

Datos de operación verificados

Dos plantas de referencia con evaporadores al vacío DV y al menos 54 evaporaciones de prueba en laboratorio desde 2013



Reduce.
Recover.
Reuse.

Cómo calculamos. Separamos los valores medidos de los valores de diseño. Cada afirmación indica el periodo, la base de los datos y la magnitud de referencia. Calculamos de forma conservadora: lo que no podemos asignar con claridad cuenta en nuestra contra. Las excepciones se indican expresamente. Solo indicamos la disponibilidad técnica según la definición de VDI 3423.

Plantas de referencia	Planta de referencia Oeste de Alemania	Planta de referencia Suiza
Medio	Digestato de residuos alimentarios, residuos de cocina de restaurantes, lodos de flotación y contenido de separadores de grasas	Como Oeste de Alemania, más contenido ruminal de matadero
Evaporador	2 líneas DV, de tres etapas cada una	1 DV4000, de cuatro etapas
Fuente de calor	Cogeneración	Cogeneración
Puesta en marcha	Línea 1 abril de 2019, línea 2 2020	2020
Base de datos	Supervisión remota, 07/2023 a 08/2025	Informes del operador 08/2025 a 01/2026, datos diarios 06/2026 a 10/2026

Antes de la inversión

K-00 Desde 2013 hemos documentado al menos 54 evaporaciones de prueba en laboratorio para más de 30 clientes en ocho países, con digestato de residuos alimentarios y otros residuos, digestato de cultivos energéticos, purín, digestato de gallinaza y concentrado de ósmosis inversa. A ello se suman 504 muestras de 19 plantas en operación con 2.514 valores medidos de destilado y de solución de sulfato de amonio.

K-01 Con 2 litros de su muestra, una evaporación de prueba en laboratorio indica, antes de invertir, qué factor de concentración permite su medio, qué material necesita el evaporador y si la separación previa es suficiente.

K-02 Las fracciones líquidas diluidas, como el filtrado tras floculación o la fracción líquida del purín porcino, alcanzaron de 1:10 a 1:15 en las pruebas de laboratorio. Con digestato separado, nuestra prueba estándar se detiene en 1:2; es el final de la prueba, no el límite. En pruebas ampliadas con digestato de residuos alimentarios se alcanzó de 1:3 a 1:4.

K-03 También decimos que no: en varias pruebas de laboratorio desaconsejamos la evaporación o limitamos el factor de concentración.

Tecnología

K-10 Los evaporadores DV y MVR comparten los mismos componentes principales: intercambiadores de calor de película descendente con circulación forzada, el mismo concepto de control y el mismo principio de lavador de vahos. Se diferencian en cómo se aporta la energía y en la temperatura de operación. Por ello, una prueba de laboratorio muestra cómo se comporta su medio en el evaporador y durante la limpieza, para ambos diseños. Para fracciones líquidas diluidas de hasta el 2,2 % de MS, la unidad de pruebas MVR añade la operación continua en sus instalaciones.

K-13 En la Planta de referencia Oeste de Alemania, las tres etapas de las líneas DV evaporan al vacío a entre unos 50 y 63 °C. A estas temperaturas se forman muchas menos incrustaciones en los intercambiadores de calor. Por eso el DV puede tratar también digestato con mayor proporción de materia orgánica y de materia seca, hasta el 4,5 % de MS en la alimentación.

K-04 La prueba de laboratorio también comprueba la cadena de proceso previa. Si muestra que hace falta una segunda etapa de separación después de la primera, se sabe antes de la inversión y no durante la operación.

K-05 Lo que determina el tipo de evaporador y el material es el contenido de cloruro del concentrado. Equivale al cloruro de la alimentación multiplicado por el factor de concentración: 1.000 mg/l en la alimentación se convierten en 10.000 mg/l calculados en el concentrado a 1:10. En el evaporador al vacío (DV) concentramos digestato a menor temperatura hasta 15.000 mg/l de cloruro en el concentrado, en el rango neutro a alcalino; esto está probado en operación. Por encima de 15.000 y por debajo de 30.000 mg/l utilizamos evaporadores MVR de materiales de alta resistencia a la corrosión y mantenemos el pH del concentrado en 8 o más. Qué evaporador y qué material son adecuados en cada caso se decide por proyecto, a partir de la prueba de laboratorio.

K-15 Antes de construir la Planta de referencia Oeste de Alemania, en 2018 evaporamos su digestato en nuestro laboratorio hasta 1:2,5. Desde la puesta en marcha de la primera línea en abril de 2019, la planta alcanza en operación aproximadamente 1:3. La prueba de laboratorio estaba, por tanto, del lado seguro.

K-06 Para verter el destilado a aguas superficiales, el postratamiento posterior al evaporador se ajusta a la autorización de vertido. Dos plantas en operación con autorización (DQO 200 mg/l, DBO5 40 mg/l, N-NH4 10 mg/l) utilizan un postratamiento biológico. En la primera, la DQO de las muestras de laboratorio de 2015 a 2019 tuvo una mediana de 32 mg/l y estuvo por debajo del límite en 67 de 68 muestras; el N-NH4 estuvo por debajo de 10 mg/l en 59 de 69 muestras. En la segunda, el N-NH4 estuvo por debajo de 10 mg/l en las 19 muestras de laboratorio de 2014 a 2016, con una mediana de 0,95 mg/l. El nitrógeno es el parámetro para el que los análisis continuos muestran con más frecuencia que hace falta un reajuste.

En operación

K-07 Los datos de supervisión remota de la Planta de referencia Oeste de Alemania, que tiene dos líneas DV, ambas evaporadores al vacío multietapa, muestran una disponibilidad técnica según VDI 3423 de al menos el 95 % en la temporada de evaporación 2023/24 (de octubre a febrero) y de al menos el 88 % en la temporada 2024/25. El cálculo es conservador: cada minuto con una señal de fallo general activa cuenta como parada, aunque la causa estuviera fuera de la planta, por ejemplo por falta de calor.

K-16 De agosto de 2025 a enero de 2026, la Planta de referencia Suiza, de cuatro etapas, estuvo en operación casi el 90 % del tiempo. Dentro de ese tiempo de operación estuvo evaporando el 93 % del tiempo; el resto correspondió a limpieza y mantenimiento. Solo se excluyen la sustitución de la unidad de cogeneración con la remodelación de la red de calor en noviembre y los días de Navidad.

K-17 Los datos diarios de operación de la Planta de referencia Suiza en 51 días de operación completos (del 26 de junio al 3 de octubre de 2026, cada uno de 08:00 a 08:00) muestran que el evaporador estuvo evaporando el 82 % del tiempo total. La limpieza supuso el 4 %, el arranque y la parada el 2 %, y la espera y otras paradas el 12 %.

K-08 Misma producción de destilado por línea, dos diseños distintos: una línea DV de tres etapas en la Planta de referencia Oeste de Alemania y el DV4000 de cuatro etapas en la Planta de referencia Suiza producen cada uno unos 40 m³ de destilado en un día completo de operación. La planta de cuatro etapas necesita para ello unos 350 kW de calor; la línea de tres etapas, unos 490 kW. La Planta de referencia Oeste de Alemania opera dos líneas en paralelo y alcanza unos 80 m³ de destilado los días en que ambas funcionan a plena carga. El número de etapas depende de cuánto calor hay disponible in situ.

K-18 A plena carga, con 350 a 370 kW de calor, el evaporador de cuatro etapas de la Planta de referencia Suiza produjo en 2026 de 4,5 a 4,7 litros de destilado por kWh de calor (valor de diseño 4,3 l/kWh).

K-09 Las dos líneas DV de la Planta de referencia Oeste de Alemania, que tratan digestato de residuos alimentarios, se limpian químicamente (CIP) cada 240 horas de operación, lo que en la práctica supone aproximadamente cada dos semanas. Un ciclo de limpieza, incluido el enjuague, dura unas 9 horas; durante la temporada de evaporación, la limpieza supone por tanto alrededor del 2,5 % del tiempo. La frecuencia de limpieza depende del medio y de la experiencia de operación: la Planta de referencia Suiza, que también trata digestato de residuos alimentarios, limpia semanalmente.

K-11 En la Planta de referencia Oeste de Alemania, que trata digestato de residuos alimentarios, el personal de la planta de biogás está presente de lunes a viernes en dos turnos y 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 en fines de semana, sin nadie en la planta. En esas horas, las líneas estuvieron evaporando el 83 % del tiempo.

K-12 Si falta calor brevemente, una línea DV pasa a modo de espera durante un tiempo ajustable, normalmente de 60 a 90 minutos, y continúa evaporando en cuanto vuelve el calor. Si no llega calor, la planta se detiene automáticamente. Tras pausas de hasta ocho horas, una línea de la Planta de referencia Oeste de Alemania vuelve a evaporar de media al cabo de unos 70 minutos y alcanza el 90 % de su rendimiento al cabo de unos 80 minutos. Así, el evaporador puede seguir un programa de operación flexible de la cogeneración.

K-14 En la Planta de referencia Oeste de Alemania, que trata digestato de residuos alimentarios, las líneas DV reducen en unos dos tercios el volumen que hay que almacenar y aplicar al terreno: unos 3 m³ de digestato se convierten en aproximadamente 1 m³ de concentrado. El resto sale de la planta como destilado y como solución de sulfato de amonio (ASL).

