



**HRS**



CATÁLOGO:

# EVAPORACIÓN

Los sistemas de evaporación se han aplicado desde hace más de un siglo. Se utilizan para concentrar un fluido, evaporando uno o más de sus componentes volátiles presentes y son habituales en varios sectores industriales, como la industria química, alimentaria y ambiental, entre otras.

HRS es un proveedor de soluciones de transferencia térmica con más de cuarenta años de experiencia y los sistemas de evaporación son una parte integral de la gama de soluciones de proceso que ofrecemos. Hay diferentes tipos de sistemas de evaporación, y la configuración final dependerá de la aplicación. HRS cuenta con un amplio rango de intercambiadores de calor, la mayoría de los cuales se pueden usar para la evaporación, lo que nos permite ofrecer soluciones para muchas aplicaciones diferentes.

Lo que diferencia a HRS de otros proveedores de tecnología de evaporación es su evaporador de superficie rascada Unicus, que permite una mayor concentración, en comparación con las técnicas tradicionales de evaporación. La combinación de evaporadores Unicus con otros tipos, dentro del mismo proceso de evaporación, coloca a HRS en una posición sólida para tratar una amplia variedad de productos y concentraciones. Nuestros sistemas de evaporación siempre aplican la optimización energética.

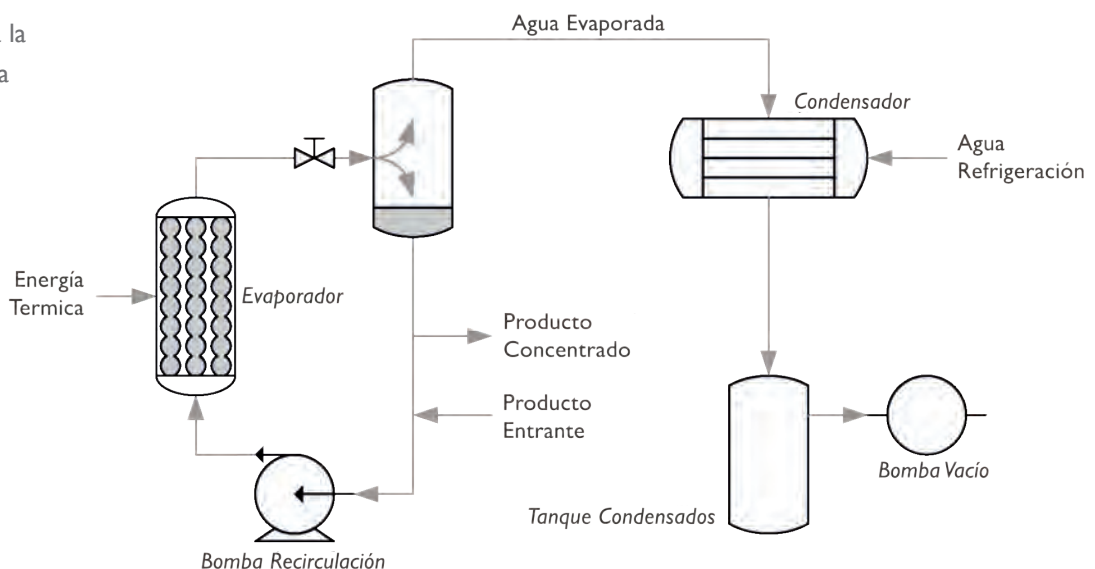
En nuestro centro de I+D analizamos la evaporación de nuevos productos, tanto a escala de laboratorio como a escala de planta piloto, estudiando todos los parámetros físicos que influyen en el diseño de evaporadores industriales a gran escala. Este documento explica en detalle la Tecnología de Evaporación de HRS.

## EVAPORACIÓN CON RECIRCULACIÓN FORZADA

El Evaporador de Recirculación Forzada (FRE) fue uno de los primeros sistemas que HRS diseñó. En una planta FRE, el producto se calienta bajo presión a una temperatura superior a su punto de ebullición. Al salir del evaporador, el producto se introduce en un tanque de separación instantánea (flash), donde la presión es reducida. Debido a esta presión reducida, parte del producto es flasheado en forma de vapor. El vapor obtenido se recupera, condensándolo en un intercambiador de calor.

### FRE CON EVAPORADORES DE TUBO CORRUGADO

La imagen muestra la configuración típica de un sistema FRE con un evaporador de tubo corrugado



# EVAPORACIÓN

El producto se recircula a alta velocidad de flujo a través del evaporador de tubo corrugado, con una bomba centrífuga. La combinación de alta velocidad y la corrugación crean niveles elevados de turbulencia, consiguiendo un alto nivel de transferencia térmica y buena resistencia contra la suciedad. Debido al rendimiento mejorado obtenido con los tubos corrugados, HRS opta por este tipo de evaporador, frente a los evaporadores de tubo liso, en los sistemas FRE.

**Instalación HRS FRE con evaporadores de tubo corrugado**

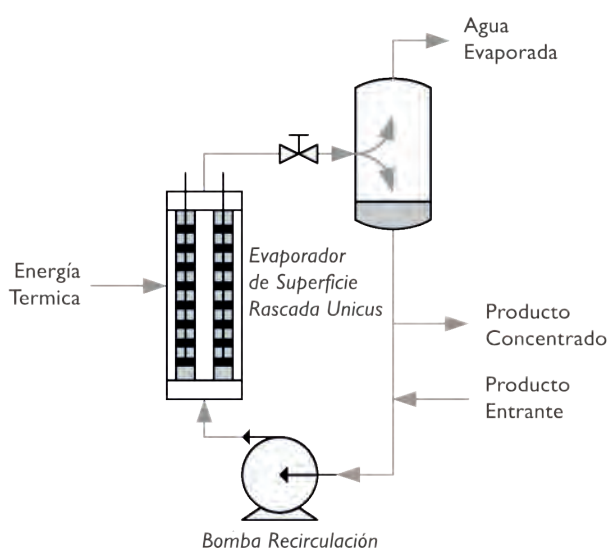
Para productos de baja a media viscosidad que presentan riesgo de incrustaciones, se recomienda el evaporador de tubo corrugado. El vapor evaporado se condensa y almacena en un tanque de condensado.

Una bomba de vacío se puede conectar al tanque de condensado para controlar la presión de evaporación en el tanque de separación de vapor/líquido. Normalmente, el vapor condensado evaporado se usa para pre-calentar el producto entrante antes de incorporarse al sistema FRE.



## FRE CON EVAPORADORES DE SUPERFICIE RASCADA UNICUS

El intercambiador de calor de superficie rascada Unicus ha sido desarrollado para ofrecer una transferencia térmica eficiente para fluidos viscosos con alto riesgo de ensuciamiento. Estos riesgos aparecen también en las plantas de evaporación: a medida que los productos presentan más su viscosidad, la posibilidad de ensuciamiento aumenta. Por esta razón, los evaporadores tradicionales de tubo, placa o tipo película descendente tienen limitaciones para la concentración. Con la tecnología Unicus, los niveles de concentración pueden llevarse mucho más lejos. La acción de rascado mantiene los tubos de evaporación constantemente limpios y los elementos de rascado actúan como dispositivos de mezcla estáticos, manteniendo altas tasas de transferencia térmica, a pesar de las viscosidades crecientes.



Como el evaporador Unicus es un intercambiador de calor multitubo, al agregar más tubos podemos obtener más área de transferencia térmica que con cualquier otra tecnología de superficie rascada. Los evaporadores Unicus son ideales concentradores finales situados al final de las instalaciones de evaporación convencionales. La instalación de un evaporador Unicus antes de un secador puede mejorar el rendimiento global de las plantas de dos maneras:

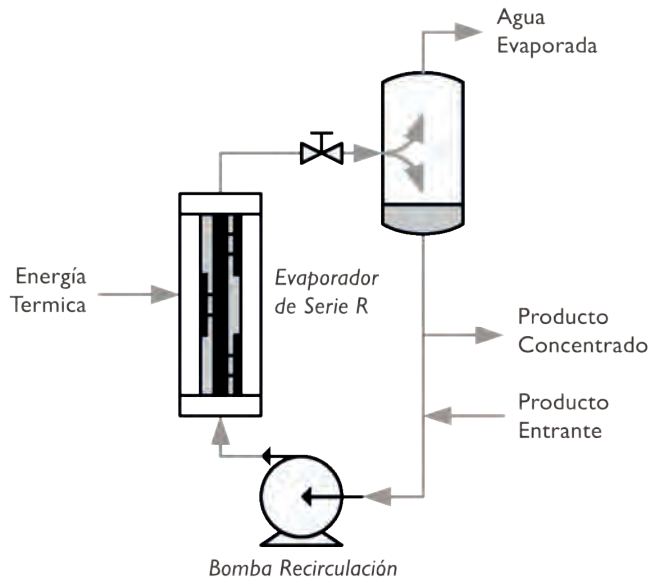
- Con el Unicus puedes obtener concentraciones de sólidos más elevadas. Esto reduce la necesidad de más secadores, consiguiendo una instalación más compacta (menor inversión de capital).
- El coste operativo de eliminar agua con un evaporador Unicus es menor que eliminar el agua en un proceso de secado.

# EVAPORACIÓN

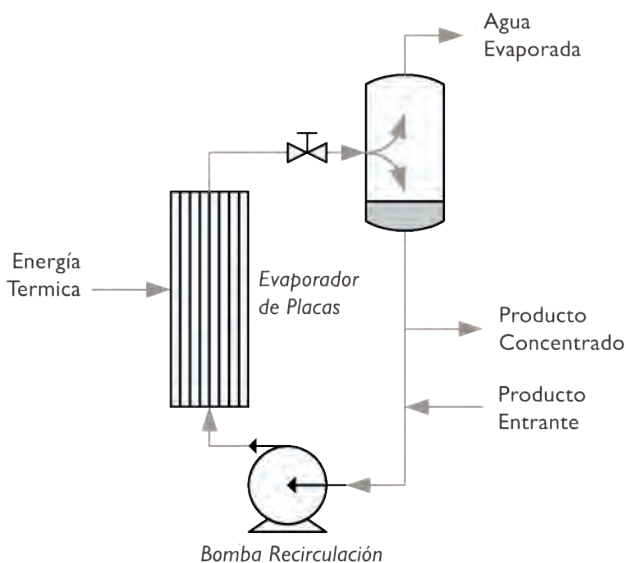
## FRE CON EVAPORADORES DE LA SERIE R

El evaporador Unicus es ideal para aplicaciones de gran tamaño (debido a su mayor área de superficie). Para aplicaciones más pequeñas, HRS ofrece la tecnología de evaporación de la Serie R. El intercambiador de calor de la Serie R es un intercambiador rotativo de superficie rascada. Trabaja a velocidades de hasta 300 rpm, lo que permite introducir una gran cantidad de mezcla en el producto, logrando tasas de transferencia térmica mayores que con la tecnología Unicus.

Debido a estas características, el evaporador de la Serie R es la elección ideal para obtener niveles de evaporación eficientes en aplicaciones difíciles, donde viscosidades extremas y altas cargas sólidas están presentes. La serie R se puede emplear en aplicaciones de grado alimenticio para concentración de productos, como salsas y purés. También se puede utilizar como enfriadores en procesos de cristalización. Un ejemplo es la combinación del Unicus y la Serie R en ZLD (Aplicaciones de Residuo Líquido Cero es el término español para ZLD).



## EVAPORADOR DE PLACAS



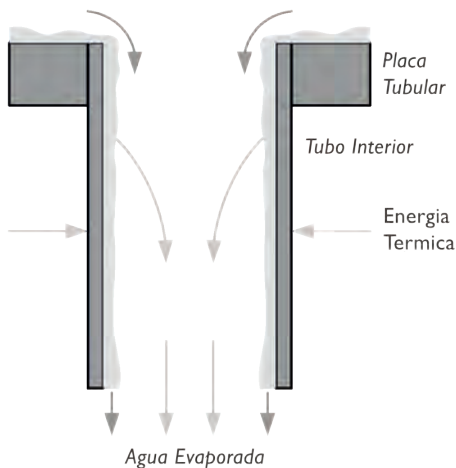
El evaporador de placas es una buena solución para aplicaciones con muy baja viscosidad y bajo riesgo de ensuciamiento. HRS diseña evaporadores de placas en la configuración de un FRE.

Los evaporadores de placas ofrecen la ventaja de un diseño compacto: mucha área de transferencia de calor en un reducido espacio. Cuando hay un bajo nivel de sólidos suspendidos con partículas de pequeño tamaño presentes, se utilizan evaporadores de placa tipo free flow o wide gap.

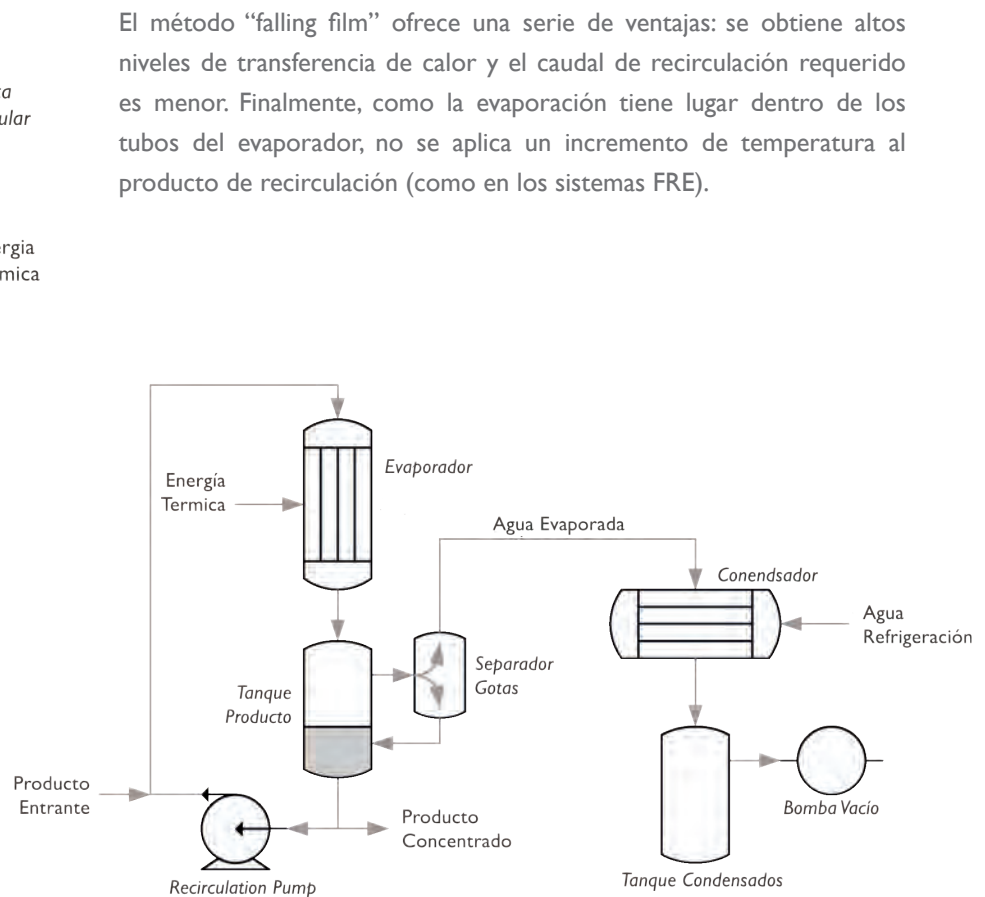
# EVAPORACIÓN

## EVAPORACIÓN TIPO “FALLING FILM”

En los evaporadores tipo película descendente (FFE), el producto se introduce en la parte superior de un haz de tubos, instalado verticalmente y el producto fluye hacia abajo como una película fina. En el otro lado de la pared del tubo, el producto se calienta con un medio de calentamiento, normalmente vapor. La evaporación tiene lugar en la superficie de la película líquida. El vapor generado y la película líquida circulan en el mismo sentido y la velocidad del vapor ayuda a mover la superficie de la película.



Esto hace que los evaporadores tipo “falling film” sean adecuados para aplicaciones con diferencias de temperatura limitadas entre producto y el fluido de servicio, como los evaporadores de tipo TVR o MVR (explicados más adelante en este catálogo). Una configuración típica de un FFE sería así:



Una bomba de recirculación entrega el producto a la parte superior del módulo del evaporador de película descendente (un evaporador de tubo liso instalado en posición vertical) donde una placa de distribución de líquido especial distribuye uniformemente el producto sobre todos los tubos. Producto y vapor fluyen hacia abajo. El líquido concentrado se recoge en el fondo de un tanque y el vapor sale a la izquierda y entra en un tanque separador de gotas. En dicho tanque, las partículas líquidas restantes se separan y el vapor limpio sale por la parte superior. Este vapor se condensa en un intercambiador de calor y el agua condensada se recoge en un tanque. Se puede conectar una bomba de vacío a este tanque, en caso de que se requiera evaporación por debajo de la presión atmosférica. El agua condensada se puede usar para precalentar la alimentación entrante a la unidad FFE.



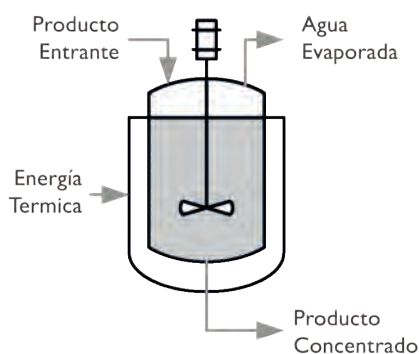
Sistema FFE de 3 efectos para concentrado de mango



# EVAPORACIÓN

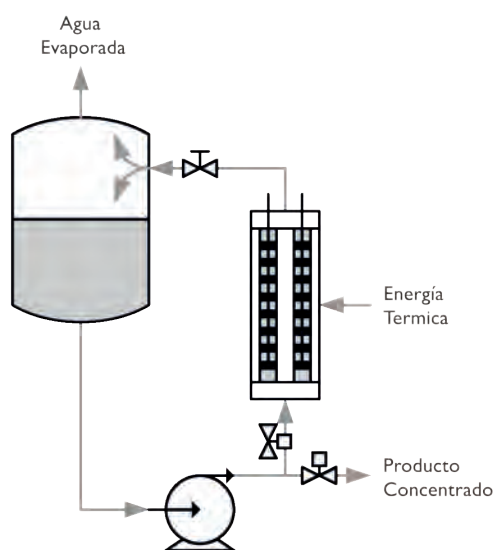
## EVAPORACIÓN CON TANQUE ENCAMISADO

Un evaporador con tanque encamisado (JTE) funciona con una configuración muy simple. El producto se introduce en un tanque con camisa, por el que fluyen los medios de calentamiento. El producto se lleva al punto de ebullición y el vapor sale por la parte superior. Para una buena transferencia térmica, se instala un agitador que crea la turbulencia necesaria en el producto. Los tanques encamisados presentan menos área de transferencia de calor por unidad de volumen de producto en comparación con los evaporadores tubulares o de placa, siendo, por tanto, adecuados, para tareas de evaporación pequeñas. No necesita bombas de recirculación y su instalación es simple.



*Tanque de Evaporación Encamisado de HRS, con compresor MVR*

## EVAPORACIÓN POR LOTES



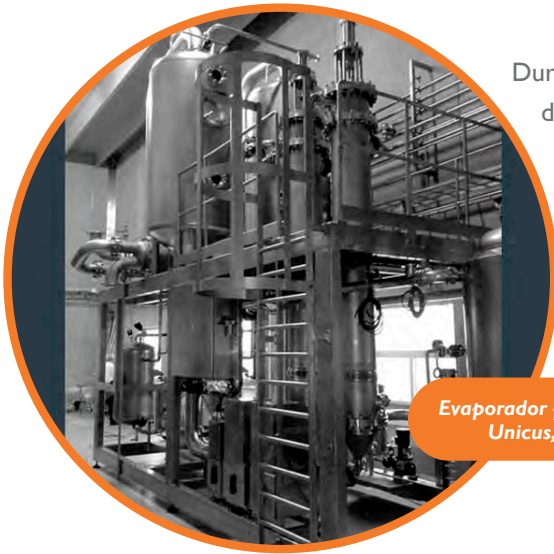
Los sistemas FRE de FFE se usan normalmente en modo continuo, es decir, continuamente reciben materia prima y generan producto concentrado. El producto recirculado siempre está al final del proceso de concentración. En un sistema con evaporador por lotes (BE), la adición de producto se realiza al inicio y no se vuelve a añadir alimentación mientras que dura el proceso de evaporación.

La evaporación se obtiene recirculando el fluido del lote sobre un evaporador y sobrecalentando el fluido como en un evaporador FRE.

A medida que el fluido ingresa al lote, el agua se flashea y se libera en forma de vapor por la parte superior.

A medida que avanza el proceso de evaporación, el nivel del líquido cae, llegando al final del proceso cuando se alcanza un nivel bajo específico. Los sistemas BE son adecuados para productos con un gran cambio en viscosidad y transferencia de calor, a medida que aumenta su concentración.

# EVAPORACIÓN



Durante la fase inicial (concentraciones más bajas), la transferencia de calor sigue siendo alta, ya que las viscosidades son bajas. Hacia el final del proceso de transferencia térmica, las tasas caen, a medida que aumentan las viscosidades. La transferencia de calor promedio en todo el ciclo es mayor en comparación con el tratamiento del mismo producto en un proceso FRE o FFE. El sistema BE ayuda a reducir el tiempo total para concentrar el producto.

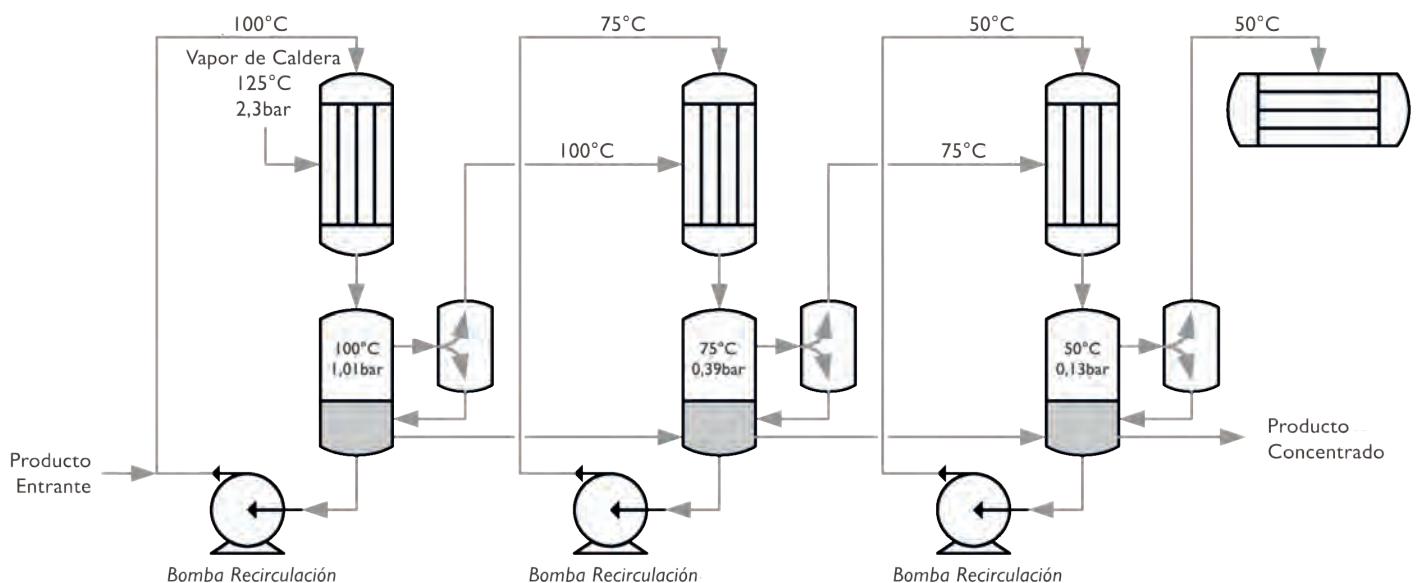
*Evaporador por lotes HRS con módulos de evaporación Unicus, para procesamiento de queso líquido*

## OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

Se necesita más energía para evaporar el agua que para calentarla hasta su punto de ebullición, de ahí que las plantas de evaporación consuman grandes cantidades de energía. Esto ha exigido formas de optimizar el equilibrio energético de las plantas. A continuación explicamos tres formas de optimización:

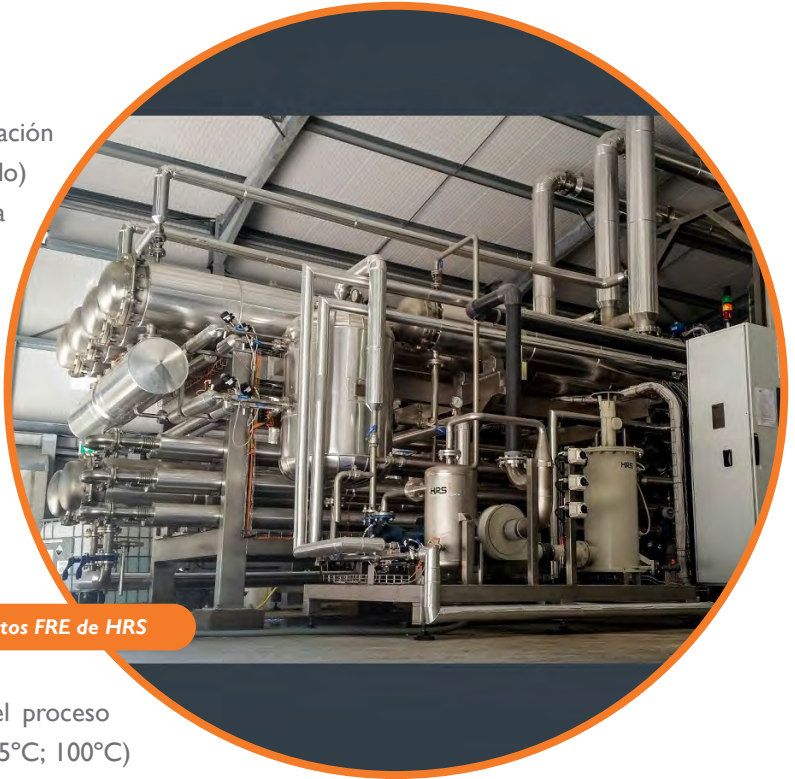
### EVAPORACIÓN POR ETAPAS DE EFECTO MÚLTIPLE

La evaporación de efectos múltiples es el proceso en el cual el vapor evaporado generado se utiliza como suministro de energía térmica para la siguiente fase de evaporación. Esto se puede repetir varias veces. Para reutilizar el vapor evaporado, las temperaturas de ebullición y las presiones en la siguiente etapa deben ser inferiores a las de la etapa anterior. Así, hay una fuerza impulsora (diferencia de temperatura) entre el fluido de servicio (vapor evaporado) y el producto (producto a evaporar) en la etapa posterior. La siguiente imagen explica el principio:



# EVAPORACIÓN

La página anterior muestra una planta de evaporación FFE de tres etapas. En la primera etapa (lado izquierdo) el producto se evapora a 100°C/1.01bar, usando la caldera de vapor a 125°C. El vapor generado a 100°C sirve como energía térmica para la segunda etapa (centro), donde el producto hierve a 75°C/0.39bar. El vapor de 75°C generado aquí es la energía térmica para la tercera etapa (derecha), donde la evaporación tiene lugar a 50°C/0.13bar. El vapor de 50°C generado aquí va directo al condensador final.



*Sistema de Tres Efectos FFE de HRS*

Cada etapa de evaporación procesa un tercio del proceso total. Las tres corrientes de condensado (50°C; 75°C; 100°C) se combinan como un flujo de condensado total, y se usan para precalentar el producto entrante en la 1ª etapa. Se necesita un sistema de vacío para controlar con precisión la presión de evaporación en cada etapa, asegurándose de que haya una fuerza motriz óptima (diferencia de temperatura) entre cada etapa. La evaporación multi-efecto puede considerarse como una estrategia multiplicadora: en el caso presentado aquí, 1 kilo de vapor invertido, evaporará 3 kg de agua del producto.

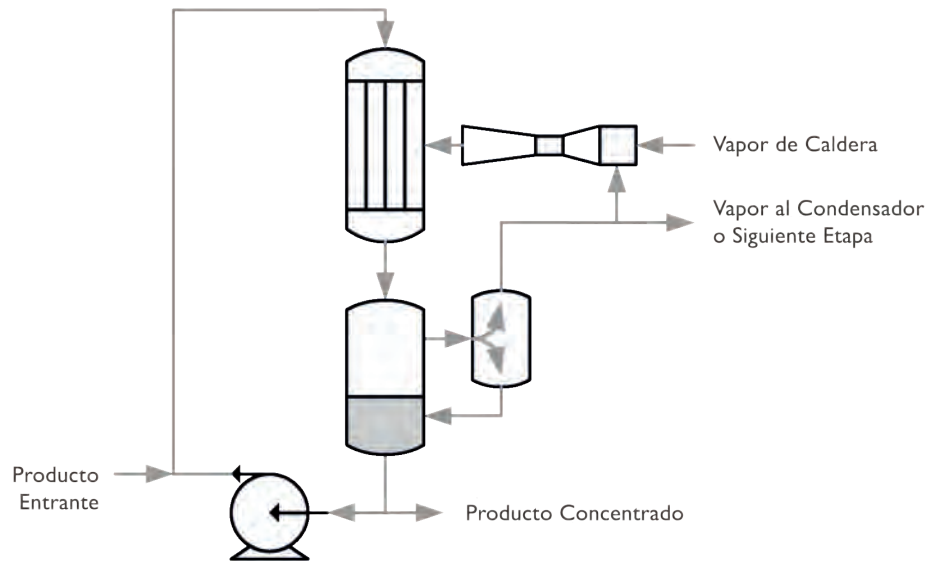
## RECOMPRESIÓN DE VAPOR TÉRMICO

Otra forma de reutilizar el vapor es mediante la recompresión térmica de vapor (TVR). En un compresor TVR, una parte del vapor evaporado en una etapa se mezcla con el vapor de la caldera. El flujo de vapor combinado se usa entonces como energía térmica para la misma etapa de evaporación.

La presión neta del vapor que sale del TVR está mucho más cerca de la presión de evaporación que resulta de una diferencia de temperatura relativamente más baja entre las temperaturas de servicio y del producto.



# EVAPORACIÓN



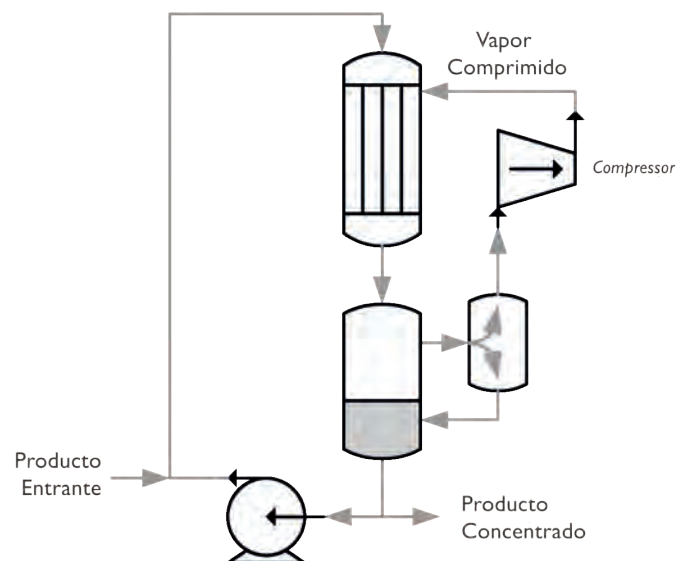
Por esa razón, el FFE es un tipo de evaporador que se usa en este tipo de proceso. La elevación del punto de ebullición está limitada para no sufrir ninguna reducción adicional de la diferencia de temperatura entre el servicio y el producto. Si los parámetros operativos se eligen correctamente, una configuración de TVR puede multiplicar la eficiencia por dos. Una planta de evaporación de una etapa con TVR presenta un coste similar a una planta de evaporación de dos etapas sin TVR: se necesita 1 kg de vapor de caldera para evaporar 2 kg de agua.

## RECOMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR

En caso de que no haya energía térmica disponible y sólo se pueda trabajar con energía eléctrica, la Recompresión Mecánica de Vapor (MVR) es la solución. En una planta de evaporación MVR, el vapor generado se comprime mediante un compresor lobular o una turbina. Al comprimir el vapor, tanto el vapor como la temperatura aumentan.

Así, el mismo vapor que se evapora del producto se puede usar como fuente de energía térmica para la misma etapa de evaporación.

El aumento de temperatura obtenido es normalmente limitado, del orden de 6-9°C para un compresor de una sola etapa.



# EVAPORACIÓN

Al igual que con TVR, los compresores MVR generalmente se combinan con plantas de evaporación FFE, ya que la diferencia de temperatura entre el servicio y el producto se reduce. Y en como la TVR, la elevación del punto de ebullición debe ser limitado.

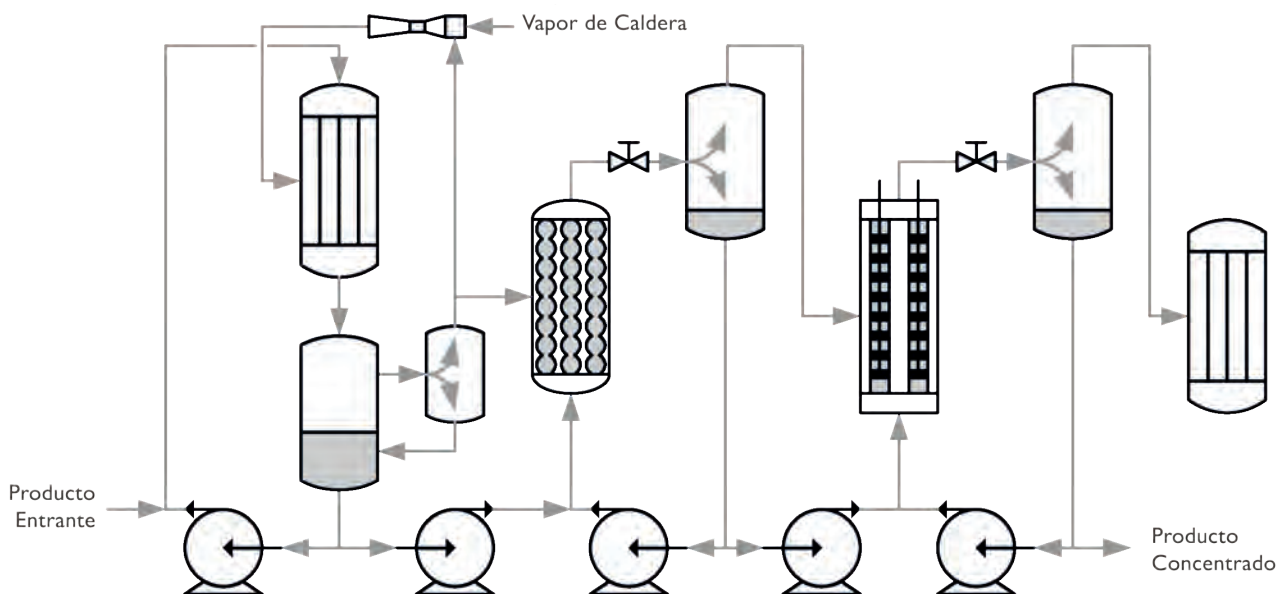
Las plantas MVR ofrecen ventajas interesantes:

El uso de compresores MVR es uno de los métodos más económicos de evaporación. El coste operativo por tonelada de agua evaporada es uno de los más bajos. No se necesita un condensador final, ya que el vapor se condensa en el lado de servicio del mismo evaporador, lo que elimina el coste del agua en torres de enfriamiento que se requieren para los condensadores finales que suministran agua fría. La desventaja es que la inversión es mayor (para el compresor MVR, se requiere un evaporador más grande).



## COMBINAR EVAPORADORES

Las soluciones de evaporación mencionadas anteriormente se pueden combinar con los tres métodos de optimización de energía. La mejor solución se adapta a cada aplicación individual. A continuación se muestra un ejemplo de un evaporador multi etapas, que combina tres tipos de evaporadores y una configuración de TVR:



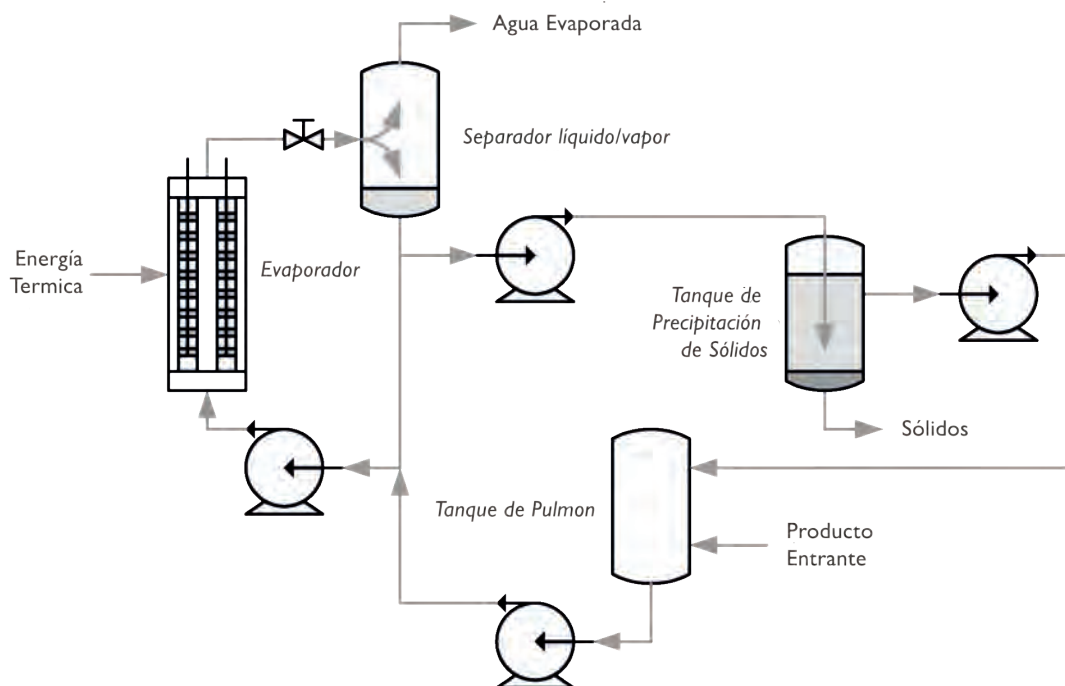
# EVAPORACIÓN

El evaporador de la primera etapa es una unidad FFE con recompresión térmica de vapor. En esta etapa, la concentración de materia seca del producto es baja y la viscosidad limitada. El vapor generado en la primera etapa va a la segunda etapa, donde se utiliza una unidad FRE con un evaporador de tubo corrugado. Se eligen los tubos corrugados con alta velocidad de fluido, ya que el riesgo de ensuciamiento es mayor según aumenta la concentración.

En la etapa final, se utiliza un evaporador de superficie rascada Unicus para tratar la alta viscosidad y la naturaleza incrustante del producto final concentrado. Las tres etapas combinadas con una unidad TVR hacen que esta planta sea tan eficiente como una planta de evaporación multi efecto de cuatro etapas. Este es solo un ejemplo de la combinación de diferentes tipos de tecnologías de evaporación en una planta.

## RESIDUO LIQUIDO CERO

En un proceso de residuo líquido cero (ZLD), un sistema de evaporación se combina con una precipitación de sólidos o sistema de cristalización. En el evaporador, el producto se concentra tanto como sea posible. Posteriormente, se envía a una sección de cristalización, donde los sólidos suspendidos se separan de la solución saturada. Dicha solución se recicla nuevamente en el evaporador. El siguiente diagrama de flujo explica el principio:



# EVAPORACIÓN



En esta configuración, el evaporador concentra el producto por encima de su punto de saturación. A la salida del evaporador hay una corriente con un gran contenido líquido y una pequeña fracción de sólidos en suspensión. Esta corriente ingresa al tanque de precipitación de sólidos, donde estos se depositan y salen por el fondo. El líquido sobrenadante se devuelve a el tanque de pulmon, donde se mezcla con nueva materia prima.

Para productos con una curva de solubilidad inclinada (alta concentración a alta temperatura y baja, a baja temperatura), un enfriamiento adicional al tanque de precipitación de sólidos ayudará a los sólidos a posarse.

Los sistemas ZLD se diseñan específicamente para la aplicación. En la mayoría de los casos, se necesitan pruebas con producto para establecer los parámetros del proceso.

Planta de evaporación HRS ZLD con evaporador Unicus

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

No siempre es posible diseñar un evaporador basado en una descripción detallada del producto y la aplicación. A veces, el producto a concentrar es una mezcla de muchos compuestos orgánicos y/o inorgánicos diferentes disueltos en agua. Cuanto más compleja es la mezcla, más difícil es predecir cómo se desarrollarán las propiedades físicas a medida que el producto se concentra y cómo la suciedad y la cristalización se desarrollan al aumentar los niveles de concentración. En nuestras instalaciones de I+D, analizamos la aplicación de diferentes maneras.

### PRUEBAS DE LABORATORIO

Mediante un evaporador a escala en el laboratorio, junto con otros equipos, se puede obtener la siguiente información:

- ¿Cuánta agua se puede eliminar del producto?
- ¿Cuál es la calidad del agua evaporada?
- ¿Cuál es la elevación del punto de ebullición?
- ¿Cómo cambian las propiedades físicas, como la densidad y la viscosidad, con la concentración?
- ¿Cuál es el comportamiento de la suciedad?
- ¿Es la espuma un problema?
- ¿Cuál es la curva de solubilidad (concentración máxima frente a temperatura, importante para aplicaciones ZLD)?

# EVAPORACIÓN

## PRUEBAS EN LA PLANTA PILOTO

Si la prueba a escala de laboratorio muestra potencial para una aplicación de evaporación industrial, se realiza una prueba en una de las plantas piloto de evaporación de HRS, para determinar los parámetros del proceso requeridos para el diseño de un evaporador a escala completa.

- ¿Cuál es el tipo de evaporador correcto: FRE vs FFE, tubos corrugados, superficie rascada o evaporadores de placas?
- ¿Cuál es el coeficiente de transferencia de calor para la evaporación?
- ¿Cuál es la caída de presión del producto que fluye a través del evaporador?
- ¿Está controlada la espuma, en caso de que se necesite anti espuma?



HRS Evaporación Planta Piloto

Los evaporadores y las plantas ZLD para la industria ambiental son especialmente difíciles de diseñar, debido a la gran variedad de mezclas de productos. Para estos casos, HRS siempre recomienda pruebas de laboratorio y/o pruebas con plantas piloto, antes de diseñar una solución adecuada.

## APLICACIONES

HRS diseña, fabrica y entrega soluciones de plantas de evaporación llave en mano, para una amplia gama de aplicaciones. A modo de ejemplo:

### Mediambiental:

- Salmuera
- Aguas Residuales
- Estiércol
- Fangos
- Efluentes del aceite de palma (POME)
- Lixiviados
- Efluentes Industriales

### Bioenergía:

- Digestato procedente de la generación de biogás
- Subproductos de la producción de bioetanol

### Alimentación & Agrícola:

- Residuos alimentarios y agrícolas
- Jugos de frutas
- Concentrado de frutas
- Soluciones de azúcar
- Queso líquido y proteínas
- Salsas
- Purés





**HRS UK**

+44 1923 545 625

**HRS Spain**

+34 968 676 157

**HRS USA**

+1 770 726 3540

**HRS Malaysia**

+60 3 8081 1898

**HRS India**

+91 20 2566 3581

**HRS Australia**

+61 3 9489 1866

**HRS New Zealand**

+64 9 889 6045

EVP2309ES



[www.hrs-heatexchangers.com](http://www.hrs-heatexchangers.com)