

# Recomendaciones sobre el agua para los intercambiadores de calor de placas soldadas en sistemas District Energy

CHALLENGE EFFICIENCY

**SUPER**  
A DOVER COMPANY

# Recomendaciones sobre el agua para los intercambiadores de calor de placas soldadas en sistemas District Energy

## Introducción

Este documento pretende explicar la importancia de la buena calidad del agua en un sistema de red urbana de energía. Se centra en los parámetros que ayudan a prevenir la corrosión y las obstrucciones en un intercambiador de calor de placas soldadas (BPHE). La buena calidad del agua en un sistema de red urbana de energía se traduce en un menor riesgo de corrosión, obstrucciones e incrustaciones. Esto, a su vez, reduce los costes de mantenimiento de todo el sistema.

## Antecedentes

Como con la mayoría de las cosas, el agua puede tener distintas calidades. En los sistemas de red urbana de energía, normalmente el agua utilizada no ha sido tratada, están desmineralizadas, parcialmente desmineralizadas o suavizadas. La calidad del agua es un factor importante, ya que las concentraciones de ciertas sustancias pueden cambiar con la calidad del agua. La conductividad ilustra esto. El agua desmineralizada tiene una conductividad mucho menor que el agua no tratada porque la desmineralización elimina los iones que confieren la conductividad. Es importante entender todas las cualidades del agua en el sistema, desde el agua de la red urbana de energía en circulación hasta el agua de reposición agregada. El agua de reposición puede usarse para regular en cierta medida la calidad del agua en el sistema de la red urbana de energía a los niveles recomendados. No es fácil determinar la calidad del agua del sistema de la red urbana de energía. Sin embargo, realizar pruebas periódicas en el agua, ayuda a mantener el estado del agua de la red urbana de energía bajo control y reduce el riesgo de corrosión y la formación de partículas.

El Apéndice A al final de este documento, incluye las recomendaciones de SWEP para la calidad del agua cuando se utilicen nuestros BPHE. La tabla incluye los distintos grados de acero inoxidable y los distintos materiales de soldadura usados en nuestros BPHE. Se basa en agua del grifo a temperatura ambiente y examina un número importante de componentes químicos. Sin embargo, la corrosión es un proceso muy complejo en el que influyen muchos factores diferentes en combinación. El Apéndice A puede ayudar a decidir si una calidad de agua es adecuada para un BPHE de SWEP. Si tiene alguna pregunta sobre este documento o el Apéndice A, hable con un representante de ventas de SWEP.

## Corrosión de diversos materiales

### Acero inoxidable

El acero inoxidable tiene una buena resistencia a la corrosión y por lo tanto suele encontrarse con frecuencia en los sistemas de red urbana de energía. Todos nuestros BPHE utilizan acero inoxidable en sus placas internas, disponibles en diferentes grados de calidad. Sin embargo, a ciertos niveles, el cloruro puede iniciar la corrosión del acero inoxidable. La forma más común aquí es la corrosión por picaduras, en que el cloruro ataca sólo a una pequeña área del acero. La corrosión por picaduras es difícil de detectar hasta que es demasiado tarde y la unidad ya ha comenzado a fugar. Otro tipo común y muy similar de corrosión del acero inoxidable es la corrosión por grietas, cuando se inicia la corrosión en las grietas. La tabla 1 muestra qué acero inoxidable recomendamos para las placas de canal interiores para distintas concentraciones de cloruro.

Tabla 1. Recomendaciones de SWEP para el grado de acero inoxidable a utilizar con distintas temperaturas y concentraciones de cloruro.

CLORURO CONTENIDO	TEMPERATURA MÁXIMA				
	30 °C/86 °F	60 °C/140 °F	80 °C/176 °F	120 °C/248 °F	130 °C/266 °F
= 10 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316
= 25 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>
= 50 ppm	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316	254 SMO
= 80 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	254 SMO
= 150 ppm	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	254 SMO	254 SMO
= 300 ppm	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	254 SMO	254 SMO	254 SMO
> 300 ppm	254 SMO	254 SMO	254 SMO	254 SMO	254 SMO

<sup>[4]</sup> con material de soldadura de cobre

## Cobre

La mayoría de nuestros BPHE utiliza el cobre como material de soldadura, ya que tiene una buena resistencia a la corrosión en la mayoría de las calidades de agua encontradas en los sistemas de red urbana de energía. Si la calidad del agua es muy mala, el cobre puede empezar a corroerse o disolverse en el agua. Para obtener más información acerca de si una unidad con soldadura de cobre es adecuada, consulte la tabla en el Apéndice A. La publicación de la Asociación Danesa de Calefacción Local «*Tratamiento del agua y prevención de la corrosión*» recomienda mantener el contenido de oxígeno por debajo de 0,02 mg/l. El cobre es muy sensible al amoníaco y el sulfuro. El amoníaco puede usarse en los sistemas de red urbana de energía para regular el pH. Si el cobre se utiliza como material de soldadura, se recomienda que el nivel de amoníaco se mantenga muy bajo. Recomendamos utilizar otro producto químico para regular el pH, por ejemplo, hidróxido de sodio.

## Oxígeno

Los factores que aceleran el proceso de corrosión son el oxígeno y/o la temperatura. Cuanto más alta sea la temperatura, más rápida será la corrosión. La presencia de oxígeno aumenta el riesgo de que se inicie la corrosión, por lo que el contenido de oxígeno debe mantenerse tan bajo como sea posible. Al añadir agua de reposición, es importante asegurarse de que el agua se ha desoxigenado o que se han usado aditivos para enlazar los productos químicos. Como hemos dicho antes, la concentración de oxígeno en el lado de la red urbana de energía debe ser inferior a 0,02 mg/l.

## Obstrucción

Una obstrucción se refiere a la tendencia de un líquido a formar una película o incrustación en la superficie de transferencia de calor. El término obstrucción incluye la acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos. Los materiales inorgánicos pueden cristalizar como sales, lo que se traduce en incrustaciones. Los depósitos orgánicos incluyen biopelículas u organismos microbianos. Si el material orgánico o inorgánico comienza a acumularse dentro del BPHE, resultará en una menor transferencia de calor y en una caída de presión mayor.

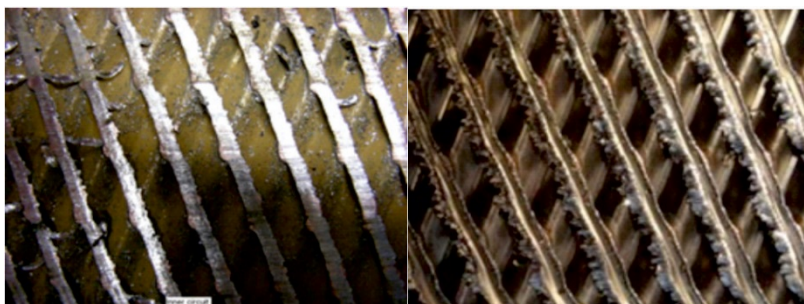


Figura 1. Imagen izquierda: Referencia visual, circuito de agua de red. Imagen derecha: Circuito de agua de red limpia

## Incrustaciones

Las incrustaciones son un tipo de obstrucción causado por sales inorgánicas en el circuito de agua del BPHE, que se pueden precipitar y formar incrustaciones en la superficie de transferencia de calor. Esto ocurre cuando la velocidad del fluido es baja (flujo laminar) y el líquido se distribuye desigualmente a través de los conductos en la superficie de transferencia de calor. Depende muchísimo de la temperatura.

La mayoría de incrustaciones se debe a la precipitación de carbonato de calcio o de sulfato de calcio. Algunas sales inorgánicas, especialmente esas dos sales, tienen una curva de solubilidad invertida, es decir, la solubilidad en el agua disminuye con el aumento de la temperatura. Cuando el agua fría entra en contacto con la superficie caliente, estas sales se depositan en la superficie.

Los factores importantes que influyen en las incrustaciones son la calidad del agua, la temperatura, las turbulencias, la velocidad, la distribución del flujo y el acabado de la superficie. Estimar la tendencia a las incrustaciones del agua natural conlleva el análisis y determinación de distintos parámetros.

- pH
- Contenido en calcio
- Alcalinidad
- Fuerza iónica del agua

Los tres primeros parámetros son relativamente fáciles de determinar. La fuerza iónica, sin embargo, depende de la cantidad total de compuestos disueltos, disociados, es decir, sales y ácidos, así como de sus concentraciones relativas.

Las sales inorgánicas que resultan en incrustaciones suelen venir de agua potable, debido a una fuga o del lado del agua del grifo si se usa el BPHE en una subestación para el calentamiento de agua de grifo. También pueden venir del agua de reposición.

Para reducir el riesgo de incrustaciones, utilizar la máxima caída de presión de agua posible. Una caída de presión alta implica mayores tensiones de corte, que siempre son beneficiosas en el caso de incrustaciones. Las tensiones de corte funcionan como un descalcificador al aplicar constantemente fuerzas al material adherido que arrastran las partículas de material lejos de la superficie, como se muestra en la figura 2. Las tensiones de corte también ayudan a prevenir la deposición de partículas en suspensión. Para un BPHE con una temperatura superior a 70 °C (158 °F) en el lado caliente y/o en agua muy dura (y un alto riesgo de incrustación), la caída de presión debe incrementarse en la medida de lo posible, en el lado de agua fría y reducirse en el lado caliente. Esto reduce la temperatura de la pared en el lado del agua de refrigeración y aumenta las tensiones de corte, haciendo más difícil que los compuestos calcificadores se adhieran. La práctica normal es que el agua fría entre en el puerto inferior siempre que sea posible, porque si entra a través de la boca superior, puede hacer que penetre suciedad en los canales.



*Imagen 2. Una ilustración de cómo el flujo turbulento y las tensiones de cizallamiento ayudan a mantener el BPHE limpio.*

### Depósitos orgánicos/biopelículas

Si las bacterias entran en los sistemas de red urbana de energía, su pequeño tamaño (alrededor de 1  $\mu\text{m}$ ) les permite penetrar en todos los sistemas técnicos. Se pueden introducir en los sistemas de diversas maneras, por ejemplo:

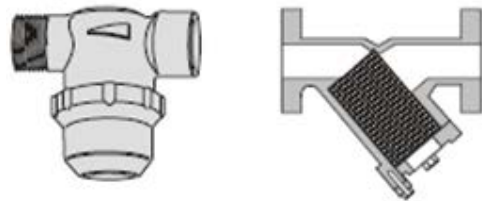
- En agua de reposición
- En la contaminación tras roturas de tuberías
- En la falta de limpieza de plantas nuevas y modernizadas
- Mezclándose con el agua de la calefacción central de plantas recién conectadas.
- BPHE con fugas y depósitos de agua caliente

Los depósitos orgánicos/biopelículas pueden reducir la transferencia de calor en un BPHE. También pueden obstruir canales enteros en el BPHE, lo que incrementaría también la caída de presión. Los depósitos también pueden provocar corrosión microbiana.

## Filtros y tamices

Los canales del lado del agua en un BPHE pueden obstruirse si no se impide que partículas tales como sedimentos, desechos de tuberías, materiales biológicos, etc., penetren en la unidad. Estas partículas podrían bloquear los canales, provocando un mal rendimiento y una mayor caída de presión. En un sistema de circuito cerrado, el sistema de tuberías debe limpiarse bien antes de conectar el BPHE para asegurar que ningún material adicional que pueda provocar obstrucciones entre en el sistema. Para sistemas de circuito abierto, y para incrementar la seguridad en los sistemas de circuito cerrado, deben instalarse los componentes necesarios para filtrar las partículas antes del BPHE.

Para reducir el riesgo de formación de lodos de partículas dentro del BPHE, debe instalarse un filtro o tamiz. Los tamices pueden ofrecer la protección necesaria contra un bloqueo. Si alguno de los medios contiene partículas mayores de 1 mm, recomendamos instalar un tamiz con un tamaño de malla de 20 (número de aberturas por pulgada) antes del BPHE.



Para aplicaciones con una alta concentración de magnetita en el agua, como de circuito abierto o de circuito cerrado con alta tasa de fuga, se recomienda encarecidamente un filtro con una función magnética. No solo impedirá que se obstruya el BPHE, sino que además protegerá la bomba de agua contra la erosión.

## Separador de polvo

Además de los filtros, nuestras subestaciones cuentan también con innovadores separadores de polvo que eliminan hasta las partículas más pequeñas de suciedad, reduciendo las necesidades de mantenimiento y mejorando el rendimiento.

## Mejores prácticas para prevenir y eliminar los bloqueos e incrustaciones

La protección contra bloqueos e incrustaciones comienza con un buen manual de instalación que proporcione orientación sobre cuándo y cómo limpiar el BPHE. La única manera de limpiar un bloqueo, aparte de sustituyendo el BPHE, es mediante un retrolavado. La única forma de realizar un retrolavado es tener las conexiones y válvulas necesarias para aislar el BPHE y permitir que el agua drene durante el retrolavado. Nuestros BPHE pueden equiparse con conexiones en la misma unidad para la limpieza.

Si hay retención a estas conexiones en el BPHE, entonces el contratista tendrá que añadir los puertos y válvulas.

Otra sugerencia útil es proporcionar tablas de flujo de agua/caída de presión que cubran el BPHE y el sistema completo de tuberías de agua. Ayudarán a los técnicos a determinar si es necesario un retrolavado o descalcificación.

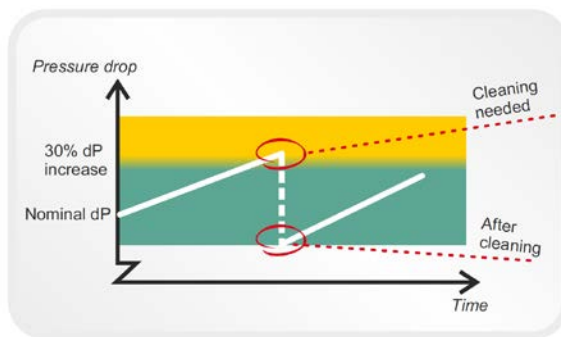


Imagen 3. Un aumento del 30% en la caída de presión indica que hace falta limpieza.

## Apéndice A - Recomendaciones sobre el agua

La siguiente guía indica la resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables y materiales de soldadura en el agua de las redes urbanas de energía a temperatura ambiente. La tabla enumera una serie de importantes componentes químicos. Sin embargo, la corrosión es un proceso muy complejo en el que influyen muchos factores diferentes en combinación. Esta tabla es por tanto una considerable simplificación y no debe considerarse definitiva.

### EXPLICACIONES:

- + Buena resistencia en condiciones normales
- 0 Posibles problemas de corrosión, especialmente cuando más factores tienen valor 0
- Uso no recomendado

CONTENIDO DE AGUA	DE CONCENTRACIÓN (mg/l o ppm)	LÍMITES DE TIEMPO Analizar antes de	Material de placa			Material de soldadura		
			AISI 304	AISI 316	254 SMO	COBRE	NÍQUEL	ACERO INOXIDABLE
Alcalinidad (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).	< 70	En 24 h	+	+	+	0	+	+
	70-300		+	+	+	+	+	+
	> 300		+	+	+	0/+	+	+
Sulfato <sup>[1]</sup> (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	< 70	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	70-300		+	+	+	0/-	+	+
	> 300		+	+	+	-	+	+
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	> 1,0	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	< 1,0		+	+	+	0/-	+	+
Conductividad eléctrica	< 10 µS/cm	Sin límite	+	+	+	0	+	+
	10-500 µS/cm		+	+	+	+	+	+
	> 500 µS/cm		+	+	+	0	+	+
pH <sup>[2]</sup>	< 6,0	En 24 h	0	0	0	0	+	0
	6,0-7,5		+	+	+	0	+	+
	7,5-10,0		+	+	+	+	+	+
	>10,0		+	+	+	0	+	+
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	< 2	En 24 h	+	+	+	+	+	+
	2-20		+	+	+	0	+	+
	> 20		+	+	+	-	+	+
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) <i>Por favor, véase también la tabla a continuación</i>	< 100	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	100-200		0	+	+	+	+	+
	200-300		-	+	+	+	+	+
	> 300		-	-	+	0/+	+	-
Cloro libre (Cl <sub>2</sub> )	< 1	En 5 h	+	+	+	+	+	+
	1-5		-	-	0	0	+	-
	> 5		-	-	-	0/-	+	-
Oxígeno	< 0.02 o tan bajo como sea posible.		+	+	+	+	+	+
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	< 0,05	Sin límite		+	+	+	+	+
	> 0,05			+	+	0/-	+	+
Libre (agresivo) Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).	< 5	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	5-20		+	+	+	0	+	+
	> 20		+	+	+	-	+	+
Dureza total (°dH)	4,0-8,5	Sin límite	+	+	+	+	+	+
Nitrito <sup>[1]</sup> (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	< 100	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	> 100		+	+	+	0	+	+
Hierro <sup>[3]</sup> (Fe)	< 0,2	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	> 0,2		+	+	+	0	+	+
Aluminio (Al)	< 0,2	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	> 0,2		+	+	+	0	+	+
Manganeso <sup>[3]</sup> (Mn)	< 0,1	Sin límite	+	+	+	+	+	+
	> 0,1		+	+	+	0	+	+

[1] Los sulfatos y nitratos inhiben la corrosión por picaduras causada por los cloruros en entornos de pH neutro

[2] En general, un pH bajo (inferior a 6) aumenta el riesgo de corrosión; un pH alto (superior a 7,5) disminuye el riesgo de corrosión

[3] el  $Fe^{3+}$  y  $Mn^{4+}$  son oxidantes fuertes y pueden aumentar el riesgo de corrosión localizada en aceros inoxidables

[4] en combinación con material de soldadura de cobre

$SiO_2$  por encima de 150 ppm aumenta el riesgo de incrustaciones

La tabla a continuación cubre un rango de concentraciones de cloruro y temperaturas, y muestra el material de soldadura y grado de acero inoxidable requerido para diferentes combinaciones de temperatura y concentración de cloruro.

CLORURO CONTENIDO	TEMPERATURA MÁXIMA				
	30 °C/86 °F	60 °C/140 °F	80 °C/176 °F	120 °C/248 °F	130 °C/266 °F
= 10 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316
= 25 ppm	SS 304	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>
= 50 ppm	SS 304	SS 304	SS 316	SS 316	Ti / 254 SMO
= 80 ppm	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	Ti / 254 SMO
= 150 ppm	SS 316	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO
= 300 ppm	SS 316	SS 316 <sup>[4]</sup>	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO
> 300 ppm	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO	Ti / 254 SMO

<sup>[4]</sup> con material de soldadura de cobre



SWEP es el proveedor líder mundial en intercambiadores de calor de placas soldadas (BPHE). Sus productos se utilizan en situaciones en las que se debe transferir eficazmente el calor en aplicaciones de aire acondicionado, refrigeración, calefacción y aplicaciones industriales. SWEP está cerca de todos sus clientes, con representación en más de 50 países y su propio personal de ventas en más de 20 países. Las unidades de producción altamente eficaces en Suecia, EE. UU., Malasia, Eslovaquia y China permiten dar servicio a clientes de todo el mundo. Esta empresa forma parte de la organización global Dover Corporation, que cotiza en la bolsa de Nueva York y posee un capital multibillonario, la cual es un fabricante diversificado de una amplia gama de productos y componentes patentados para uso industrial y comercial.