

Fundamentos de Química: Obtenga un Análisis del Agua

A Base da Química: Faça uma Análise de Água

2ª de 3 Partes

por C.F. "Chubb" Michaud

Español

Português

Resumen: Este artículo, el segundo de una serie de tres partes, examina las instrucciones para el uso apropiado de un análisis de agua, y señala algunas trampas en las que hay que evitar caer, al tratar de descifrarlo. La primera parte señaló el proceso básico de ionización y el valor de la Tabla Periódica de los Elementos para los profesionales del tratamiento de agua. La tercera parte, la cual aparecerá en el próximo número, describe cómo utilizar la química y la selectividad del intercambio iónico para resolver ciertos problemas de tratamiento de agua. A lo largo de esta serie, se intenta aclarar algunas de las complejidades de la química para proveerle a los lectores una buena idea de los fundamentos del filtrado e intercambio iónico.

Para diseñar de manera adecuada un sistema de tratamiento de agua, particularmente uno que utiliza intercambio iónico y ósmosis inversa, primero es necesario obtener una lista cuantitativa y cualitativa del contenido de la corriente de alimentación deseada. Esta lista se conoce como el análisis de agua y es imperativo interpretarla de manera adecuada para asegurar buenos resultados. Aunque el propósito de un sistema de intercambio iónico consiste en eliminar solamente los componentes perjudiciales de una corriente de alimentación, otros factores, tales como la temperatura, los sólidos totales disueltos (STD), el pH y los minerales de indicio, también tienen una función, y por lo tanto deben tomarse en cuenta.

Generalmente, los laboratorios presentan un informe del análisis de agua utilizando ciertos métodos aprobados, los cuales proporcionan sus resultados en miligramos por litro (mg/L). Esto es conveniente porque 1 mg/L es igual a 1 ppm, o parte por millón. Sin embargo, este número está dado en unidades de peso. Por otra parte, los intercambiadores iónicos no se preocupan del peso; se preocupan de los iones, que son los verdaderos componentes químicos que estamos intentando eliminar. Un miligramo de magnesio o calcio no contiene el mismo número de iones o equivalentes iónicos que el sodio o el hidrógeno. La convención que se utiliza comúnmente consiste en convertir a ppm como CaCO_3 —carbonato de calcio. La confusión surge porque tanto el valor de mg/L como el de CaCO_3 pueden ser, y a menudo son, reportados como ppm. Una práctica adecuada consistiría en referirse a los componentes elementales (el análisis) como mg/L y a los equivalentes de CaCO_3 (la conversión) como ppm.

CaCO_3 como ppm

CaCO_3 es una selección de nombre arbitraria. Tiene una fórmula o peso molecular (PM) de 100 (comparado con el carbón, que tiene un PM de 12). Tanto el ion calcio (Ca^{++} o Ca^{+2}) como el ion carbonato ($\text{CO}_3 = \text{O}$

Resumo: Nesta segunda parte de uma série de três, examinamos o uso correto de uma análise de água e as armadilhas a serem evitadas ao decifrá-la. Na primeira parte, discutimos a ionização básica e a importância da Tabela Periódica dos Elementos para o profissional de tratamento de água. Na terça parte, na próxima edição, discutiremos o uso da química e da seletividade de troca iônica para resolver certos problemas do tratamento de água. Em toda esta série, tentaremos desmistificar algumas das complexidades da química para oferecer aos leitores uma boa compreensão dos fundamentos da filtração e troca iônica.

Para projetar corretamente um sistema de tratamento de água, principalmente com troca iônica e osmose reversa, é necessário, primeiramente, obter uma listagem tanto quantitativa como qualitativa do que a corrente de alimentação pretendida contém. Essa listagem é conhecida como análise da água, e sua interpretação correta é uma necessidade para se garantirem bons resultados. Embora a finalidade de um sistema de troca iônica seja remover somente os componentes iônicos prejudiciais de uma corrente de alimentação, outros fatores tais como temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), pH e minerais-traço também desempenham um papel importante, devendo, portanto, ser considerados.

Os laboratórios geralmente fazem o relatório de uma análise de água usando certos métodos de ensaio aprovados, que dão os resultados em miligramas por litro (mg/L). Isso é conveniente, porque 1 mg/L é igual a 1 ppm, ou parte por milhão. Esse número, contudo, é em unidades de peso. Os trocadores iônicos, por outro lado, não lidam com peso; eles lidam com íons, que são os componentes químicos reais que estamos tentando remover. Um miligrama de magnésio ou de cálcio não contém o mesmo número de íons ou equivalentes iônicos que o sódio ou o hidrogênio. A convenção normalmente utilizada é converter para ppm como CaCO_3 —carbonato de cálcio. A confusão surge porque tanto o valor de mg/L como o valor de CaCO_3 podem ser (e freqüentemente são) dados em ppm. Uma boa prática seria referir-se aos componentes elementares (a análise) como mg/L, e aos equivalentes de CaCO_3 (a conversão) como ppm.

CaCO_3 como ppm

O CaCO_3 é um nome escolhido arbitrariamente. Ele possui uma fórmula ou peso molecular (PM) de 100 (comparado ao carbono, com PM de 12). Tanto o íon cálcio (Ca^{++} ou Ca^{+2}) como o íon carbonato ($\text{CO}_3 = \text{O}$ ou CO_3^{-2}) são bivalentes. Ou seja, eles têm um valor de carga de +2 e -2, respectivamente (em comparação a +1 do sódio) e, portanto, um peso equivalente de 50.

O peso equivalente de qualquer substância é igual ao seu PM dividido

CO_3^{2-}) son bivalentes. Es decir, tienen un valor de carga de +2 y -2, respectivamente (comparados con el ion sodio, con un valor de +1), y de tal manera, un peso equivalente de 50.

El peso equivalente de cualquier sustancia es igual que su PM dividido por su valencia. En el caso de CaCO_3 , esto es $100 \div 2 = 50$. Debe notarse que ni Ca^{++} ni CO_3 tienen un peso equivalente de 50, pero su combinación sí lo tiene. El peso equivalente de Ca^{++} es 20 ($\text{PM} = 40 \div 2 = 20$) y el peso equivalente de CO_3 es 30 ($\text{PM} = 60 \div 2 = 30$). Por lo tanto, debemos igualar el contenido de agua de Ca^{++} y CO_3 , al peso equivalente de CaCO_3 . Esto se hace multiplicando por un factor de conversión (derivado de la división del número 50 entre el peso equivalente de la sustancia). En el caso de Ca^{++} , esto es $50 \div 20 = 2.5$. Para CO_3 , esto es $50 \div 30 = 1.67$. Puede verse fácilmente que la mayoría de los componentes más comunes del agua tienen un peso molecular diferente, por lo que se tendrá una variedad de factores de conversión. La Tabla 1 presenta una lista de los elementos comunes y sus factores de conversión. La Tabla 2 muestra un análisis sencillo de agua convertido de mg/L a ppm como CaCO_3 .

Mientras que el contenido total de minerales disueltos de esta agua (residual por evaporación) mediría 435 mg/L de agua cruda, el contenido de STD como CaCO_3 es 273.5 ppm (para propósitos de desionización, o DI). No deben sumarse los valores del catión con los del anión.

Para determinaciones del anión, el silicio se menciona como algo poco importante. "Tengo 273.5 ppm de agua con 15 ppm de silicio".

por sua valência. No caso do CaCO_3 , é de $100 \div 2 = 50$. Deve-se observar que nem o Ca^{++} nem o CO_3 possuem um peso equivalente de 50, mas a combinação deles, sim. O peso equivalente do Ca^{++} é 20 ($\text{PM} = 40 \div 2 =$

20), e o peso equivalente do CO_3 é 30 ($\text{PM} = 60 \div 2 = 30$). Assim, devemos igualar o teor de Ca^{++} e CO_3 da água ao peso equivalente do CaCO_3 . Fazemos isso multiplicando por um fator de conversão (que se obtém pela divisão do número 50 pelo peso equivalente da substância). No caso do Ca^{++} , é $50 \div 20 = 2,5$. Para o CO_3 , é $50 \div 30 = 1,67$. Podemos facilmente ver que a maioria dos componentes comuns da água possuem um peso molecular diferente, portanto teremos uma variedade de fatores de conversão. A Tabela 1 apresenta os elementos comuns

e seus fatores de conversão. A Tabela 2 mostra uma análise de água simples convertida de mg/L para ppm como CaCO_3 .

Embora o teor de minerais totais dissolvidos dessa água (residual de evaporação) daria 435 mg/L de água bruta, o STD como CaCO_3 é de 273,5 ppm (para fins de desionização, ou DI). Não se adicionam os valores do cátion e do ânion.

Para determinações do ânion, menciona-se a sílica apenas como um fator secundário. "Tenho 273,5 ppm de água com 15 ppm de sílica." Para cálculos de leito misto, isso dá 288,5 ppm de água. Para cálculos de abrandamento, são 10 "grãos" de água, e para desalcalinização, são 10,5 grãos de água. Há 16,0 grãos de cátions e 16,9 grãos de ânions para desionização. Um grão são 17,1 ppm de STD como CaCO_3 .

Tabla 1. Factores de conversión para componentes de agua comunes

Cationes		Aniones	
Ca^{++}	2.50	HCO_3^-	0.82
Mg^{++}	4.10	$\text{CO}_3^{=}$	0.83*
Na^+	2.18	$\text{SO}_4^{=}$	1.04
K^+	1.28	Cl^-	1.41
Fe^{++}	1.79	NO_3	0.81
Mn^{++}	1.82	SiO_2	0.83

*Para propósitos de intercambio iónico, se asume que el carbonato reacciona como el ion monovalente.

Para cálculos de lecho mixto, esto se traduce como 288.5 ppm de agua. Para cálculos de suavizado esto consiste de 10 granos de agua y, para la desalcalinización, 10.5 granos. Hay 16.0 granos de cationes y 16.9 granos de aniones para la desionización. Un grano es 17.1 ppm de SDT como CaCO_3 .

Todo ion tiene su pareja

Se asume que todo ion tiene un ion opuesto (como un compañero de baile). Debe mencionarse que en condiciones extremas de pH (es decir <4 o >10), habrá un exceso de cationes o aniones, respectivamente. Normalmente, cada catión tiene un anión (con excepción del silicio), de tal manera que el total de cationes debe ser igual al total de aniones (sin contar el silicio). Se presume que el silicio, un ácido débilmente ionizado, existe (para propósitos de DI) como H_2SiO_3 (ácido silícico) y su pareja es el ion H^+ . Por lo tanto, se presenta por sí solo como un anión.

Algunas veces el análisis de agua estará incompleto en el sentido de que solamente se reportan los iones no deseados (calcio, magnesio, hierro, alcalinidad, sulfato y silicio)—faltan el sodio y cloruro. Si el análisis parece estar incompleto, busque lo que sea obvio. Uno puede calcular ppm como CaCO_3 , dividiendo la conductividad (como micromhos, o μmhos) por 2.5. En la Tabla 2, se muestra la conductividad como 650 μmhos . Dividiendo por 2.5 obtenemos un valor para STD de 260 ppm.

Si los totales para el catión y el anión no son los mismos, los igualamos añadiéndole a los valores de sodio (Na^+) o cloruro (Cl^-). Por ejemplo, si el total de cationes fuese 15 menos que el total de aniones, añadiríamos 15 ppm a Na^+ como CaCO_3 a la carga del catión. Incluya las ppm como valores de CaCO_3 para todos los cationes monovalentes (K^+ , NH_4^+) como parte del total para Na^+ y los aniones monovalentes (NO_3^- o F^-) como parte del total para Cl^- . Para propósitos de DI, el hierro (Fe^{++}) puede ser tratado como Ca^{++} después de hacer la conversión.

Luego añadimos un valor de silicio al total de aniones para obtener la carga "total" aniónica. Esto se hace después de balancear los totales para el catión y el anión. Para propósitos de cálculos de capacidad, por lo general es seguro ignorar todo elemento con un valor menor que 0.1 ppm. Al dividir estos totales corregidos por 17.1, se convierten las ppm como valores de CaCO_3 a valores de granos por galón (gpg). Como la capacidad de intercambio iónico se determina generalmente en kilogramos (Kgr) por pie cúbico (ft^3 o cu ft), (1 Kgr = 1,000 granos), podemos determinar la capacidad del volumen que pasa en galones por pie cúbico (gal/ft^3) de resina. Sencillamente divide los granos de carga entre la capacidad de la resina.

Ejemplo: Determine el tamaño apropiado de un sistema de DI que aguante 20 gpm por 12 horas, usando el análisis de agua anterior. Utilice 6 libras por pie cúbico (lbs/ft^3) de HCl para la regeneración del catión y 7 lbs/ft^3 de soda cáustica a temperatura ambiente (NaOH) para el anión. La literatura muestra que la capacidad del catión (con aproximadamente 40% de Na y 60% de alcalinidad) es 27.5 Kgr/ft^3 . Usando una disminución de ingeniería de 1%, tenemos una capacidad neta de diseño de 24.75 Kgr/ft^3 ($27.5 \times .9 = 24.75$) para el catión. El anión (utilice uno de Tipo II) tendrá una capacidad de reserva de 20.3 Kgr/ft^3 (con 5% de silicio en el flujo de ingreso) y disminuirémos esto en 15% para propósitos de diseño

Todo ion tem um parceiro

Supõe-se que todo íon tem um contra-íon (como um parceiro de dança, por assim dizer). Deve-se observar que, em condições extremas de pH (ou seja, <4 ou >10), haverá um excesso de cátions ou ânions, respectivamente. Normalmente, todo cátion possui um ânion (com exceção da sílica) de forma que os cátions totais devem igualar os ânions totais (sem a sílica). Supõe-se que a sílica, um ácido fracamente ionizado, existe (para fins de desionização) como H_2SiO_3 (ácido silícico) e tem o H^+ como parceiro. Portanto, ela aparece sozinha como ânion.

Às vezes a análise da água estará incompleta se apenas os íons prejudiciais (cálcio, magnésio, ferro, alcalinidade, sulfato e sílica) forem listados—estão faltando o sódio e o cloreto. Se a análise parecer incompleta, procure o óbvio. Você pode estimar o ppm como CaCO_3 ao dividir a condutividade (em micromhos, ou mmhos) por 2.5. Na Tabela 2, mostramos a condutividade como 650 mmhos . Dividindo-se por 2,5 obtemos um STD de 260 ppm.

Se os totais para o cátion e o ânion não forem iguais, tornamo-los iguais fazendo um acréscimo aos valores do sódio (Na^+) ou do cloreto (Cl^-). Por exemplo, se o total do cátion fosse 15 a menos que o do ânion, adicionaríamos 15 ppm ao Na^+ como CaCO_3 à carga do cátion. Inclua o ppm como valores de CaCO_3 para todos os cátions monovalentes (K^+ , NH_4^+) como parte do total do Na^+ e ânions monovalentes (NO_3^- or F^-) como totais de Cl^- . Para fins de DI, pode-se tratar o ferro (Fe^{++}) como Ca^{++} após a conversão.

Nós então adicionamos o valor da sílica ao total do ânion para obter a carga "total" do ânion. Faz-se isso balanceando-se os totais do cátion e do ânion. Para fins de cálculos de capacidade, geralmente é seguro desprezar quaisquer itens cujo valor seja abaixo de 0,1 ppm. Dividindo-se esses totais corrigidos por 17,1, converte-se o ppm como valores de CaCO_3 para valores de grãos por galão (gpg). Como a capacidade de troca iônica geralmente é determinada em kilogramos (kgr) por pé cúbico (pé^3) (1 kgr = 1.000 grãos), podemos agora determinar a capacidade de "produção" em galões por pé cúbico ($\text{gal}/\text{pé}^3$) de resina. Basta dividir a capacidade da resina pelos grãos de carregamento.

Exemplo: Determinar o tamanho correto de um sistema de DI que tratará 20 gpm por 12 horas usando a análise de água acima. Usar 6 libras-peso por pé cúbico ($\text{lb}/\text{pé}^3$) de HCl para regeneração de cátion e 7 $\text{lb}/\text{pé}^3$ de soda cáustica (NaOH) à temperatura ambiente para o ânion. A literatura mostra que a capacidade do cátion (a aproximadamente 40% de Na e 60% de alcalinidade) é de 27,5 $\text{kgr}/\text{pé}^3$. Utilizando-se um fator de redução de engenharia de 10%, temos uma capacidade líquida de projeto de 24,75% ($27,5 \times 0,9 = 24,75$) para o cátion. O ânion (usar um de Tipo II) terá uma capacidade nominal de 20,3 $\text{kgr}/\text{pé}^3$ (com 5% de sílica na água de entrada), e nós reduziremos isso em 15% para fins de projeto (multiplicar por 0,85), o que nos dá 17,25 $\text{kgr}/\text{pé}^3$. O "fator" de redução de engenharia é um fator de segurança aplicado a cálculos de DI para levar em conta o desgaste, perda de resina e uma certa incrustação, bem como variações na corrente de entrada durante a vida da resina. É geralmente de 10% para resinas de cátions e 15% para resinas de ânions.

Como temos uma carga de ânion de 16,9 gpg, teremos de remover

Tabla 2. Conversiones para análisis de agua

Cationes	mg/L	como CaCO_3	Aniones	mg/L	como CaCO_3
Calcio	60	150 ppm	Bicarbonato	220	180 ppm
Magnesio	4.9	20 ppm	Carbonato	5	4 ppm
Sodio	45.9	100 ppm	Sulfato	38.5	30 ppm
Potasio	2.3	3 ppm	Clorito	35.5	50 ppm
Hierro (ferroso)	0.3	0.5 ppm	Nitrato	4.3	3.5 ppm
Subtotal:	113.4	273.5	Subtotal:	303.3	273.5
			Sílice	18	15
			Total	321.3	288.5
Temperatura	68°F				
pH	7.6				
Turbidez	0.5 NTU				
Color	35 APHA				
Conductividad	650 μmhos				

(multiplique por 0.85), lo cual nos deja con 17.25 Kgr/ft³. El "factor" de disminución de ingeniería es un factor de seguridad aplicado a los cálculos de DI para permitir el uso y desgaste, pérdida de la resina, y algo de incrustación; al igual que variaciones en la corriente de alimentación a lo largo de la vida de la resina. Generalmente, esto es 10% para las resinas catiónicas y 15% para las aniónicas.

Como tenemos una carga aniónica de 16.9 gpg, tendremos que eliminar $16.9 \text{ gr/gal} \times 20 \text{ gal/min} \times 60 \text{ min/hr} \times 12 \text{ hr/ciclo} = 243,360$ granos/ciclo. Dividiendo esto por una capacidad aniónica de 17.25 Kgr, vemos que se necesitarán 14 pies cúbicos de resina aniónica. Como el catión tendrá que producir el agua requerida para regenerar la resina aniónica, tenemos que añadir esa cantidad de agua a nuestra carga catiónica antes de determinar el tamaño del intercambiador catiónico. El total de galones es $20 \text{ gpm} \times 60 \text{ min/hr} \times 12 \text{ hr/ciclo} = 14,400 \text{ gal}$. Suponiendo que se requieren 75 galones de agua para regenerar cada pie cúbico de resina aniónica, añada 1,050 galones ($75 \text{ gal/ft}^3 \times 14 \text{ ft}^3$). Por lo tanto, el catión debe tratar 15,450 galones ($\times 16.0 \text{ gpg}$) o 247,200 granos. Dividiendo esto por nuestra clasificación catiónica de 24.75 Kgr, necesitaremos 10 pies cúbicos de resina catiónica. Las capacidades de resina dependen del análisis de agua (entre otras cosas), y por lo tanto no son constantes para todos los sistemas. Las proporciones entre varios iones harán que cambie la capacidad de la resina, al igual que la calidad del efluente en el que uno está interesado. El flujo por pie cúbico también afectará la capacidad, como lo hará la temperatura de servicio y el regenerante. Además, la cantidad de regenerante se determina generalmente por los valores de fuga (calidad) que se necesitan. La calidad del agua de efluente es lo que pone todo en movimiento. La

$16,9 \text{ gr/gal} \times 20 \text{ gal/min} \times 60 \text{ min/h} \times 12 \text{ h/ciclo} = 243.360 \text{ grãos/ciclo}$. Dividindo-se isso por 17,25 kgr de capacidade do ânion, vemos que precisaremos de 14 pés cúbicos de resina aniônica. Como o cátion terá de produzir a água necessária para regenerar a resina aniônica, devemos agora acrescentar essa quantidade de água à nossa carga de cátion antes de determinar o tamanho do trocador catiônico. Os galões totais são $20 \text{ gpm} \times 60 \text{ min/h} \times 12 \text{ h/ciclo} = 14.400 \text{ gal}$. Supondo-se que sejam necessários 75 galões de água para regenerar cada pé cúbico de resina aniônica, adicionar 1.050 galões ($75 \text{ gal/pé}^3 \times 14 \text{ pé}^3$). O cátion, portanto, deve tratar 15.450 galões ($\times 16,0 \text{ gpg}$), ou 247.200 grãos. Dividindo-se isso por nossa capacidade catiônica de 24,75 kgr, precisaremos de 10 pés cúbicos de resina catiônica. As capacidades da resina dependem da análise da água (entre outras coisas) e, portanto, não são constantes para cada sistema. As proporções dos vários íons entre si farão com que a capacidade da resina varie, como também a qualidade pretendida do efluente. A vazão por pé cúbico também afetará a capacidade, como também a temperatura de serviço e o regenerante. Além disso, a quantidade de regenerante geralmente é determinada pelos valores de vazamento (qualidade) necessários. A qualidade da água efluente é o que faz tudo funcionar. O "vazamento", os íons de fundo que parecem ser uma remoção incompleta de íons indesejáveis, é resultado da regeneração incompleta.

Lembrando-nos de que a regeneração "completa" é algo praticamente impossível, escolhemos um nível de regeneração que produza um vazamento que podemos tolerar como sendo de qualidade aceitável. A engenharia dos sistemas de DI é uma ciência complexa (e, dizem alguns, uma arte), que não vai ser abordada aqui.

“fuga” de los iones de trasfondo, que parecen ser una eliminación incompleta de los iones no deseados, es el resultado de una regeneración incompleta.

Estando conscientes de que una regeneración “completa” es casi imposible, se escoge un nivel de regeneración que produzca una fuga tolerable, como una de calidad aceptable. La ingeniería de sistemas de DI es una ciencia compleja (y algunas personas dicen que es un arte) y no será abordada en este artículo.

Carga del suavizador

Para hacer un suavizador no solamente se necesita medir la dureza del agua y fijar el botón selector. Su cliente no solamente quiere que su agua sea suavizada hoy, sino también mañana, el próximo mes y dentro de diez años. Esto significa que el procedimiento de regeneración debe también ser un procedimiento de rejuvenecimiento para mantener la unidad funcionando de manera satisfactoria por muchos años. El análisis de agua puede ayudarnos a determinar la manera de hacer esto.

La cantidad de suavizador que debe pasar por el sistema no solamente es influida por la dureza, sino también por los STD, hierro, temperatura, flujo y nivel de regeneración, y la técnica. Los STD y el hierro son por lo general parte del análisis del agua, por lo cual los investigaremos.

La fuga de agua dura es causada por la dureza residual que queda en la resina después de la regeneración y se derrama durante la corrida de servicio. Aumentando la dosis de sal puede minimizar esta fuga. Mientras el agua dura pasa a través del lecho de resina, la dureza es intercambiada por sodio (o potasio). Mientras más alto sea el nivel de sodio (o nivel de

Carga do abrandador

Construir um abrandador é mais do que apenas medir a dureza da água e ajustar o botão. O seu cliente não só quer sua água abrandada hoje, mas também amanhã, no mês que vem e daqui a 10 anos. Isso significa que o procedimento de regeneração também deve ser um procedimento de rejuvenescimento para manter a unidade em operação satisfatória durante muitos anos. A análise da água pode ajudar-nos a determinar como fazer isso.

A produção do abrandador é influenciada não só pela dureza, mas também pelos STD, ferro, temperatura, vazão e nível e técnica de regeneração. Como a STD e o ferro geralmente farão parte da análise da água, vamos dar uma olhada nesses fatores.

O vazamento de água dura é causado pela dureza residual que fica na resina após a regeneração e vaza durante a operação de serviço. Aumentar a dosagem de sal pode minimizar isso. À medida que a água passa através de um leito de resina, a dureza é trocada por sódio (ou potássio). Quanto mais alto o nível de sódio (ou nível de alimentação de STD), maior a tendência de a água abrandada carrear a dureza de volta para a resina. Isso reduz o comprimento útil (e, portanto, a capacidade) entre o vazamento de linha de base e o vazamento de arrastamento. O simples fato de conhecer o STD com antecedência pode poupar-lhe as dispendiosas visitas de campo para atender as reclamações de baixa capacidade ou vazamento através do ajuste da capacidade e uso de uma dose mais alta de sal com antecedência. Para atingir um vazamento de 5 ppm (ou menos) durante a operação, use os seguintes ajustes de sal para vários valores de STD (ver *Tabla 3*).

alimentación de STD), mayor será la tendencia del agua suavizada de lixiviar dureza de vuelta, de la resina. Esto reduce la duración de la corrida (y por lo tanto la capacidad) entre la fuga de fondo y la fuga de penetración. Simplemente conociendo el valor de STD anticipadamente puede ayudarle a evitar llamadas costosas desde el campo, para remediar quejas sobre la baja capacidad o fugas, ajustando la capacidad y usando una dosis de sal más alta, anticipadamente. Para lograr una fuga de 5 ppm (o menos) durante la corrida, utilice los siguientes valores de sal para varios valores de STD (ver *Tabla 3*).

El hierro soluble es intercambiado por un intercambiador catiónico como Fe^{+2} . Sin embargo, con el tiempo, se oxida para convertirse en Fe^{+3} y no es fácilmente eliminado por la regeneración de sal. Si le asignamos un valor más alto al hierro, al tratar de determinar nuestra carga, se reducirá el volumen que pasa y por lo tanto se regenerará más frecuentemente (reduciendo la probabilidad de oxidación de hierro sobre y en la resina).

Una buena práctica consiste en tratar cada ppm de hierro como un grano de dureza. Como tal, en el análisis de agua de nuestra muestra, tenemos una carga de 10 granos de dureza y añadimos 0.3 granos para el hierro (total = 10.3). El hierro soluble, tan alto como 30 ppm, ha sido tratado exitosamente con un suavizador estándar con un nivel de regeneración de 10 a 12 libras de sal/pié³. El uso de un limpiador de resina siempre es una buena decisión. El ácido cítrico (disponible a través de la mayoría de abastecedores de sustancias químicas) funciona bien a un nivel de una libra por cada 50 libras de sal y puede ser añadido directamente al tanque de salmuera.

Trampas en el análisis de agua

Hay algunas cosas que deben observarse al hacer los cálculos.

Dureza y alcalinidad

Frecuentemente, un análisis de agua reportará la dureza total (DT) y/o alcalinidad (HCO_3^-) en ppm como $CaCO_3$. Con el propósito de diseñar suavizadores y desalcalinizadores, estos números pueden ser escritos directamente como valores de "carga". Sin embargo, si también se incluye el valor de mg/L, haga la conversión para verificar los cálculos.

Nitratos y nitritos

El nitrato (NO_3) y el nitrito (NO_2), son reportados frecuentemente en términos de mg/L como N (nitrógeno). Esto se escribe como NO_3-N y NO_2-N , respectivamente. Es necesario convertir primero estos valores a mg/L como el ion, luego a ppm como $CaCO_3$. Debido a que N tiene un PM = 14, y NO_3 tiene un PM = 62, es necesario multiplicar el valor de N por 62/14 o 4.43 para el de NO_3 y 3.29 para el de NO_2 . El nivel máximo de contaminante (NMC) para NO_3-N es 10 ppm. Esto es igual a 44.3 mg/L para el ion NO_3 y 35.9 ppm como $CaCO_3$.

Metales traza

Mientras que los metales traza, particularmente los metales pesados, pueden estar presentes a niveles muy bajos, su toxicidad por lo general define si serán o no reportados. Por lo general, sus valores se reportan en microgramos (millones de un gramo) y escritos como ug/L (algunas veces la letra "u" es sustituida por la letra griega "μ" o mu). Este valor en realidad está dado en partes por billón (ppb) y, mientras que su valor probablemente no afecte la capacidad, su presencia puede influir sobre la manera en que usted diseña su sistema. No confunda μg con mg.

O ferro solúvel é trocado num trocador catiónico como Fe^{+2} . Contudo, com o tempo, ele se oxida para Fe^{+3} e não é prontamente removido pela regeneração com sal. Se atribuímos um valor mais alto para o ferro na determinação de nosso carregamento, reduziremos o volume de produção e, portanto, regeneraremos com mais frequência (reduzindo a probabilidade de oxidação do ferro sobre a resina e dentro dela). Assim, em nossa amostra de análise de água, temos 10 grãos de carga referentes à dureza e adicionamos 0,3 grãos para o ferro (total = 10,3). Ferro solúvel de até 30 ppm já foi tratado com sucesso com um abrandador padrão com nível de regeneração de 10 a 12 libras de sal/pé³. A utilização de um limpador de resina sempre é uma boa medida. O ácido cítrico (disponível na maioria dos fornecedores de produtos químicos) funciona bem na proporção de uma libra-peso para 50 libras-peso de sal, podendo ser adicionado diretamente ao tanque de salmoura.

Armadilhas da análise de água

Existem algumas coisas que devem ser observadas em seus cálculos.

Dureza e alcalinidade

Freqüentemente, uma análise de água listará a dureza total (DT) e/ou alcalinidade (HCO_3^-) em ppm como $CaCO_3$. Para fins de projeto de abrandadores e desalcalinizadores, pode-se inserir esses números diretamente como valores de "carregamento". Contudo, se o valor em mg/L também estiver listado, faça a conversão para se certificar dos cálculos.

Nitratos e nitritos

O nitrato (NO_3) e o nitrito (NO_2) são freqüentemente relatados em termos de mg/L como N (nitrogênio). Escreve-se isso como NO_3-N e NO_2-N , respectivamente. É necessário primeiro converter esses valores para mg/L como o íon, e então para ppm como $CaCO_3$. Como o N tem um PM = 14, e o NO_3 tem um PM = 62, é necessário multiplicar o valor do N por 62/14, ou 4,43, para o NO_3 e por 3,29 para o NO_2 . O nível máximo de contaminante (NMC) para o NO_3-N é de 10 ppm. Isso iguala 44,3 mg/L para o íon NO_3 e 35,9 ppm como $CaCO_3$.

Metais-traço

Enquanto os metais-traço, principalmente os metais pesados, podem estar presentes em níveis muito baixos, sua toxicidade geralmente exige que sejam relatados. Seus valores geralmente são relatados em microgramas (milionésimos de grama) e escritos como ug/L (às vezes a letra "u" é substituída pela letra grega "μ", ou mu). Esse valor, na verdade, está em partes por bilhão (ppb) e, embora seu valor provavelmente não afete a capacidade, sua presença pode influenciar a forma de projetar o seu sistema. Não confundir mg com μg.

É uma prática comum estabilizar com ácido uma amostra de água antes de mandá-la para o laboratório. A acidificação destina-se a evitar a precipitação de metais devido a possíveis mudanças de pH (por perda de CO_2 durante o aquecimento ou agitação da amostra). A acidificação não só evita a precipitação como também faz com que os metais precipitados (como o alumínio, ferro e chumbo) se solubilizem. Desconfie se houver um detalhamento moderado das quantidades em ppb de metais-traço na análise. Essa amostra pode ter sido acidificada. A água bruta pode conter esses elementos como precipitados, que devem ser removidos por filtração de particulados. Observe a água mais atentamente.

Tabla 3. Dosis para goteo vs. sólidos totales disueltos (STD)

STD agua de alim.*	Libras de sal
200	2
500	5
800	10
1,200	15
1,500	20
2,000	25

*Expresado como ppm.

Es una práctica común estabilizar una muestra de agua con ácido antes de enviarla al laboratorio. La acidificación tiene el propósito de prevenir la precipitación de metales debido a los posibles cambios de pH (de la pérdida de CO₂ durante el calentamiento de la muestra o agitación). La acidificación no solamente previene la precipitación, sino también hace que los metales precipitados (tales como el aluminio, hierro y plomo) se solubilicen. Si se encuentra una cantidad moderada de ppb de metales traza en el análisis, hay que hacer una verificación. Esta muestra podría haber sido acidificada. El agua cruda puede acarrear estos elementos como precipitados, los cuales deben eliminarse a través de la filtración de partículas. Vea el agua más de cerca.

Turbidez

El agua sucia puede tapar y ensuciar las unidades de intercambio iónico, causando canalización y pérdida de capacidad. Si los valores de turbidez son >5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), utilice un prefiltro.

Color

Las sustancias orgánicas naturales (tales como las taninas) o el hierro (coloide, orgánico o precipitado) pueden causar color, el cual se reporta como unidades APHA. Los valores de color por debajo de 25 APHA, por lo general no son discernibles a simple vista. Nuevamente, trate de determinar lo que está causando el color e instale una pre-filtro adecuado. Los suavizadores no eliminan el color. A menudo, el carbón activado granular (CAG) y/o la resina aniónica para la regeneración de sal pueden funcionar.

Temperatura

Generalmente, los sistemas de intercambio iónico están hechos para funcionar a temperaturas de agua de alimentación entre 50 y 100°F (10°C a 37.78°C). Las temperaturas más altas pueden ser perjudiciales para las resinas aniónicas en los sistemas de DI. Un análisis de agua provisto por un laboratorio puede incluir la temperatura, pero esto es insignificante. Es mejor verificar con el sitio de instalación deseado si el intercambio iónico será parte del diseño.

Una gran parte del proceso de intercambio iónico depende de la habilidad de los iones de difundirse dentro y fuera de la matriz de esferas de resina. Esto depende de la temperatura y puede ser seriamente disminuido por las operaciones de agua fría. Los lechos de resina deben ser por lo menos 50% mayores en diámetro y 100% mayores en volumen para aguantar corrientes de agua por debajo de 40°F (4.45°C).

Conclusión

Obtener y usar un buen análisis de agua es esencial para el diseño apropiado de cualquier sistema de filtración de agua, particularmente un intercambiador iónico. Existe mucha información valiosa en un análisis de laboratorio que puede ser útil para evitar errores de diseño. Asegúrese de entender el análisis de agua. Verifique los cálculos para asegurarse que las unidades tengan sentido. Asegúrese que el número de cationes sea igual al de aniones, y luego añada silicio para determinar la carga total.

Acerca del Autor

Chubb Michaud, CWS-VI, obtuvo su licenciatura y maestría en ingeniería química de la Universidad de Maine, EE.UU. y cuenta con más de 30 años de experiencia profesional en procesos de tratamiento de agua y fluidos. Es director técnico de Systematix Co., compañía que fundó en 1982. Además es miembro del Comité de Revisión Técnica de la Revista Water Conditioning & Purification (WC&P).
Contacto: +1(714) 522-5453, +1(714) 522-5443 (fax),
cmichaud@systematixusa.com

Turbidez

A água suja pode sujar e entupir as unidades de troca iônica, causando a canalização e perda de capacidade. Use um pré-filtro se os valores de turbidez forem >5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez).

Cor

Produtos orgânicos naturais (como os taninos) ou o ferro (coloidal, orgânico ou precipitado) podem provocar cor, relatada em unidades APHA. Os valores de cor abaixo de 25 APHA geralmente não são perceptíveis a olho nu. Novamente, tente determinar o que está causando a cor e instale uma pré-filtração adequada. Os abrandadores não removem a cor. O carvão ativado granular (CAG) e/ou a resina aniônica de regeneração por sal normalmente resolvem o problema.

Temperatura

Os sistemas de troca iônica normalmente são projetados para funcionar com temperaturas de alimentação da água de 50 °F a 100 °F (10 °C a 37,78 °C). Temperaturas mais elevadas podem ser prejudiciais às resinas aniônicas nos sistemas de DI. Uma análise de água fornecida por laboratório pode listar a temperatura, mas isso não tem serventia. Em vez disso, verifique se a troca aniônica foi considerada no sistema do local previsto para a instalação.

Grande parte do processo de troca iônica depende da capacidade dos íons de se difundir para dentro e para fora da matriz das esferas de resina. Ela depende da temperatura e é fortemente diminuída pelas operações com água fria. Os leitos de resina devem ser no mínimo 50% maiores em diâmetro e 100% maiores em volume para tratar com eficácia correntes de água abaixo de 40 °F (4,45 °C).

Conclusões

A obtenção e uso de uma boa análise de água é essencial para o projeto correto de qualquer sistema de filtração de água, principalmente de um trocador iônico. Há muitas informações valiosas em uma análise de laboratório que podem ajudá-lo a evitar erros de projeto. Certifique-se de que você entende a análise da água. Verifique os cálculos para ter certeza que as unidades são coerentes. Certifique-se de que os cátions são iguais aos ânions e então adicione a sílica para determinar o carregamento total.