

[Home](#) ■ [HUBER Report](#) ■ [Industry](#) ■[Depuración de aguas residuales en la industria láctea – Elaboración de soluciones personalizadas para el vertido directo e indirecto](#)

## Depuración de aguas residuales en la industria láctea – Elaboración de soluciones personalizadas para el vertido directo e indirecto

- tomando como ejemplo la fábrica lechera Milchwerk Jäger -

### 1. Definición del problema

La fábrica lechera Milchwerk Jäger GmbH es la lechería privada más antigua de Alemania y regenta una empresa de transformación de leche en su sede de Haag, situada en la Alta Baviera (suroeste de Múnich). La zona de recogida de leche llega hasta Austria y se producen, sobre todo, tipos de queso italiano y mantequilla para la exportación.

El agua residual resultante de la producción se debe, en primer lugar, al procesamiento clásico de la leche (muy grasa), así como a los condensados de vapor y permeados del secado de la leche en polvo. Hasta ahora, toda el agua residual se vertía indirectamente al sistema de canalización público y se trataba junto con el agua residual del mercado Haag en la planta pública local de tratamiento de aguas residuales. Debido a la creciente producción y a la gran carga de trabajo de la planta de tratamiento de aguas residuales, al final ya no estaba en condiciones de cumplir de forma permanente y fiable los límites de desagüe derivados de su tamaño. Por este motivo, se debatió ampliar la planta pública de tratamiento de aguas residuales, con una generosa aportación económica de la fábrica lechera Milchwerk Jäger GmbH, o realizar una depuración propia, completa o parcial, de las aguas residuales. Estas consideraciones concluyeron en el encargo de un análisis de variantes y una planificación preliminar a la oficina de proyectos que se encargaba ya del municipio. Debido a las características especiales que se dan en las aguas residuales de condensados de vapor y permeados de suero de leche, valores muy altos de nitrógeno, se acordó realizar primero una prueba piloto. Como consecuencia de la falta de espacio, la balanza se decantó por la biología de membranas.



Imagen 1: Instalación piloto de filtración por membrana BioMem® de HUBER para el análisis de los parámetros de diseño (la imagen no es de la fábrica lechera Jäger)

## 2. Prueba piloto previa de biología de membranas

A través de una planta piloto BioMem® de HUBER, se examinaron el agua residual, las propiedades de descomposición y la idoneidad general del proceso de tecnología de membrana activada por sedimentos para estas aguas residuales. El elemento central de esta instalación es la biología de membranas, una balsa combinada en la que se llevan a cabo casi simultáneamente la descomposición biológica de contaminantes y la filtración por membrana con módulos UF. Los ventiladores, las bombas y la instalación de control se asignan a estas cámaras para que toda la instalación pueda funcionar de forma totalmente automática. Gracias a los modos de funcionamiento inteligentes del sistema de alimentación, se pueden probar diferentes variantes de desnitrificación a través de la tecnología de la instalación. Todos los parámetros de funcionamiento se registran a través de la instalación de control, el laboratorio analítico perteneciente a la empresa examinó los parámetros químicos.

La instalación piloto se construyó a finales de 2015 y se operó tras una corta fase de adaptación hasta abril de 2016. Los resultados preliminares y los ajustes resultantes de la fase experimental se discutieron periódicamente con el explotador y el planificador.

Las aguas residuales se vertieron inicialmente en un pequeño tanque de reserva, ya que la posterior composición real de las aguas residuales podía simularse mejor en él. Además, todos los componentes de la instalación se aislaron y calentaron para evitar la congelación en invierno. Se instalaron muestreadores automáticos para obtener muestras compuestas cualificadas del tanque de reserva y del desagüe. Debido a los bajos valores de DQO en comparación con el nitrógeno, se mezcló suero residual en la afluencia para permitir la descomposición completa del nitrógeno en la fase de desnitrificación. Además, se realizó una dosificación regular de hidróxido de sodio para mantener los valores de pH en un rango neutro, un requisito básico para la descomposición biológica de contaminantes y la estructura estable del lodo en una biología de membranas.

### Descomposición de DQO

Las concentraciones de afluencia de DQO estaban entre 20 y 200 mg/l y eran, por un lado, muy fluctuantes, pero, por el otro lado, generalmente muy bajas para asegurar tanto el metabolismo basal de los microorganismos como la desnitrificación. Por lo tanto, se dosificó suero residual disponible con una DQO de aprox. 30.000 a 40.000 mg/l o semiconcentrado de suero de aprox. 60.000 a 80.000 mg/l como fuente externa de carbono. La concentración de DQO del desagüe de la instalación se mantenía, con pocas excepciones, estable por debajo de 10 mg/l, con lo que los límites de desagüe para el vertido directo o la infiltración se pudieron quedar notablemente por debajo.

### Descomposición de fosfatos

Las concentraciones de fosfato total se situaban entre 5 y 20 mg/l en la afluencia siendo las concentraciones del desagüe parcialmente superiores a las concentraciones de afluencia, lo que presumiblemente se debía al fosfato introducido a través del suero. Además, en el transcurso del funcionamiento de prueba, se formó la biocenosis correspondiente y se adaptó a las aguas residuales. Al final del funcionamiento de prueba, los valores de desagüe de fosfato total eran permanentemente inferiores a 1 mg/l. Sin embargo, en una instalación permanente tendría que preverse una precipitación simultánea y los requisitos válidos de valores de desagüe deberían poder cumplirse de manera fiable.

### Transformación y descomposición de nitrógeno

Poco después de empezar la fase de funcionamiento, se produjo una transformación segura de nitrógeno amoniacal a nitrógeno nítrico, es decir, que el nitrógeno amoniacal tóxico se disolvió por completo y se convirtió en nitrato (la llamada nitrificación). Para la descomposición del nitrógeno nítrico (la llamada desnitrificación) son necesarias condiciones anóxicas suficientes y la presencia de carbono. Esta descomposición no se produjo hasta adaptar todo el sistema y después de algún tiempo de funcionamiento. Los valores totales de nitrógeno eran entonces confiablemente inferiores a 10 mg/l y, por lo tanto, inferiores a los típicos requisitos de desagüe. Después de unos dos meses de fase de prueba, se pudo observar un deterioro en la descomposición del nitrógeno junto con la carencia de nitrógeno nítrico, lo cual se puede deber a que los tiempos de aireación fueron insuficientes y a una biología generalmente inestable.

### Conclusión de la prueba piloto

El planteamiento del problema consistía en verificar el funcionamiento de una biología de membranas con BioMem® de HUBER y comprobar las capacidades de reducción con respecto al transporte de nitrógeno en el tratamiento de suero de la fábrica lechera Milchwerk Jäger. En todos los parámetros fundamentales, se lograron obtener muy buenos valores de desagüe, en algunos casos, muy por debajo de los requisitos típicos para vertidos de estas dimensiones. Las fluctuaciones en las capacidades de descomposición estaban relacionadas, por un lado, con las fluctuaciones en la composición de las aguas residuales y, por otro lado, los fallos operacionales causaban fallos temporales en el funcionamiento (por ejemplo, suministro insuficiente de oxígeno). En una instalación de gran escala, tanto las concentraciones de afluencia fluctuantes como las fluctuaciones operativas deberían ser significativamente menores, pero para ello, como de costumbre, debería construirse una balsa de mezcla y de compensación suficientemente grande. Con ello, se obtiene una carga uniforme de limpieza biológica, así como valores de desagüe constantes y una alta estabilidad de funcionamiento.

Un control automatizado del valor de pH para el ajuste de un valor de pH óptimo también conllevará una mejora en la estabilidad general de funcionamiento. La dosificación de suero como fuente externa de carbono es necesaria para asegurar un suministro suficiente de microorganismos y, sobre todo, una desnitrificación suficiente.

Por lo general, los valores de desagüe logrados fueron muy buenos, con la excepción de unos pocos valores operacionales atípicos. Esto demostró que los condensados de vapor y los permeados se pueden tratar sin problemas con una biología de membranas, requiriendo tal variante menos espacio que el tratamiento convencional de aguas residuales.

## 3. Propuesta de solución

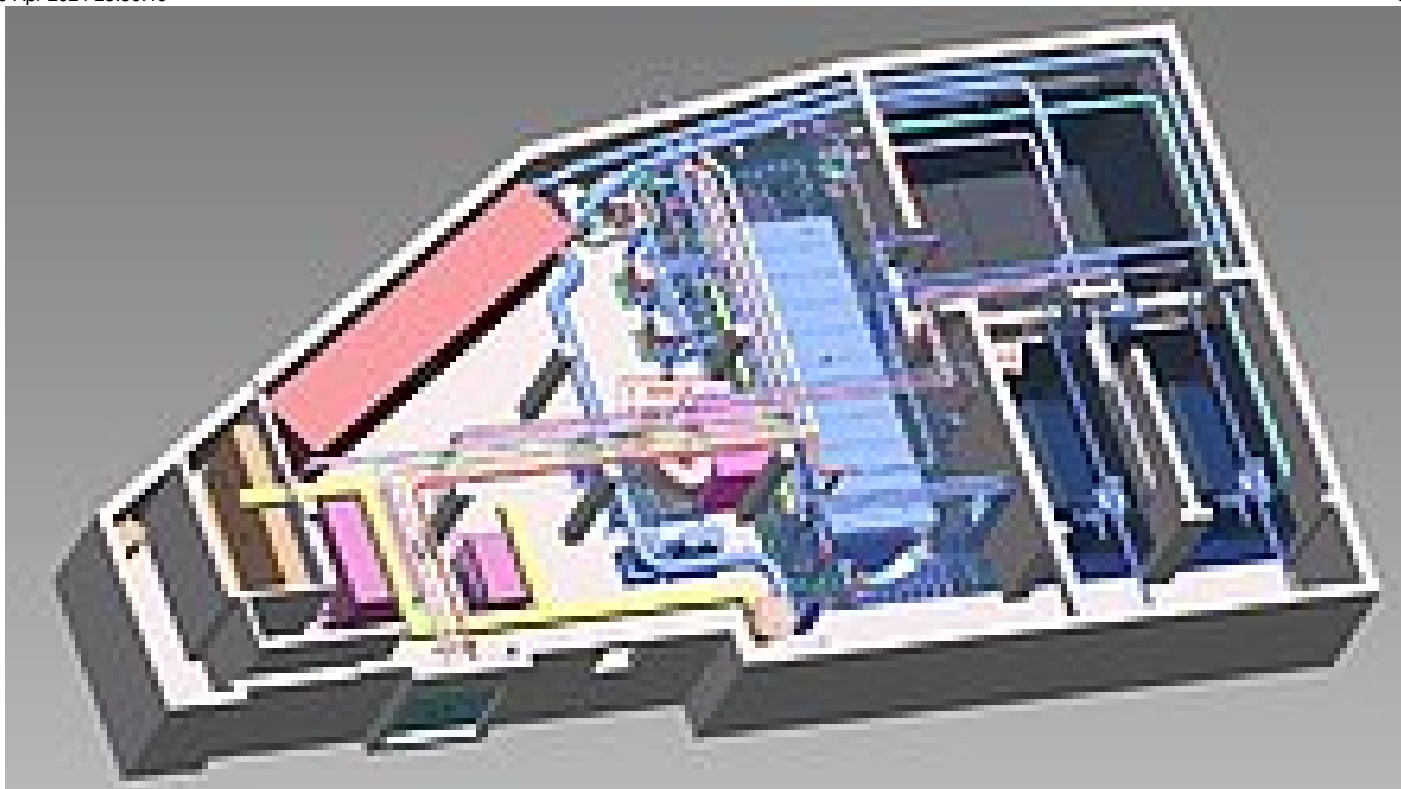


Imagen 2: Plano de conjunto de la depuración de aguas residuales de la fábrica lechera Milchwerk Jäger



Imagen 3: Flotación por aire disuelto HDF S 20 de HUBER



Imagen 4: Biología de membranas, una cámara de filtración con filtración por membrana VRM® 30/18 RF de HUBER



Imagen 5: Espesamiento del lodo flotante y el lodo excedente con el espesador de disco S-DISC de HUBER

A partir de los resultados de la prueba piloto previa y de la experiencia del estudio de ingeniería en aguas residuales provenientes de la industria de transformación de leche, a continuación, se empezó a poner en práctica el nuevo concepto de aguas residuales. Se tuvo

especialmente en cuenta el espacio extremadamente reducido de la fábrica lechera Milchwerk Jäger, así como los requisitos de desagüe acordados con el municipio.

No constituía una prioridad desentenderse por completo del vertido en el sistema de canalización y tratar individualmente e íntegramente el agua residual, sino que se elaboró un concepto de solución global de conformidad con el municipio y teniendo en consideración los requisitos de la planta pública de tratamiento de aguas residuales. Por ello, se limitaron a depurar por completo solo el agua residual mencionada arriba derivada de condensados de vapor y permeados de suero de leche y verterla directamente, mientras que el agua residual restante de la producción solo fue sometida a un tratamiento físico-químico y se condujo a la red pública de alcantarillado.

Este concepto tiene la ventaja de tratar por completo en las instalaciones de la empresa el agua residual rica en nitrógeno, tan crítica para la planta pública de tratamiento de aguas residuales, pero de seguir suministrando el agua residual de la producción, tan necesaria para la carga de trabajo de la planta de tratamiento de aguas residuales. Además, en caso de emergencia, existe la posibilidad de suministrar todo el agua residual a la red de alcantarillado.

#### 4. Concepto global e implementación

La fábrica lechera Milchwerk Jäger GmbH dispone de dos tipos de aguas residuales diferentes, para los que se han previsto diferentes conceptos de tratamiento. Por un lado, está la típica y clásica agua residual de la producción de queso, rica en grasa, sustancias sólidas y DQO que se acumula inicialmente en un recipiente de 165 m<sup>3</sup> de capacidad. Un agitador instalado se ocupa de la correcta mezcla y homogenización y, con ello, de una carga regular para el siguiente sistema de aguas residuales. Este está equipado con una flotación por aire disuelto HDF S 20 de HUBER. La flotación está precedida por el acondicionamiento de las aguas residuales con un floculador tubular, la dosificación y mezcla asociadas de precipitantes, floculantes, así como ácidos, lejía y antiespumantes, dependiendo de las características de las aguas residuales. La mezcla de aguas residuales/lodo pretratada de esta manera se mezcla con el retorno de agua depurada saturada de aire y sin fuerza en el proceso de flotación, fluyendo las finas burbujas de aire resultantes hacia arriba con los sólidos y creando, así, una alfombra de lodo preespesada en la superficie del contenedor. El agua residual prácticamente libre de sólidos fluye hacia la salida a través de las chapas guía de flujo. La alfombra de lodo se extrae mediante un sistema de evacuación de superficies y se conduce hasta el desagüe de lodo de la flotación. El lodo flotante se conduce hasta el depósito de lodo húmedo.

El segundo flujo de agua residual proviene de la condensación de los vapores de secado, así como del espesamiento y de la concentración de suero (los llamados permeados de suero de leche). Esta agua residual es relativamente baja en sólidos y DQO, pero presenta un alto contenido en nitrógeno proporcionalmente. Este nitrógeno, pero también el DQO contenido, se trata mediante una biología de membranas de dos vías suministrándose suero residual para garantizar una desnitrificación efectiva y debido al bajo contenido en DQO. A través de dos filtraciones por membrana VRM® 30/18 RF de HUBER, se extrae un máximo de 80 m<sup>3</sup>/h de agua residual depurada y se conduce hasta un pequeño cauce de desagüe. Para reducir la formación de sedimentos de las membranas UF, se las vuelve a enjuagar periódicamente con permeado de la segunda vía, de vez en cuando, añadiendo una cantidad dosificada de productos químicos de limpieza.

El lodo excedente se extrae de la biología y se introduce en el sistema mecánico de espesamiento de lodo. Para ello, se mezcla el lodo con polímero, se conduce hasta el espesador de disco S-DISC de HUBER, allí se espesa gravitatoriamente y se almacena temporalmente en el depósito de lodo húmedo para una recogida periódica.

Por motivos de espacio, toda la instalación se encuentra bajo tierra y, a día de hoy, está completamente sellada. En el techo de la sección de la instalación, se ha construido un aparcamiento para los empleados. Todo el aire de escape se guía a través de un filtro biológico para restringir al mínimo las molestias producidas por los olores a los vecinos más próximos.

La fábrica lechera Milchwerk Jäger ha implementado y automatizado toda la tecnología de control y el sistema de control del proceso de manera autónoma según su propio estándar. Para regular de forma óptima la adición de productos químicos a la flotación por aire disuelto, se instaló por primera vez un sistema de control relativo a la turbidez de la dosificación de los productos químicos. Con ello, debe adaptarse la utilización de productos químicos, a diferencia de una pura regulación de volumen, en función de las necesidades, a la situación real de afluencia.

En la biología, se emplea una sonda combinada de amonio/nitrato para controlar de forma óptima los tiempos de nitrificación y desnitrificación. Debido a la fuerte fluctuación de la composición de la afluencia, las fases se regulan en función de las necesidades.

La tecnología de la instalación se puso en su totalidad en funcionamiento en otoño del 2017, después del funcionamiento de rodaje y el funcionamiento de optimización correspondientes, la instalación funciona con regularidad desde mediados del 2018.

#### 5. Resultados de funcionamiento anteriores

En octubre del 2017 se puso en funcionamiento la flotación por aire disuelto HDF S de HUBER y, desde entonces, esta depura el agua residual de la producción antes de que se conduzca indirectamente hasta el sistema de canalización público. Las muestras diarias compuestas analizadas por el personal del laboratorio de la fábrica lechera han examinado y confirmado la reducción exigida del valor de DQO al 50 %.

Para evitar una sobredosificación innecesaria de precipitantes, se instaló por primera vez el nuevo [sistema DigitDose de HUBER](#), una dosificación de productos químicos relativa a la carga, y se calibró mediante una primera adaptación de tres semanas a las características de las aguas residuales. Esto es necesario ya que el agua residual procedente de distintas industrias siempre presenta diferentes condiciones de coloración, turbidez y conductividad y, por eso, siempre debe efectuarse una calibración adaptada a la instalación y aplicación.

En el caso de la fábrica lechera Milchwerk Jäger, la concentración de afluencia de DQO fluctúa entre 1500 mg/l y 8000 mg/l. Especialmente los valores altos se volvieron claros por primera vez gracias a estas mediciones y también llevaron a realizar ajustes en el proceso de producción. Debido al control de precipitantes, los típicos valores de consumo se redujeron aprox. un 10 % ya en la primera fase de funcionamiento. Además de la optimización del consumo de precipitantes, también se llevan a cabo otros ajustes en la

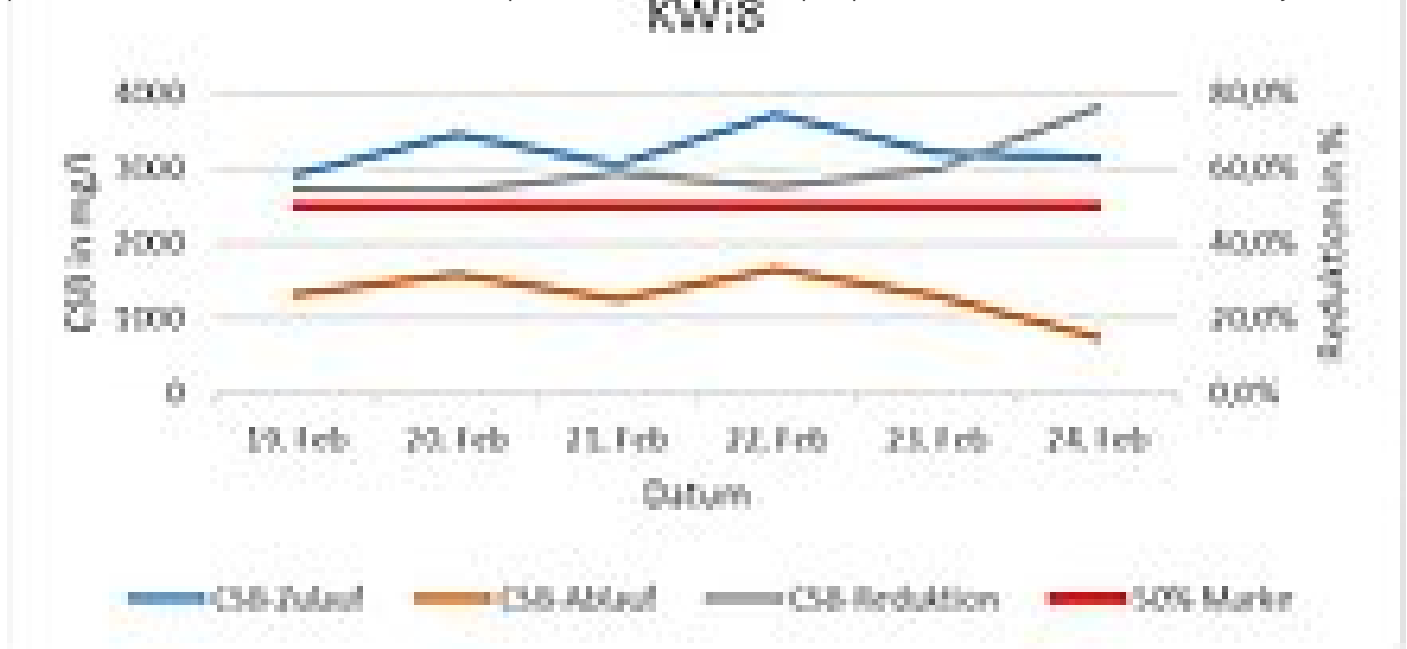


Imagen 6: Valores de afluencia y desague del agua residual de producción, a modo de ejemplo en KW 08/18

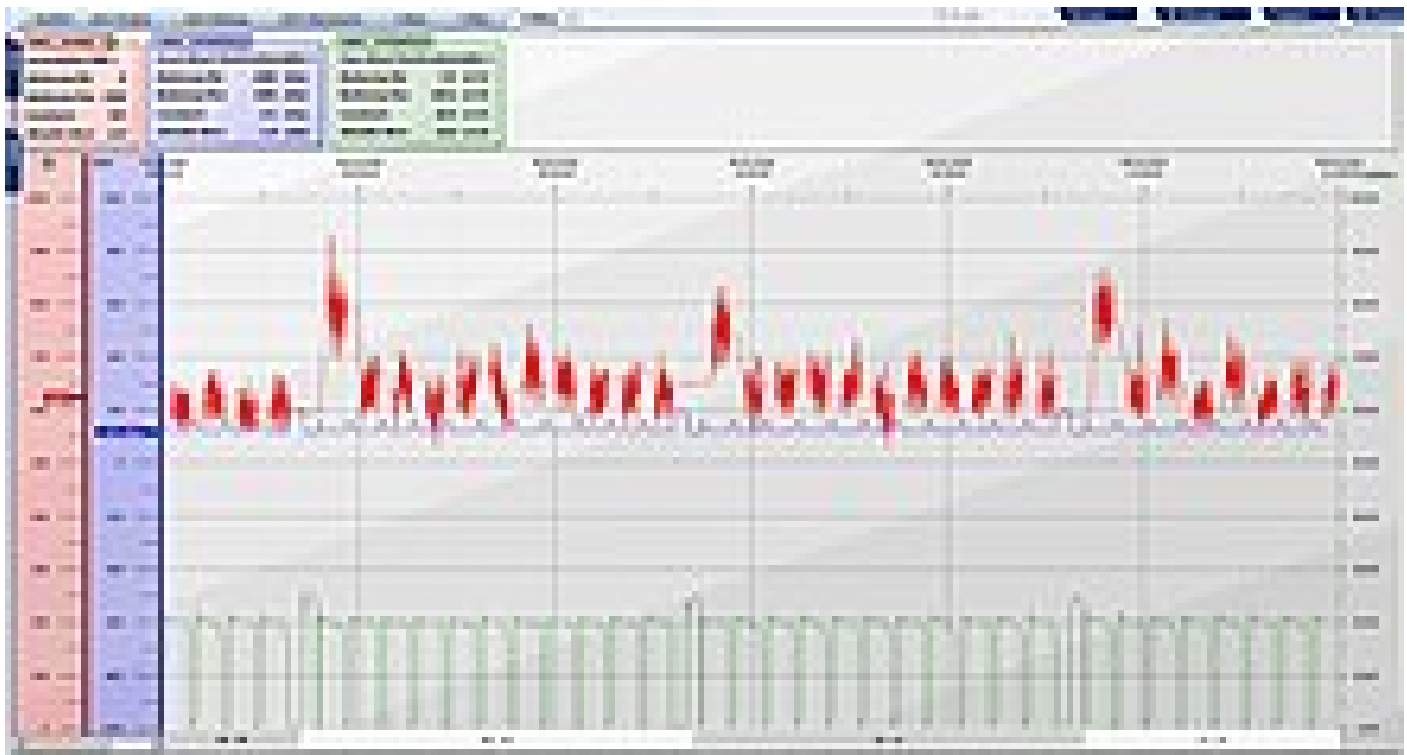


Imagen 7: Resumen del sistema de control del proceso, visualización de la filtración por membrana ; rojo: Desarrollo de la permeabilidad

flotación. Se aumenta, p. ej., el intervalo de evacuación del evacuador de lodo flotante, ya que el lodo flotante se espesa casi un 15 % TR ya en la máquina, lo que resulta problemático para el posterior transporte hasta el depósito de lodo flotante.

A finales del 2017 se puso en funcionamiento la biología de membranas para el tratamiento de los condensados de vapor y los permeados de suero de leche. También se concedió importancia a una gran automatización del control de la nitrificación, entre otros, empleándose una sonda de amonio-nitrato para el control de la nitrificación y de la desnitrificación. Aquí también se efectuó una optimización y adaptación de varios meses del modo de funcionamiento a las características reales de las aguas residuales. La imagen 7 muestra un pequeño resumen del sistema de control del proceso.

#### Soluciones afín:

- [Soluciones HUBER para lecherías e industrias lácteas](#)

**Productos afín:**

- [HUBER Flotación por aire disuelto HDF](#)
- [HUBER Espesador de disco S-DISC](#)

**Huber Technology Perú S.A.C.**  
RUC 20603308442

Phone in Chile: (+562) 220 803 34

Email: [info@huber.pe](mailto:info@huber.pe)  
Internet: [www.huber.pe](http://www.huber.pe)

Member of the HUBER group:  
[www.huber.de](http://www.huber.de)

---