbón
- ❑ El Carbón Activo se emplea en forma de polvo o granular; el granular puede ser regenerado, el carbón en polvo no
- ❑ La capacidad de adsorción es la relación entre la masa de contaminante adsorbido y la masa de carbón activo

ADSORCIÓN POR CARBÓN ACTIVO

- El CA puede separar grandes cantidades de DBO y DQO
- Altos costes de CA hacen más económico utilizar las sinergias entre tratamiento biológico y CA
- En el tratamiento de lixiviados, el uso del CA se reserva para el refinado del efluente procedente del tratamiento biológico
- En algunos casos especiales, se ha empleado en plantas de tratamiento biológico para reducir el shock tóxico cuando entran al sistema lixiviados altamente contaminados

CARBÓN ACTIVO EN POLVO

- No puede ser regenerado
- Se dosifica como una mezcla hasta alcanzar la concentración deseada en un reactor aireado; el período de contacto es de 30-60 min
- La mezcla debe ser posteriormente tratada para recuperar el CAP por procesos como coagulación, floculación o filtración, siendo dispuesta en vertedero o incinerada
- La principal consideración es la dosificación adecuada para conseguir el nivel de tratamiento deseado
- Actualmente está en desuso, siendo en los 80 cuando tuvo mayor auge

ADSORCIÓN POR CARBÓN ACTIVO

CARBÓN ACTIVO GRANULAR

- ❑ Se opera en tanques o en lechos por donde se hace pasar el efluente de manera controlada a un ratio controlado
- ❑ El sistema de filtrado utiliza, generalmente, 2 o 3 tanques operados en serie → ventajas
 - Se puede alcanzar una mayor calidad del efluente de manera más rentable como consecuencia de que, al final de cada tanque siempre hay CAG “fresco” disponible para entrar en contacto con el efluente
 - Pueden alcanzarse ratios de carga de contaminante mayores por kg de carbón
- ❑ La vida útil de cada tanque de CAG depende de:
 - el carbón activo empleado
 - el volumen del tanque
 - la contaminación del lixiviado de entrada
 - calidad del efluente final
- ❑ El tiempo de retención hidráulica dentro de cada tanque es de 15-30 min
- ❑ Generalmente, el carbón debe reemplazarse cada 4 meses

INTERCAMBIO IÓNICO

- Separa iones procedentes de una solución acuosa por el intercambio de aniones o cationes entre los contaminantes y el medio de intercambio
- Los materiales empleados se componen de resinas hechas de materiales orgánicos sintéticos que contienen grupos iónicos funcionales que intercambian iones cuando son “atacados”
- El intercambio iónico ha sido ampliamente usado en el tratamiento de agua potable y ha sido aplicado con éxito a la separación de nitrato y para la dureza del agua.
- Para la separación del nitrato, el agua se pasa a través de un lecho de resinas sintéticas, las cuales separan los aniones, incluyendo el nitrato del agua, intercambiándolos por la cantidad equivalente de cloro
- La aplicación de este proceso al tratamiento de lixiviados ha estado limitado, hasta la fecha, por las altas concentraciones de aniones y cationes presentes en el lixiviado. Esto continua restringiendo cualquier aplicación rentable para el tratamiento de lixiviados
- La complejidad y variabilidad del lixiviado hace que sea poco probable que el intercambio iónico sea conveniente para el tratamiento de lixiviados

EVAPORACIÓN

- ❑ La instalación de evaporación consta, generalmente, de:
 - Sección Térmica (genera el fluido calefactor, agua caliente, para conseguir la ebullición)
 - Sección de Alimentación
 - Sección de Evaporación y Condensación
 - Sección de Refrigeración
- ❑ Sección Térmica
 - El agua caliente se obtiene aprovechando los gases de combustión de una caldera
 - El combustible puede ser convencional (gasoil, gas natural) o aprovechar algún tipo de biomasa (orujillo, hueso de aceituna, serrín, cáscaras de almendras, astilla de poda, etc ...)
 - Los gases de combustión son emitidos a la atmósfera a través de una chimenea. En caso de ser necesario se depuran mediante un ciclón para reducir emisiones de partículas
- ❑ Sección de Alimentación
 - Se realiza a través de una bomba instalada en la balsa de acumulación de lixiviados
 - En esta sección es donde se realiza las dosificaciones de antiespumante, antiincrustante y dosificación de ácido para convertir todo el amoníaco libre en ión amonio y los carbonatos y sulfuros a CO_2 y H_2S

EVAPORACIÓN

❑ Sección de Evaporación y Condensación

- Separador líquido-vapor
- Intercambiador de calor, diseñado para la correcta ebullición del vertido
- Regulador de nivel, asegura que el nivel de vertido sea el adecuado para la correcta ebullición
- Condensador, elimina las calorías necesaria para alcanzar la total condensación
- Bomba de vacío y bomba de condensados

❑ Sección de Refrigeración

- El agua a enfriar desciende a través de una corriente de aire generadas por electroventiladores
- Gran parte del agua se evapora transfiriéndose en forma de vapor a la corriente de aire
- El agua fría del fondo de la torre se emplea como agua de refrigeración en el condensador

Caracterización de Lixiviados

Resumen de los Tratamientos

Recirculación de Lixiviados

Tratamientos Físicos

Tratamientos Químicos

Tratamientos Biológicos

Casos Prácticos

OXIDACIÓN QUÍMICA

- ❑ Es necesaria cuando existen compuestos solubles orgánicos no biodegradables y/o sustancias tóxicas
- ❑ Oxidantes comúnmente usados para el tratamiento de lixiviados: ozono, cloro, hidrocloruro cálcico y permanganato potásico. Reducciones en DQO entre 20%-50%
- ❑ Los Procesos Avanzados de Oxidación se han propuesto como alternativa efectiva para la mineralización de los compuestos orgánicos resistentes
- ❑ El objeto del proceso es aumentar la eficiencia de la oxidación química incrementando la generación de radicales hidroxilos
- ❑ Desventajas de estos tratamientos:
 - Alta demanda de energía eléctrica → Altos costes de tratamiento
 - Necesidad de altas dosis de oxidantes → Proceso económicamente caro
 - Algunos productos intermedios de la oxidación pueden aumentar la toxicidad del lixiviado

OXIDACIÓN QUÍMICA

Procesos de Oxidación Química

| Con Irradiación | Sin Irradiación |
|---|--|
| Sistemas Homogéneos | |
| O ₃ /UV | O ₃ /H ₂ O ₂ |
| H ₂ O ₂ /UV | O ₃ /OH ⁻ |
| Electro Beam | H ₂ O ₂ /Fe ⁻² (Fenton) |
| Ultrasonidos (US) | |
| H ₂ O ₂ /US | |
| UV/US | |
| H ₂ O ₂ /Fe ⁻² /UV (Foto-Fenton) | |
| Sistemas Heterogéneos | |
| TiO ₂ /O ₂ /UV | Electro-Fenton |
| TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV | |

Proceso Fenton es el más viable, el peróxido de hidrógeno y el hierro son baratos y no tóxicos.

El inconveniente es que requiere un pH bajo y es necesario modificarlo

COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

- ❑ **COAGULACIÓN:** fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales mediante la neutralización de sus cargas eléctricas
- ❑ **FLOCULACIÓN:** agrupación de las partículas descargadas que dan lugar a flóculos que se retienen en una fase posterior
- ❑ **Ampliamente usada en el tratamiento de lixiviados viejos y estabilizados, como tratamiento previo:**
 - **Antes de Tratamientos Biológicos**
 - **Antes de la Ósmosis Inversa**
 - **Como tratamiento final para recuperar separar la materia orgánica no biodegradable**
- ❑ **Principales Coagulantes utilizados:**
 - **SALES DE ALUMINIO:** Sulfato de Aluminio, Cloruro de Aluminio, etc ...
 - **SALES DE HIERRO:** Cloruro Férrico, Sulfato Férrico y Sulfato Ferroso + Cloro

COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Principales Floculantes utilizados:

➤ **SÍLICE ACTIVADA**

➤ **OTROS FLOCULANTES MINERALES:** carbonato cálcico precipitado, algunas arcillas, carbón activo en polvo y diatomeas

Las SALES DE HIERRO son más eficientes que las SALES DE ALUMINIO:

➤ reducción DQO > 50% frente al 10%-40%

Desventajas del tratamiento:

➤ generación de grandes cantidades de fangos

➤ incremento de la concentración de aluminio o hierro en la fase líquida

PRECIPITACIÓN QUÍMICA

- ❑ Finalidad → formar compuestos insolubles por aplicación:
 - leyes de Berthollet, precipitación cristalina de los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} , o
 - las de oxidación – reducción, precipitación de hidróxidos metálicos
- ❑ Su objetivo es reducir las concentraciones de metales pesados y $\text{NH}_3\text{-N}$
- ❑ Estos tratamientos **son poco empleados** debido a:
 - La presencia de metales pesados en lixiviados procedentes de RSU es baja
 - Las reacciones dentro de un vertedero, reducen significativamente la movilidad de los metales pesados
- ❑ Las mayores dificultades se presentan cuando hay que separar mezclas de metales y estos tienen diferentes valores óptimos de pH para su precipitación
- ❑ El tratamiento más utilizado es la descarbonatación con cal, lo que conduce a una eliminación parcial de los iones de calcio y magnesio

Caracterización de Lixiviados

Resumen de los Tratamientos

Recirculación de Lixiviados

Tratamientos Físicos

Tratamientos Químicos

Tratamientos Biológicos

Casos Prácticos

BIORREACTORES DE MEMBRANAS

- ❑ Es una forma avanzada del proceso de fangos activados donde la parte biológica del proceso es combinada con ultrafiltración
- ❑ La ultrafiltración retiene toda la biomasa y todos los sólidos en suspensión mayores de 0,02 μm , incluyendo todas las bacterias
- ❑ El fango concentrado que ha sido separado por el sistema es recirculado al biorreactor
- ❑ El biorreactor suele operar en presión (3 bars) lo que incrementa los ratios de tratamiento al aumentar la eficiencia de la transferencia de oxígeno.
- ❑ Puede añadirse un reactor de desnitrificación para alcanzar la
- ❑ El uso de membranas de UF genera un efluente libre de sólidos que es apto para su tratamiento por Ósmosis Inversa

Caracterización de Lixiviados

Resumen de los Tratamientos

Recirculación de Lixiviados

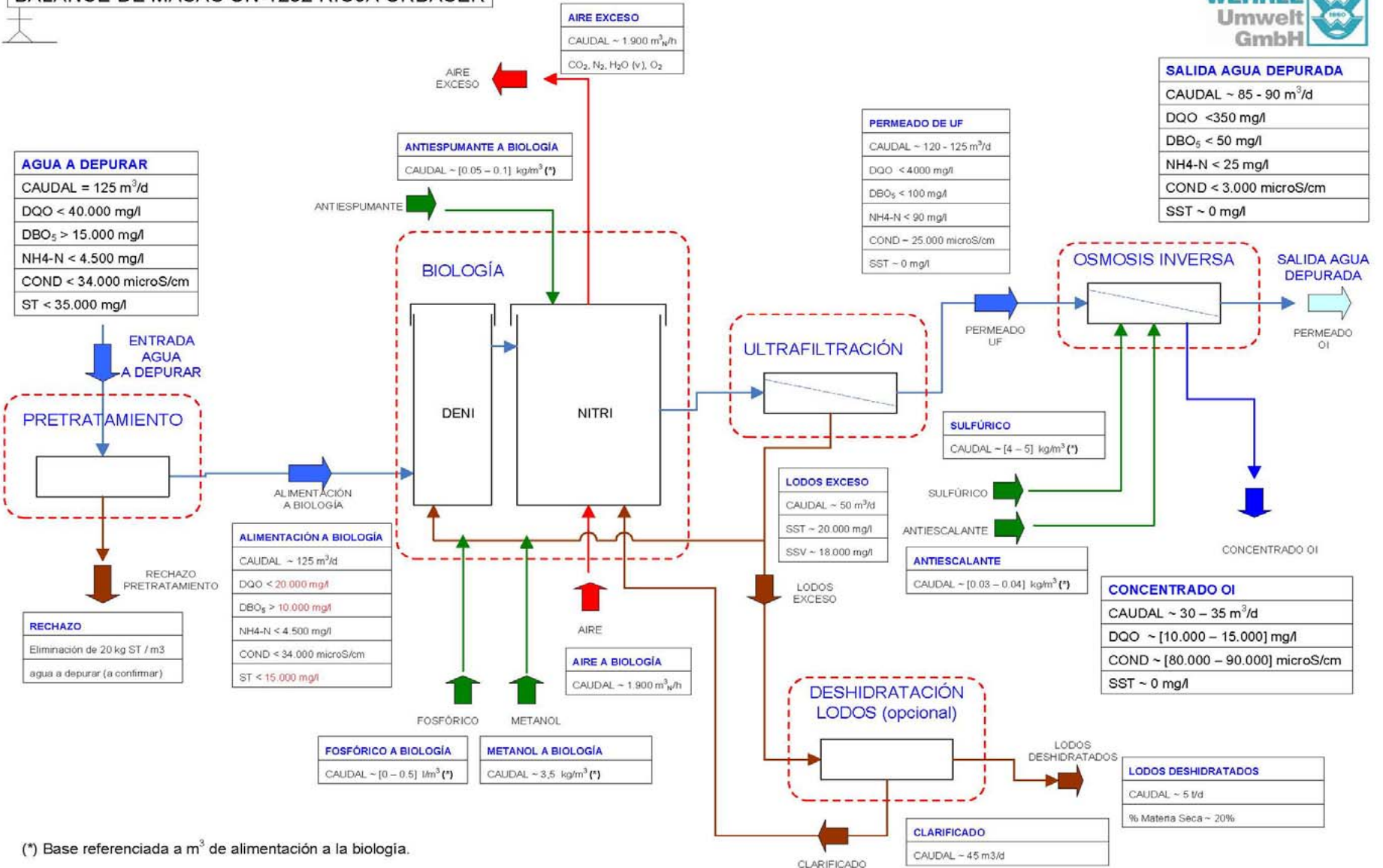
Tratamientos Físicos

Tratamientos Químicos

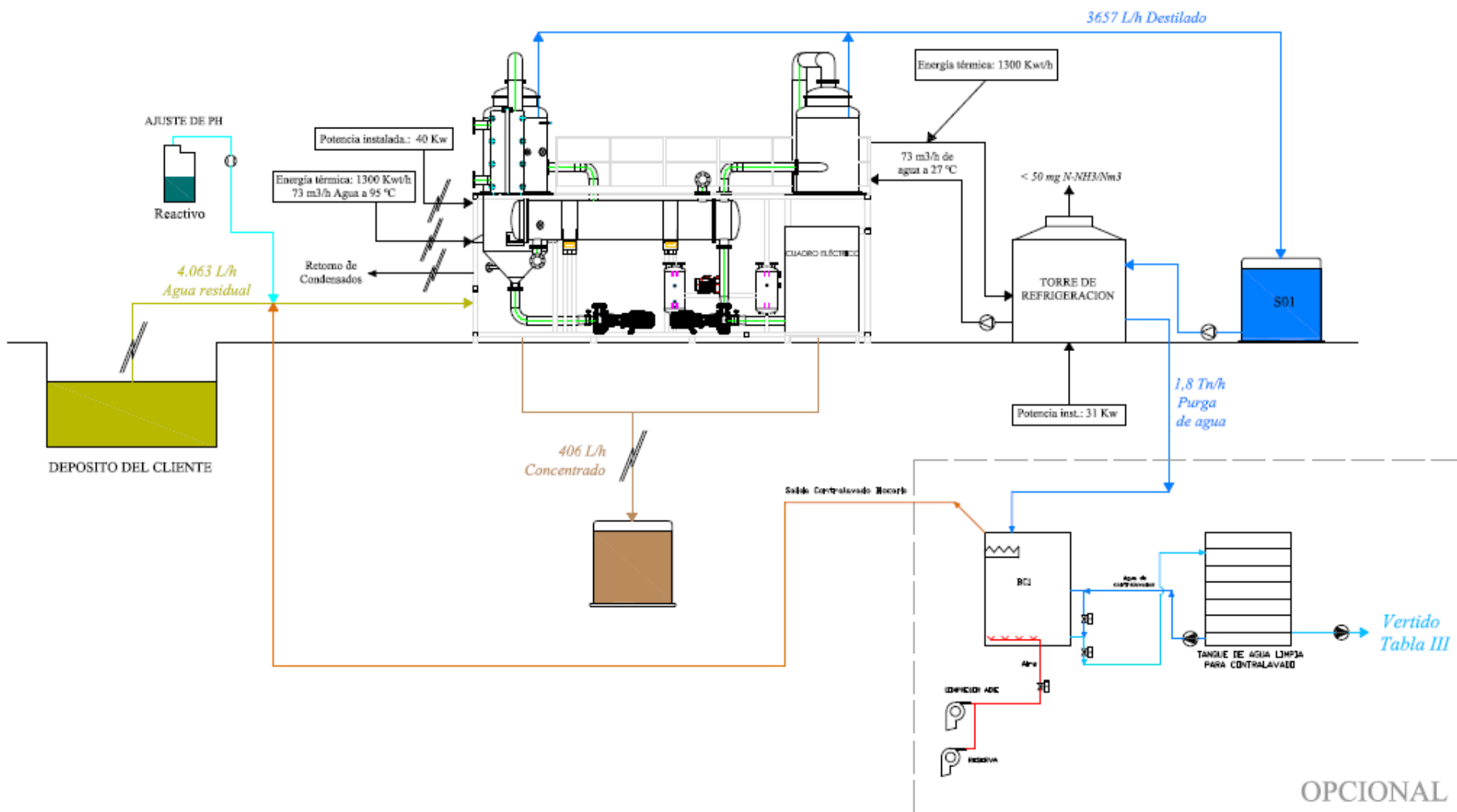
Tratamientos Biológicos

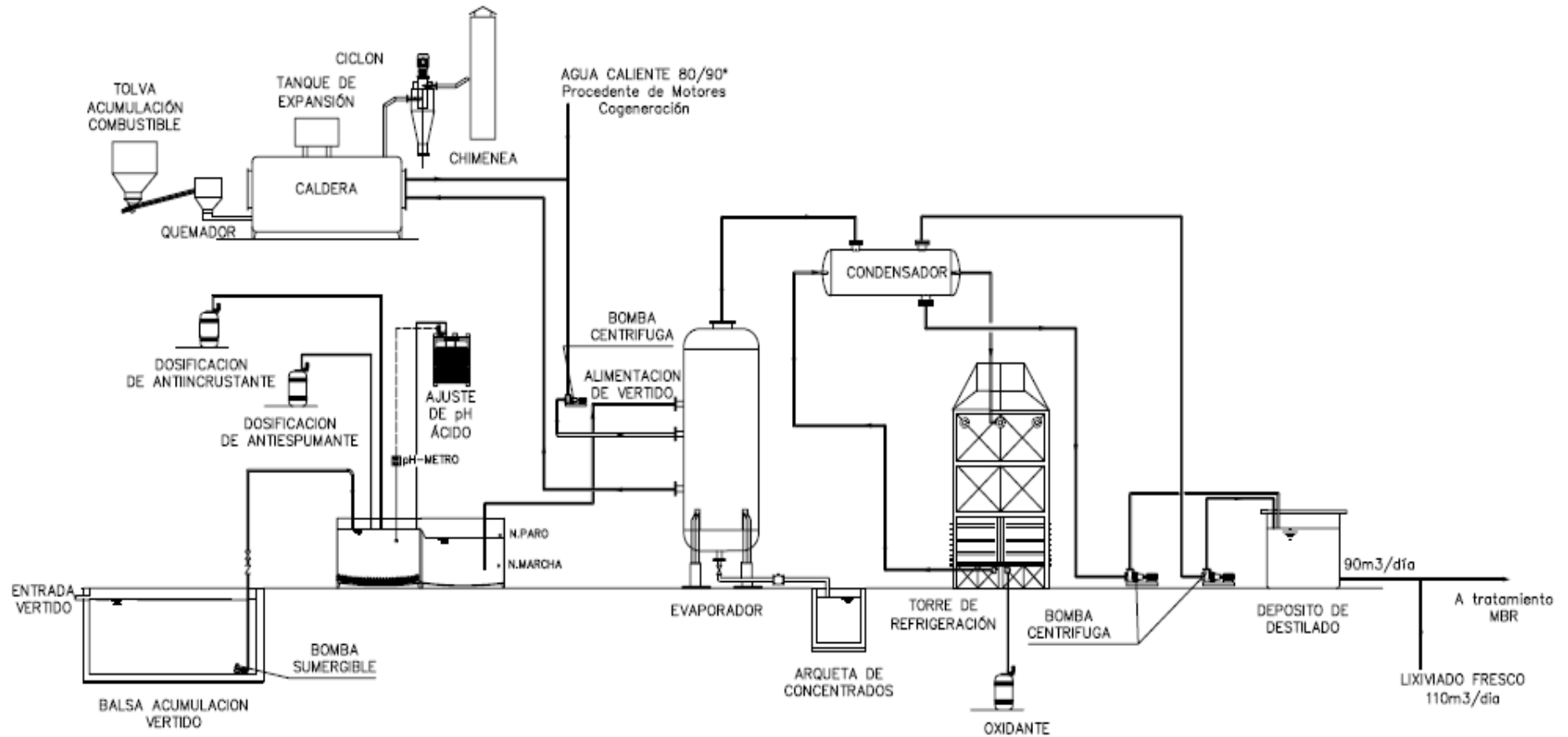
Casos Prácticos

BALANCE DE MASAS UN-1292 RIOJA URBASER

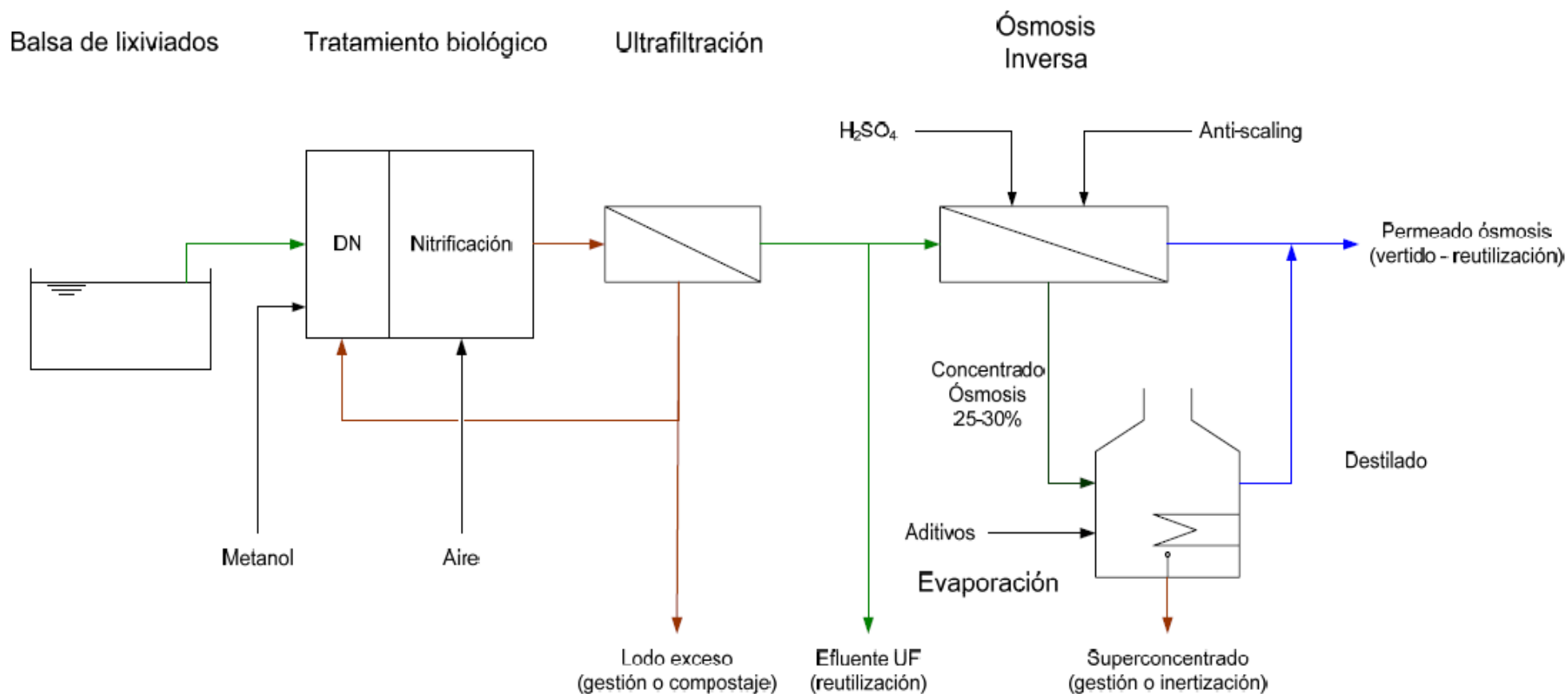


(*) Base referenciada a m³ de alimentación a la biología.





TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS POR MBR + ÓSMOSIS INVERSA



TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS POR ÓSMOSIS INVERSA

