

Desmineralización de agua por ósmosis inversa para alimentación de calderas: beneficios ambientales y económicos

Ingeniería Siri Consultora S.A.



El tratamiento de agua de alimentación a una caldera se realiza básicamente para reducir los problemas operativos originados por la concentración de sales que se generan en el interior de la misma, así como de algunos compuestos que en determinadas concentraciones son muy dañinos para los materiales y que afectan el fenómeno de transporte que rige el funcionamiento de la caldera.

En función de la salinidad del agua de alimentación y del aporte o no de agua proveniente del condensado se debe acondicionar la alimentación con soluciones químicas, como tensoactivos, dispersantes, secuestrantes, antiincrustantes y reguladores de pH y oxígeno disuelto, entre otros. También se pueden utilizar tratamientos físico-químicos, como ablandadores y ósmosis inversa. El sistema por ósmosis inversa presenta indudables ventajas para el tratamiento de agua para alimentación a caldera, con importantes beneficios económicos y estructurales.

Inconvenientes producidos por la falta de control de las condiciones del agua de alimentación

- **Incrustación:** se generan depósitos de precipitados salinos sobre las paredes interiores de la caldera, originando una resistencia extra a la transmisión de calor. Como este coeficiente es función, entre otros parámetros, de la sección de los depósitos, se pueden generar recalentamientos locales y excesivas dilataciones que provocan la rotura de los materiales. Las incrustaciones son básicamente de precipitados de carbonatos y sulfatos de calcio.

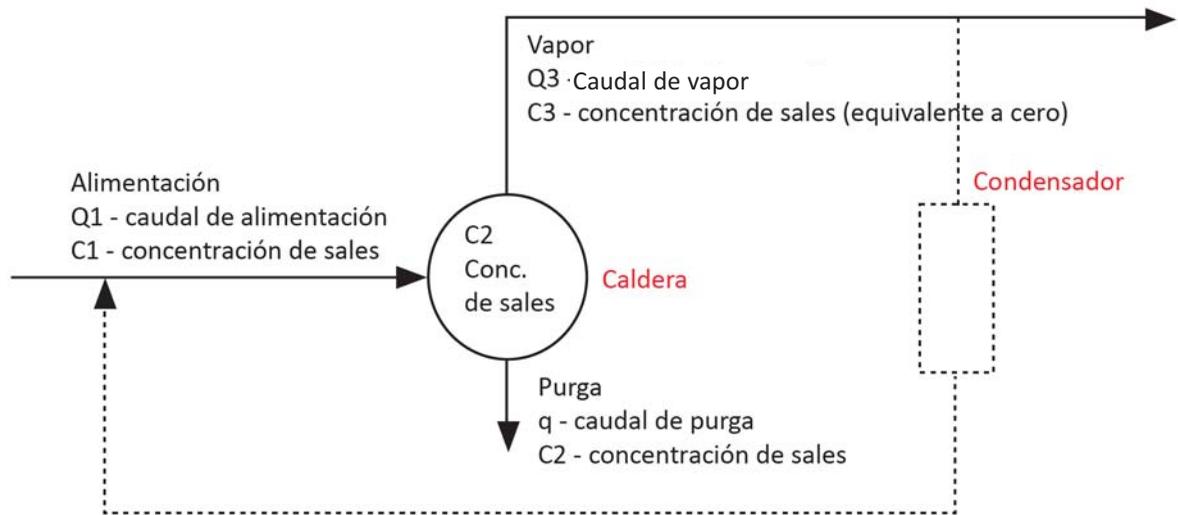
- **Arrastres:** está relacionado a la viscosidad del agua y su tensión superficial. Como consecuencia, su tendencia a la formación de espuma genera un arrastre de gotas de agua que reduce el rendimiento energético del sistema por la reducción de la entalpía del vapor. Otro tipo de arrastre son los minerales y compuestos químicos que viajan con el vapor y generan deterioro de las cañerías. Este tipo de arrastre es función de la presión y temperatura de trabajo.

- **Corrosión:** de origen diverso, está relacionada básicamente con el porcentaje de oxígeno disuelto, pH y composición fisicoquímica del agua en el interior de la caldera.

Como determinar los ciclos de una caldera y el porcentaje de purga

En la figura 1 se observa un esquema simplificado del proceso en el que interviene una caldera. El agua de alimentación -que puede estar compuesta solamente por agua de pozo o mezcla de agua de pozo y retorno del condensado- tiene una concentración de sales C_1 y un caudal Q_1 . Dentro de la caldera se tiene una concentración de sales C_2 , que es igual a la concentración del caudal q de la purga. Para el vapor, con caudal Q_3 , se con-

Figura 1 - Esquema simplificado del proceso del balance de masa. Se puede determinar la concertación de sales en el domo de la caldera en función de la concentración del agua de alimentación y la relación caudal de alimentación/ caudal de purga: $C_2 = C_1 \times (Q_1/q)$. El nº de ciclos = $C_2/C_1 = (Q_3 + q)/q$



sidera que no hay arrastre y por tal motivo la concentración de sales C_3 es igual a cero.

Características límites que deben mantenerse en el interior de agua de caldera

Las condiciones del agua de caldera es función, entre otras cosas, de la presión de trabajo. Para el presente estudio se pueden tomar como parámetros aceptables los de la tabla 1.

Ahorros de energía al utilizar ósmosis inversa

Veamos con un caso práctico los ahorros energéticos que se pueden alcanzar utilizando agua de osmosis inversa como fuente de alimentación a calderas sin recupero de condensado. Además de lo desarrollado anteriormente y de los ahorros que se pueden obtener en forma directa por un aumento en la eficiencia y mantenimiento de la caldera, hay otros ahorros asociados (mucho más importantes y periódicos) relacionados con el costo operativo por aumento de la eficiencia de la transmisión del calor, que se traduce en un menor consumo de combustible.

Para este caso en particular, Ingeniería Siri Consultora S.A. toma como base una caldera que produce tres toneladas de vapor por hora a 10kg/cm de presión. Los balances energéticos se realizan para diferentes aguas de alimentación que varían su salinidad de 50

Tabla 1 – Parámetros de trabajo (extraída de BS 2486)

Parámetro	Valor recomendado
Dureza total	Menor a 2 ppm
Contenido de oxígeno	Menor a 8 ppb
Sulfito de sodio	30 - 70 ppm
Hidrazina	0,1 - 10 ppm
Taninos	120 - 180 ppm
Dietilhidroxilamina	0,1-1 ppm
Fosfato Na_3PO_4	30 - 60 ppm
Dióxido de carbono	Menor a 25 ppm
Contenido total de hierro	Menor a 3 ppm
Sílice	150 ppm
Alcalinidad total $CaCO_3$	Menor a 700 ppm
Sólidos disueltos totales	Menor a 3500 ppm
Sólidos en suspensión	Menor a 200 ppm
Conductividad	Menor a 7000 us/cm
pH A 25 °C	10,5 - 11,8
Condición general	Incolora, clara y libre de agentes insolubles

a 3.100 ppm (concentración C_1). El gráfico 1 describe el comportamiento del gasto extra de energía por la caldera cuando varían las condiciones de entrada de C_1 de 50



Industria Alimenticia y Farmacéutica

- carbonato de calcio pesado USP
- carbonato de calcio liviano USP
- carbonato de calcio CD
- citrato de calcio CD

- Certificación GMP – Good Manufacturing Practice
- Certificación ANMAT – Ingredientes Farmacéuticos Activos

calcio



calcio

www.carbofarma.com.ar

CAFUNE S.A.: (54 11) 4918-2677 / 2680 - carbofarma@carbofarma.com.ar

Gráfico 1 - Relación entre salinidad y consumo de energía

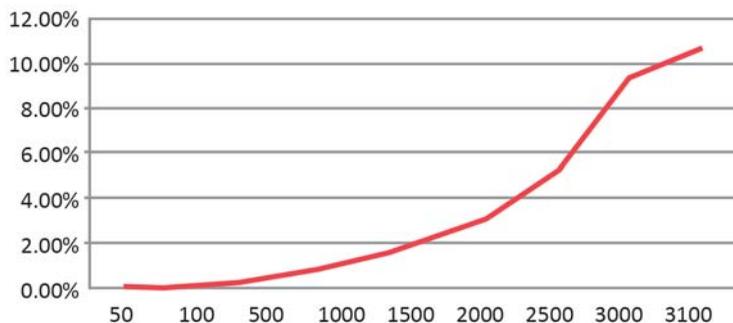
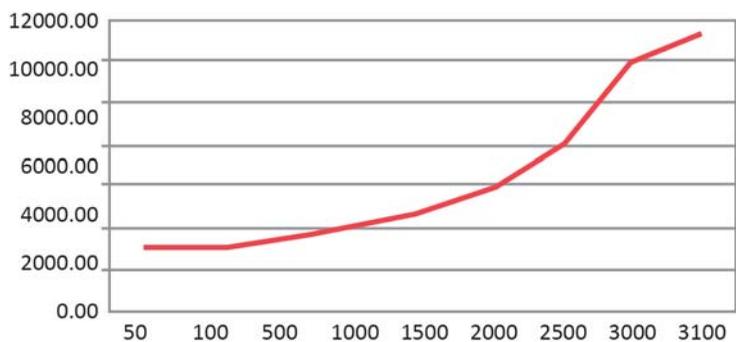


Gráfico 2 - Caudal en función de la concentración



a 3100 ppm. Esto se ve reflejado en un aumento en los caudales de purga y directamente en el consumo de combustible. Si se considera como punto de partida un agua de alimentación con una concentración $C_1=50$ ppm (consumo ideal de combustible de la caldera) se observa que un aumento en la salinidad del agua de alimentación (eje de la abscisa) genera un aumento en el uso de combustible por hora de la caldera (eje de la ordenada).

El gráfico 2 muestra el aumento del caudal de alimentación necesario para mantener la concentración límite de sales totales en el interior de la caldera en función del aumento de la salinidad del agua de ingreso (C_1). Si se toman nuevamente como base ideal los valores obtenidos para una salinidad $C_1= 50$ ppm, se observa que el caudal de alimentación debe aumentar debido a la necesidad del aumento de la purga.



Figura 2 - Equipo desmineralizador por ósmosis inversa

Equipo desmineralizador ISC OI-8B4-04

Se puede observar en los gráficos 1 y 2 que el caso ideal sería trabajar en el rango de salinidad del agua de alimentación entre 50-100 ppm. Para lograr este objetivo, Ingeniería Siri Consultora S.A. instaló un equipo desmineralizador por ósmosis inversa (Figura 2) modelo ISC OI-8B4-04 (planta 25 m³). Este equipo trabajó con una salinidad límite de 4000 ppm y su producción es de 4000 lph. La alimentación al equipo es de 8000 lph y el consumo de energía es de 6 kw/h. La extracción del exceso de agua para la instalación del equipo de ósmosis es de 7 kw/h, tomando como base los 6kw/h del equipo de ósmosis y el consumo de las bombas de extracción de agua menos el caso ideal.

Conclusiones

El uso de la ósmosis inversa para tratar el agua de alimentación presenta los siguientes puntos a favor:

- Se genera una purga mínima, del orden de 1% del caudal de alimentación.
- Se genera un ahorro en el consumo de combustibles del orden del 7% si se resta el consumo de energía eléctrica en Kw/h generado por la ósmosis y bombas.
- Si la salinidad del agua de alimentación es mayor a 2000 ppm, el consumo de agua de la ósmosis inversa es menor al consumo de agua sin tratar de la caldera. O sea, si tratamos el agua con ósmosis inversa se reduce el consumo de agua cruda.
- El nivel de consumo de químicos se reduce a un 60%.
- Para calderas con recupero de condensado, los valores anteriores se reducen un poco pero siguen siendo muy rentables, ya que los ahorros en el consumo de combustible son del orden del 1.5% y los demás parámetros se mantienen en torno a los valores desarrollados.

Las ventajas expuestas para el caso descrito de una caldera que produce 3000 kg/h de vapor se extienden a calderas de mayor producción. Es evidente que el recupero de la inversión es inmediato y que aumenta para calderas de mayor tamaño. Ingeniería Siri Consultora S.A., con más de 25 años de trayectoria en el mercado, diseña, fabrica, provee e instala equipos de ósmosis inversa, equipos que, entre otras ventajas, mejoran la calidad del agua de alimentación de las calderas y contribuyen al ahorro energético de la empresa que los utiliza.

Más información: www.ingsiriconsultora.com.ar