Reduce.
Recover.
Reuse.



DOSSIER DE REFERENCIAS

Venga a verlo en marcha.

Plantas en operación diaria que puede visitar con poca antelación

Evaporadores de digestato, desde nuestra primera generación hasta las series DV y MVR actuales.
Plantas de biogás de residuos alimentarios, de otros residuos y agrícolas en Alemania, Suiza y la República Checa.

Noviembre de 2026

mkr-cleanwater.com

REFERENCIAS SELECCIONADAS

Evaporadores en operación real

Reduce. Recover. Reuse.

MKR Cleanwater desarrolla y fabrica evaporadores térmicos al vacío (serie DV) y evaporadores eléctricos MVR para digestato y purín. La evaporación de digestato empezó en 2009 con una planta de ensayo; desde 2013 nuestros evaporadores funcionan en plantas en operación. Detrás está la experiencia de MKR Metzger, que construye evaporadores industriales desde 1997, en decenas de proyectos de taladrinas, galvanotecnia, fundición inyectada y separación agua-aceite.

Hasta hoy hemos realizado 20 proyectos de biogás. Las siete plantas de este dossier cubren sustratos, tipos de planta y modelos de evaporador muy distintos, desde la primera generación (serie RT) hasta las series DV y MVR actuales. Todas están en operación diaria.

Planta	Evaporador	Medio	En operación desde
Residuos alimentarios, Suiza	DV4000, 4 etapas	Residuos alimentarios y agroalimentarios, contenido ruminal, purín porcino	2020
Residuos alimentarios, oeste de Alemania	2 líneas DV, 3 etapas	Residuos alimentarios y de cocina, lodos de flotación, separadores de grasa	2019 (línea 1), 2020 (línea 2)
Sustituto de la turba, Alemania	MVR15, eléctrico	Líquido de lavado de fibras separadas del digestato	2025
Biogás agrícola, Alemania	DV1000, 3 etapas	Fracción líquida, sobre todo de purín y estiércol sólido	2021
Residuos alimentarios, República Checa	DV4000, 4 etapas	Alimentos desenvasados, lodos de flotación, residuos de cocina, pan, piensos para mascotas	2026
Dos plantas de biogás, norte de Baviera	2 × DV1000, 3 etapas	Digestato de residuos alimentarios y de cultivos energéticos con purín porcino	2017 (línea 1), 2018 (línea 2)
Granja avícola, noroeste de Alemania	RT400	Digestato de cultivos energéticos con gallinaza	2015

Visitas con poca antelación

Todas las plantas de este dossier se pueden visitar con poca antelación. Organizamos la visita con el operador: verá el evaporador en operación diaria y hablará con las personas que lo manejan.

Alimentación por planta hoy

De 20.000 a más de 150.000 m³ al año

Líneas y módulos funcionan en paralelo: una planta mayor lleva más líneas.

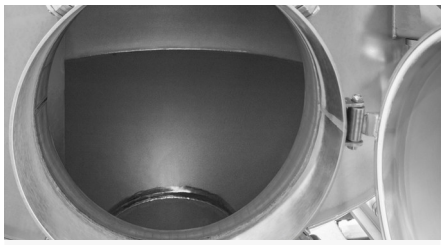


Módulos DV4000 de camino a la República Checa, septiembre de 2025.

Nuestros evaporadores se fabrican y premontan en Monheim (Baviera) y salen del taller en módulos: etapas de evaporación con lavador ácido de vapores, módulo de calentamiento, módulo de refrigeración y estación de vacío.

En la planta, los módulos se colocan y se conectan; el montaje dura unas cuatro semanas. Después siguen la puesta en marcha y la formación del personal de operación.

Nuestras diferencias, sus ventajas



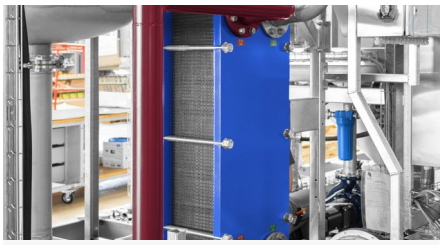
Sin cepillos en el digestato

Sin cepillos ni rascadores en las superficies de calentamiento: nada se desgasta en los intercambiadores. **Nada que sustituir ahí y ninguna parada por ello.**



Limpieza CIP automática

Ciclos de limpieza ácida y alcalina automáticos, en nuestras plantas de referencia cada semana o cada 240 horas de funcionamiento. **Las superficies limpias mantienen el rendimiento, sin trabajo para su personal.**



Vapor a baja temperatura

La etapa 1 se calienta con vapor de 65 a 68 °C, no directamente con agua caliente de cogeneración. Al vacío, el digestato hierve de 45 a 65 °C. **Mucho menos ensuciamiento.**



Más destilado por kWh de calor

Hasta cuatro etapas aprovechan el mismo calor varias veces: valor de diseño 4,3 l de destilado por kWh térmico, de 4,5 a 4,7 l/kWh medidos a plena carga. **Más destilado con menos energía.**



Lavador robusto frente a la corrosión

Lavador ácido de vapores con piezas de plástico (DV) o en superdúplex (MVR). El nitrógeno se recupera del vapor, sin añadir ácido al digestato. **Construido para una larga vida útil.**



Probado con residuos y digestato agrícola

Plantas de referencia con digestato de residuos alimentarios y de otros residuos y con digestato agrícola de purín y estiércol. **Puede visitar una planta con un medio parecido al suyo antes de decidir.**



Ensayo con su propio digestato

Ensayo de laboratorio, ensayo en nuestro centro de pruebas o nuestra planta piloto MVR en sus instalaciones. **Verá datos medidos antes de invertir.**



MVR eléctrico en operación

Totalmente eléctrico, 22,5 l de destilado por kWh eléctrico para toda la planta, con los mismos componentes principales que nuestros evaporadores DV. **Evaporación para plantas sin calor residual.**



Fabricación propia

Intercambiadores de calor, skids premontados y control, fabricados en nuestro taller de Monheim. **El intercambiador de evaporación de la imagen lleva más de 20 años en uso industrial.**

ENSAYOS Y APOYO

De su muestra a una planta que funciona

Reduce. Recover. Reuse.

1 Ensayo de laboratorio

Evaporamos aprox. 2 l de su digestato en nuestro laboratorio. El ensayo muestra qué factor de concentración es alcanzable y si el cloruro, la viscosidad o el ensuciamiento lo limitan.

2 Ensayo en el centro de pruebas

Hasta 4 m^3 de su medio en nuestro centro de pruebas, en aprox. una semana. Datos para el diseño de su planta.

3 Planta piloto en sus instalaciones

Planta piloto MVR de 80 a 100 l/h, en alquiler al menos 4 semanas, manejada por su personal formado en condiciones reales.

4 Ensayo DV a gran escala

Los medios que necesitan un evaporador DV no pueden ir a la planta piloto MVR. Bajo pedido, ensayamos su medio en una planta DV existente.

50 %

Al pedir la planta, le descontamos el 50 % de los costes de los ensayos. Cada paso le da datos medidos antes de decidir el siguiente.



Laboratorio y práctica coinciden

Antes de construir nuestra planta de referencia del oeste de Alemania, en 2018 evaporamos su digestato en nuestro laboratorio hasta un factor de 1:2,5. Desde la puesta en marcha de la primera línea en abril de 2019, la planta alcanza en operación aproximadamente 1:3. El ensayo de laboratorio estaba del lado seguro.

También decimos que no: en varios ensayos de laboratorio desaconsejamos la evaporación o limitamos el factor de concentración.

DEL PEDIDO A LA OPERACIÓN

Módulos premontados

Entrega en aprox. 7 a 9 meses franco fábrica (EXW), montaje en aprox. 4 semanas, puesta en marcha en 1 a 3 semanas. Un montaje corto altera poco la rutina de su planta.

Formación en su idioma

Su personal de operación recibe formación in situ con documentación comprensible en su propio idioma, incluidas las instrucciones de seguridad.

Supervisión remota

Acceso remoto al control y evaluación de los datos de operación tras la puesta en marcha. Vemos los mismos datos que su personal y le apoyamos sin desplazarnos.

Nitrógeno y destilado

Solución de sulfato amónico (ASL), pH de 5,5 a 6,5; solución amoniacal como opción, en desarrollo. N-NH4 en el destilado: se espera por debajo de 30 mg/l.

REFERENCIA 01

Residuos alimentarios, Suiza

Planta de biogás con DV4000 de 4 etapas y calor residual de cogeneración, en operación desde 2020



Visita con Michael Köhnlechner en el evaporador DV, 2024.

4,5 a 4,7 l/kWh

de destilado por kWh de calor a plena carga de 350 a 370 kW, 2026 (valor de diseño 4,3 l/kWh)

unas 30.000 t

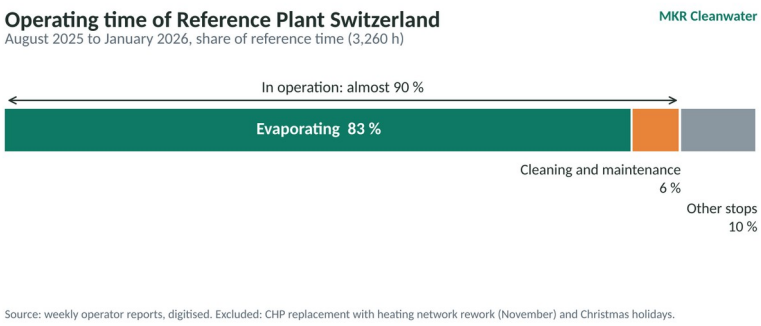
de residuos alimentarios y agroalimentarios al año en la planta de biogás

unos 40 m^3

de destilado en un día completo de operación con unos 350 kW de calor

Además de residuos alimentarios y agroalimentarios, la planta de biogás digiere contenido ruminal de matadero y purín porcino. El evaporador funciona sin personal de noche y los fines de semana; los fallos se avisan al servicio de guardia.

Sustituyó a una unidad de ósmosis inversa (OI) que no funcionaba con este medio.



Cómo leer este gráfico

La barra es todo el periodo de referencia, agosto de 2025 a enero de 2026, 3.260 h.

Verde: evaporando. Naranja: limpieza y mantenimiento planificados. Gris: resto.

Qué significa: verde y naranja suman casi el 90 % del tiempo en operación, también de noche y en fin de semana.

La planta en resumen

Máquina: DV4000, 4 etapas, con lavador ácido de vapores para ASL

Fuente de calor: calor residual de cogeneración, 350 a 370 kW a plena carga

Medio: fracción líquida del digestato

Más datos: mkr-cleanwater.com/es/datos-de-operacion

Destilado: se reutiliza como agua de proceso en la línea de desenvasado

Concentrado y ASL: los recoge un proveedor de servicios para fabricar fertilizantes

Limpieza: CIP semanal

REFERENCIA 02

Residuos alimentarios, oeste de Alemania

Planta de biogás con dos líneas DV de 3 etapas y lavador para ASL, línea 1 desde 2019, línea 2 desde 2020



La nave del evaporador. Foto: operador.

El operador empezó con una línea en abril de 2019 y pidió la segunda cuando la primera demostró su eficacia.

El personal de la planta de biogás atiende los evaporadores junto con sus demás tareas. En la temporada de evaporación 2023/24, más de la mitad del destilado se produjo de noche y los fines de semana, sin nadie en la planta.

Si falta calor un momento, la línea pasa a modo de espera y continúa en cuanto vuelve el calor, así que el evaporador se adapta a una operación flexible de la cogeneración.

unos 80 m³

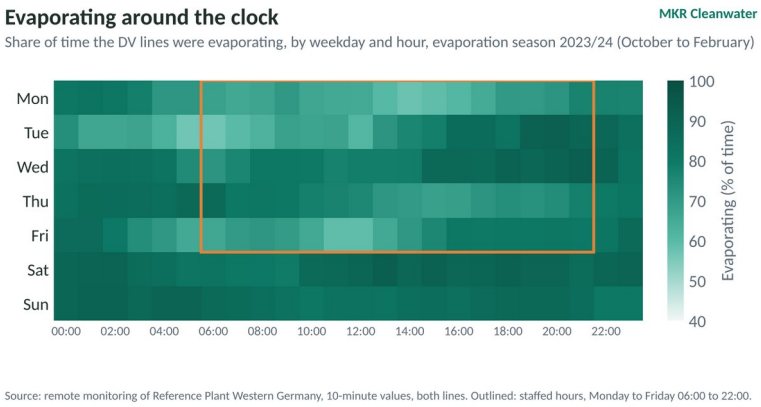
de destilado al día con ambas líneas a plena carga, unos 40 m³ por línea

al menos 88 %

de disponibilidad técnica según VDI 3423 en ambas temporadas, 2023/24 al menos 95 %

unos dos tercios

menos volumen que almacenar y aplicar: unos 3 m³ de digestato dan 1 m³ de concentrado



Cómo leer este gráfico

Cada celda es una hora de la semana, de lunes a domingo, de 0 a 24 h, temporada 2023/24, de octubre a febrero.

Cuanto más oscura, mayor es la parte de esa hora en la que las líneas evaporaban.

El marco señala las horas con personal, de lunes a viernes de 06:00 a 22:00.

Qué significa: fuera del marco, sin nadie en la planta, las líneas evaporaron el 83 % del tiempo.

La planta en resumen

Máquina: 2 líneas DV, 3 etapas, con lavador ácido de vapores para ASL

Fuente de calor: calor de cogeneración

Medio: digestato de residuos alimentarios y de cocina, lodos de flotación y residuos de separadores de grasa

Más datos: mkr-cleanwater.com/es/datos-de-operacion

Personal: en planta de lunes a viernes en dos turnos

Limpieza: CIP cada 240 horas de funcionamiento, aprox. cada dos semanas

Repuestos: stock de repuestos en la planta

Disponibilidad: cada minuto con alarma general activa cuenta como parada, incluso por falta de calor. 2024/25 fue menor por haber menos calor disponible.

REFERENCIA 03

Sustituto de la turba, Alemania

MVR15 eléctrico para el líquido de lavado de fibras de digestato, en operación desde 2025





El MVR15 en la nave de la planta (izquierda) y una vista del interior (derecha), 2026.

Las fibras de digestato separadas en la prensa de tornillo se lavan y se acondicionan como sustituto de la turba. Un MVR15 eléctrico evapora el líquido de lavado, parecido a un digestato o purín diluido. El destilado vuelve al circuito de lavado; el concentrado retiene los nutrientes y los sólidos, de modo que el circuito queda cerrado.

El MVR sustituyó a un concepto de ultrafiltración y ósmosis inversa que no funcionaba con este medio y acortó la cadena de proceso. Si su planta no tiene calor residual, aquí verá un evaporador MVR en operación diaria.

REFERENCIA 04

Planta de biogás agrícola, Alemania

DV1000 de 3 etapas para vertido líquido cero (ZLD) en una corriente parcial, desde principios de 2021



El DV1000 en la planta de biogás agrícola.

En una planta de biogás agrícola alimentada sobre todo con purín y estiércol sólido, un DV1000 de 3 etapas evapora la fracción líquida separada. La ASL se recupera como fertilizante mineral y el concentrado se seca junto con los sólidos, de modo que esta corriente parcial no deja ningún líquido.

aprox. 180 kW	3,4 a 3,7 l/kWh	5.000 m³/a
de demanda de calor	de destilado por kWh de calor	menos volumen que almacenar al año

Ambas plantas en nuestra web: mkr-cleanwater.com/es/referencias

REFERENCIA 05

Residuos alimentarios, República Checa

Planta de biogás con DV4000 de 4 etapas y calor residual de cogeneración, puesta en marcha en 2026





Etapa de evaporación con lavador ácido de vapores (izquierda) y la línea del evaporador en la nueva nave (derecha).

La planta de biogás digiere sustratos mixtos: alimentos desenvasados, lodos de flotación, residuos de cocina, pan, piensos para mascotas y otros residuos alimentarios.

El DV4000 de 4 etapas se entregó en módulos premontados en septiembre de 2025 y se instaló en una nave nueva. El destilado se necesita en la planta, en la línea de desenvasado y para la mezcla de sustratos.

Vídeo: del montaje a la puesta en marcha

Evaporador térmico al vacío DV4000 4S en nuestro canal de YouTube.

youtube.com/watch?v=3CTrseZqNfA

La planta en resumen

Máquina: DV4000, 4 etapas, con lavador ácido de vapores para ASL

Fuente de calor: calor residual de cogeneración

Medio: fracción líquida del digestato

Destilado: se usa en la planta para el desenvasado y la mezcla de sustratos

Formación: in situ, con documentación comprensible en checo, incluidas las instrucciones de seguridad

Supervisión: remota, con evaluación de los datos de operación

Datos de operación: los primeros datos llegarán en 2027

REFERENCIA 06

Dos plantas de biogás, norte de Baviera

Dos líneas DV1000 de 3 etapas en un mismo emplazamiento, línea 1 desde 2017, línea 2 desde 2018



Línea 1, con el espacio reservado para la línea 2.

Dos líneas DV1000 en un mismo emplazamiento tratan el digestato de dos plantas de biogás: una funciona con residuos alimentarios, la otra es una planta clásica de cultivos energéticos con purín porcino.

El operador empezó con la línea 1 en 2017 y pidió la línea 2 cuando la primera demostró su eficacia; llegó en 2018. Ambas líneas están en operación.



Línea 2 durante el montaje, 2018.

La planta en resumen

Máquina: 2 × DV1000, 3 etapas, cada una con lavador ácido de vapores para ASL

Fuente de calor: calor residual de cogeneración de ambas plantas de biogás

Medio: digestato de residuos alimentarios y de cultivos energéticos con purín porcino

Valores de diseño por línea: 1.320 l/h de alimentación, hasta 660 l/h de destilado con 190 kW de calor

REFERENCIA 07

Granja avícola, noroeste de Alemania

RT400 con digestato de cultivos energéticos y gallinaza, en operación desde 2015



El RT400 en la sala de máquinas, 2015.

El RT400 evapora digestato de una planta de biogás de cultivos energéticos con gallinaza, calentado por la unidad de cogeneración.

Está en operación desde 2015 y pertenece a la primera generación de nuestros evaporadores.

La planta en resumen

Máquina: RT400, primera generación

Fuente de calor: unidad de cogeneración

Medio: digestato de cultivos energéticos con gallinaza

LO QUE APRENDIMOS

De la serie RT a las series DV y MVR actuales

Nuestra primera generación de evaporadores, la serie RT, mantenía limpias las superficies de calentamiento con cepillos.

Muchos de los primeros evaporadores del sector, no solo los nuestros, se construyeron para plantas de biogás de 5.000 a 10.000 m³ de digestato al año. A ese tamaño, el esfuerzo de operar un evaporador, desde la operación diaria y el mantenimiento hasta los repuestos, recae sobre un volumen pequeño. Donde además terminó la retribución de la ley alemana de renovables (EEG), varias plantas dejaron de evaporar o cerraron.



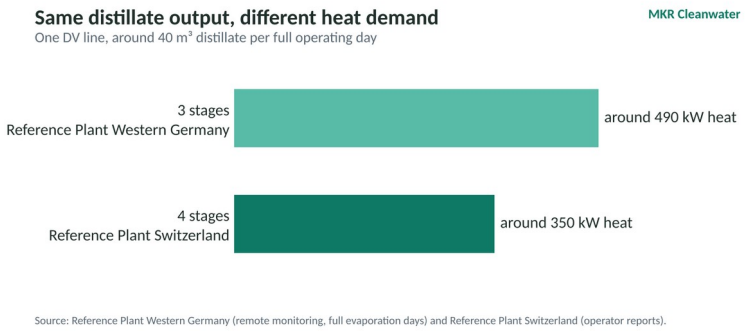
Unidades RT400 en fabricación, primera generación.

	Primera generación (serie RT)	Series DV y MVR actuales
Superficies de calentamiento	limpias gracias a cepillos	sin cepillos en el digestato, limpieza CIP automática
Tamaño típico de planta	5.000 a 10.000 m³ de digestato al año	20.000 a más de 150.000 m³ de digestato al año
Escalado	unidades pequeñas individuales	líneas y módulos en paralelo

Cómo funcionan las series DV y MVR actuales: mkr-cleanwater.com/es/tecnologia

Datos de operación y evidencias

Desde 2013 hemos documentado decenas de ensayos de evaporación en laboratorio para más de 30 clientes de ocho países, con digestato de residuos alimentarios y de otros residuos, digestato de cultivos energéticos, purín, digestato con gallinaza y concentrado de ósmosis inversa. Además, hay 504 muestras de 19 plantas en operación con 2.514 valores medidos de destilado y solución de sulfato amónico.

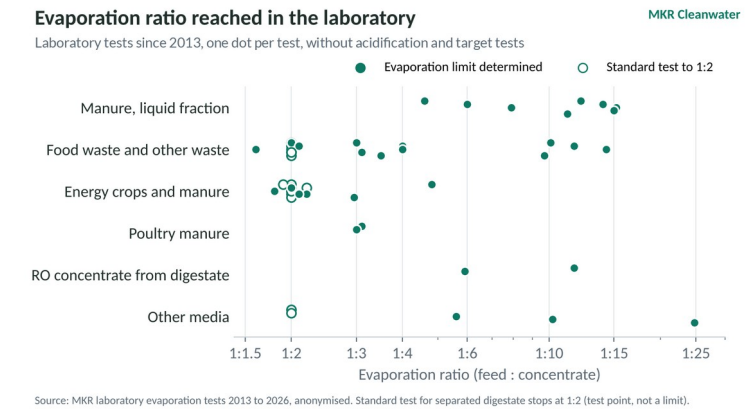


Cómo leer este gráfico

Las dos barras muestran una línea DV que produce unos 40 m³ de destilado por día completo de operación.

La longitud es el calor que necesita: unos 490 kW con 3 etapas, unos 350 kW con 4 etapas.

Qué significa: el número de etapas depende del calor de su planta. Más etapas aprovechan mejor poco calor.

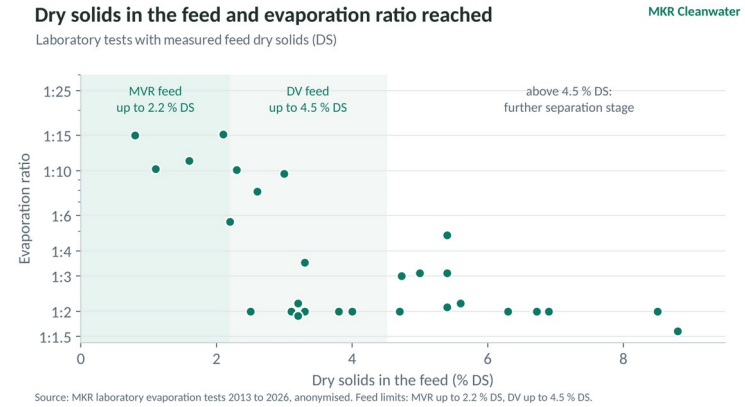


Cómo leer este gráfico

Un punto por ensayo de laboratorio, por medio. 1:3: 3 m³ de alimentación dan 1 m³ de concentrado.

Puntos llenos: se alcanzó el límite. Vacíos: ensayo estándar parado en 1:2, no es un límite.

Qué significa: fracciones líquidas diluidas, 1:10 a 1:15; digestato de residuos alimentarios, 1:3 a 1:4 en ensayos ampliados.



Cómo leer este gráfico

Un punto por ensayo de laboratorio: materia seca en la alimentación frente al factor de concentración alcanzado.

Las zonas sombreadas son los límites de alimentación: MVR hasta 2,2 % de MS, DV hasta 4,5 % de MS.

Qué significa: por encima de 4,5 % de MS hace falta otra etapa de separación. El ensayo de laboratorio lo muestra antes de invertir.

Habrá más datos. Estamos ampliando el registro de datos en nuestras plantas de referencia. Publicaremos más datos de operación en nuestra web a partir de principios de 2027.

Todos los datos medidos, con periodo y base de datos: mkr-cleanwater.com/es/datos-de-operacion

Preguntas antes de un proyecto

No tenemos cogeneración ni calor residual. ¿Funciona igualmente la evaporación?

Sí. El evaporador MVR funciona solo con electricidad, 22,5 l de destilado por kWh eléctrico para toda la planta (Referencia 03, página 7). Desde 2026, el DV también existe con bomba de calor. Vemos cuál encaja.

¿Cuáles son los costes de operación?

Desde 5,50 €/m³ de alimentación con un evaporador DV y desde 8 €/m³ con un evaporador MVR. La cifra depende sobre todo de sus precios de energía, y del medio, la materia seca y el amonio; la calculamos para su proyecto. No incluye la inversión. Compárelo con lo que hoy le cuesta un m³ en almacenar, transportar y aplicar.

¿Adónde van el concentrado y la solución de sulfato amónico?

El concentrado conserva fósforo, potasio y materia orgánica en menos volumen: menos transportes. La ASL es un fertilizante nitrogenado mineral, pH de 5,5 a 6,5; si el nitrógeno procede de estiércol, puede cumplir los criterios RENURE. En Suiza, un proveedor de servicios recoge ambos para fabricar fertilizantes.

¿Podemos verter el destilado?

N-NH4 en el destilado: se espera por debajo de 30 mg/l. Se reutiliza como agua de proceso o de dilución; verterlo exige un tratamiento posterior adaptado a cada planta.

¿Cuánta dedicación de personal requiere?

En el oeste de Alemania, el personal de la planta atiende los evaporadores junto con sus demás tareas; las líneas funcionan sin personal de noche y los fines de semana. Los fallos se notifican automáticamente y la limpieza (CIP) también es automática.

Nuestra planta es mucho mayor que sus referencias.

Líneas y módulos funcionan en paralelo: unidades DV de 180 a 600 kW de calor, módulos MVR de hasta 4 m³/h cada uno. Plantas de 20.000 a más de 150.000 m³ de alimentación al año llevan más unidades iguales.

¿Por qué algunos de los primeros evaporadores ya no funcionan?

Plantas pequeñas, mucho esfuerzo por m³ y fin de la retribución EEG, véase la página 10. Las series DV y MVR actuales funcionan sin cepillos y se limpian solas.

¿Quién nos apoya en nuestro país?

Trabajamos con socios locales en nuestros mercados. Su personal de operación recibe formación in situ en su idioma y, tras la puesta en marcha, supervisamos la planta a distancia y evaluamos sus datos.

¿Podemos ver una planta antes de decidir?

Sí. Todas las plantas de este dossier se pueden visitar con poca antelación. Organizamos la visita con el operador: verá el evaporador funcionar y hablará con quienes lo manejan.

CONTACTO

Analicemos su planta

Cuatro valores bastan para una primera valoración:

1 Medio y volumen anual

Qué se va a evaporar, p. ej. la fracción líquida tras la separación, y cuánto al año en m^3.

2 Materia seca de la fracción líquida

En %, idealmente de un análisis reciente.

3 Nitrógeno amoniacal

N-NH4 en kg/m^3 o mg/l. Determina cuánto nitrógeno acaba en el producto nitrogenado.

4 Calor disponible

Calor residual en kW y su temperatura en °C. Sin calor residual: MVR, o DV con bomba de calor.

En nuestra web y en YouTube

mkr-cleanwater.com/es/referencias todas las plantas de referencia

mkr-cleanwater.com/es/datos-de-operacion datos de operación medidos

youtube.com/watch?v=3CTrseZqNfA vídeo: DV4000 del montaje a la puesta en marcha

Le invitamos a una visita.

Una planta de referencia o una ruta de visitas: llámenos y lo organizamos con los operadores.



Su contacto

Michael Köhnlechner

Propietario y director general, ingeniero (Dipl.-Ing. FH) en Biotecnología

Teléfono +49 (0) 9091 50 00 0

m.koehnlechner@mkr-cleanwater.de

MKR Cleanwater GmbH, Rappenfeldstr. 4, 86653 Monheim, Alemania

Nos vemos en la planta,