¿Cómo prevenir la formación de incrustaciones en los sistemas de ósmosis inversa?

La mejor estrategia para prevenir la formación de incrustaciones en los sistemas de ósmosis inversa es la dosificación de productos anti-incrustantes con propiedades dispersantes. La dosificación de un inhibidor de incrustación efectivo tales propiedades mejora la efectividad del pre-tratamiento de la planta y minimiza la aglomeración de los coloides manteniéndolos en suspensión, evitando así que se depositen en la superficie de la membrana.

JORDI AUMATELL
EDUARD CORTADA
HUGO PEREIRA
JOÃO LOURENÇO
JOSÉ IGNACIO RAMOS
NÚRIA ADROER

www.adiquimica.com

El producto anti-incrustante es dosificado en concentraciones subestequiométricas en el agua de alimentación, para prevenir la formación de incrustaciones en el rechazo.

Los anti-incrustantes utilizados en los sistemas de ósmosis inversa que contienen en su formulación fósforo son eficaces como inhibidores de la incrustación y compatibles con las membranas de ósmosis inversa. Sin embargo, cuando son vertidos al medio se comportan como nutrientes de algas y bacterias, pudiendo dar lugar a la eutrofización.

En consecuencia, la legislación y los requisitos exigidos al rechazo de las plantas de ósmosis inversa son cada vez más restrictivos por lo que se refiere al vertido al medio de productos químicos utilizados en el tratamiento de aguas.

En dicho contexto, Adiquímica ha diseñado y formulado un producto anti-incrustante eficaz como inhibidor de la incrustación que, además, presenta propiedades dispersantes de la materia de origen coloidal. Esta dualidad anti-incrustante/dispersante es una propiedad muy importante del inhibidor Adic Ro-16AdicGreen respecto al resto de productos, que solo se comportan como anti-incrustantes.

Para agua salobre, se trata de un producto ambientalmente respetuoso porque no contiene ni fósforo ni nitrógeno en su composición, con baja toxicidad para las personas y los sistemas acuáticos, apto para el tratamiento del

La legislación y los requisitos exigidos al rechazo de las plantas de ósmosis inversa son cada vez más restrictivos por lo que se refiere al vertido al medio de productos químicos utilizados en el tratamiento de aguas

Tabla 1. Composición del agua de alimentación y del agua de rechazo simulada con el software Adicro

Parámetro	Agua Aporte Equilibrada	Agua Rechazo (R=75 %)
pH	7.40	7.90
Parámetros en (mg/L)		
Calcio	172	685
Magnesio	45	179
Sodio	258	1028
Potasio	4.9	20
Bario	0.023	0.090
Hierro	0.151	0.600
Aluminio	0.040	0.161
Manganeso	0.011	0.044
Sulfatos	310	1234
Cloruros	481	1914
Fluoruros	0.30	1.20
Bicarbonatos	198.6	727.6
Carbonatos	0.9	19.0
CO_2	15.8	15.8
Nitratos	19	76
Sílice	6.7	26.7
Fosfatos	0.028	0.112

agua de consumo humano, compatible con las membranas de ósmosis inversa y de coste competitivo respecto a los anti-incrustantes tradicionales. Como valor añadido, el producto es clasificado como biodegradable.

EVALUACIÓN EN UNA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA INDUSTRIAL

Para evaluar la eficacia del producto se realizó un estudio en una planta de ósmosis inversa industrial. La planta producía 32 m3/h de agua permeada y estaba compuesta por dos etapas con una configuración de los tubos de presión de 3:2. Cada tubo de presión contiene seis elementos Filmtec BW30LE-440. La planta está diseñada para operar a una conversión del 75.0%. Se realizó un estudio con el software científico Adicro para simular el comportamiento del agua salobre en la ósmosis inversa, partiendo de la composición del agua de alimentación, del pH, de la temperatura, de la conversión de la planta y de las membranas utilizadas. Dicho software realiza el cálculo de la presión osmótica, de la fuerza iónica y de los valores corregidos en función de la fuerza iónica de los productos de solubilidad de las especies susceptibles a precipitar. Estos valores se utilizan para calcular los índices de sobresaturación (ISS), el índice de Langelier, los índices de ensuciamiento y los

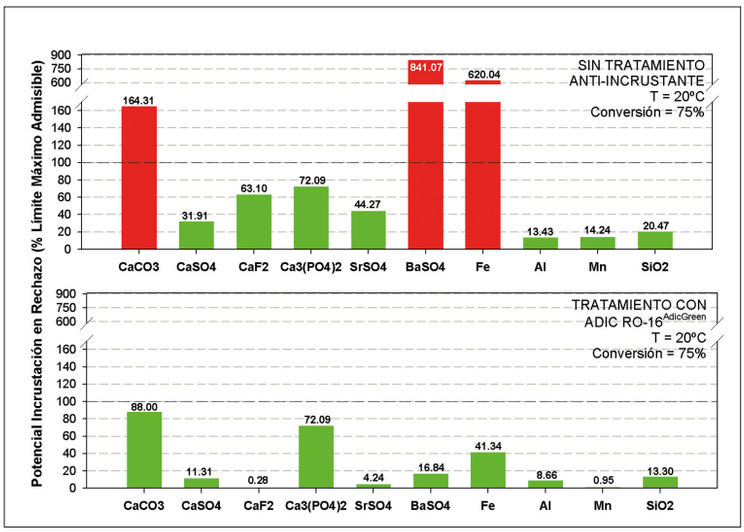

Figura 1. Potenciales de incrustación para los compuestos insolubles en el rechazo sin tratamiento anti-incrustante y con dosificación del producto Adic Ro-16AdicGreen.

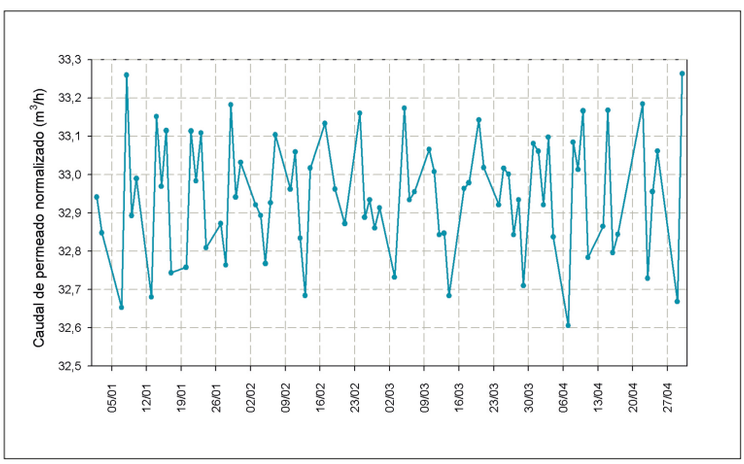

Figura 2. Evolución del caudal de permeado normalizado con dosificación de Adic Ro-16AdicGreen.

potenciales de incrustación para poder predecir si hay riesgo de incrustación o ensuciamiento de las membranas.

Adicro también recomienda el anti-incrustante más adecuado y calcula la dosis óptima de inhibidor para proteger las membranas contra la formación y deposición de especies insolubles. Además, el programa indica si el agua tratada quedará dentro de los límites admisibles para los distintos índices de sobresaturación e índices de ensuciamiento y permite calcular la cantidad de ácido (clorhídrico o sulfúrico) a dosificar en el agua de alimentación para realizar un control de pH.

El hecho diferencial del software Adicro respecto la mayoría de programas de predicción de las incrustaciones en sistemas de ósmosis inversa es que incorpora un módulo de cálculo preciso de los equilibrios iónicos del agua en los dife-

rentes corrientes de la ósmosis inversa. Con el modelo de los equilibrios iónicos de dicho software, se eliminan las limitaciones y restricciones de las predicciones de la formación de incrustaciones basadas en índices simplificados. A partir del análisis del agua de alimentación de la tabla 'Composición del agua de alimentación y del agua de rechazo simulada con el software Adicro', operando a una conversión del 75% y a una temperatura de 20 ºC, se realizó un estudio de los potenciales de incrustación de las diferentes especies susceptibles a precipitar en el rechazo de la ósmosis inversa con el software Adicro. Así, realiza el cálculo de los equilibrios iónicos, obteniendo como resultado la concentración de todas las especies iónicas presentes en el agua, los índices de sobresaturación y los potenciales de incrustación para las especies insolubles.

RESULTADOS SIMULADOS

La figura 1 muestra los resultados simulados de reducción de los potenciales de incrustación del agua de rechazo con la dosificación de Adic RO-16AdicGreen. El potencial de incrustación se expresa como el porcentaje del límite máximo admisible para los distintos índices de sobresaturación e índices de ensuciamiento. Un potencial de incrustación superior al 100% significa que el índice de sobresaturación correspondiente es mayor que el límite máximo admisible para este índice y que el compuesto insoluble puede precipitar. Los resultados de la simulación muestran que los potenciales de incrustación sin tratamiento anti-incrustante para el carbonato de calcio, sulfato de bario y hierro superan el valor del 100% indicando que existe riesgo de ensuciamiento de la membrana. Cuando se dosifica el producto Adic RO-16AdicGreen, los potenciales de incrustación para estos compuestos insolubles disminuyen hasta alcanzar valores inferiores al 100%; por lo tanto, el sistema queda perfectamente protegido frente la formación de incrustaciones.

Un potencial de incrustación superior al 100% significa que el índice de sobresaturación correspondiente es mayor que el límite máximo admisible para este índice y que el compuesto insoluble puede precipitar

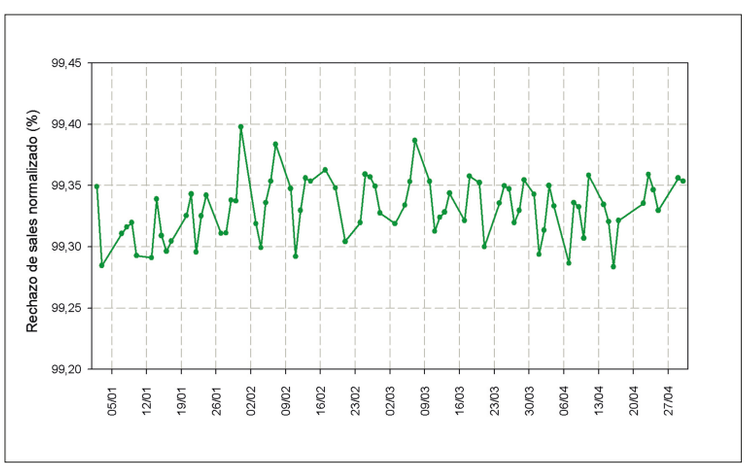

Figura 3. Evolución del rechazo de sales normalizado con dosificación de Adic Ro-16AdicGreen.

Para evaluar la eficacia del producto se realizó un seguimiento de la evolución del caudal de permeado y del rechazo de sales de la planta de ósmosis inversa industrial. Estos parámetros se utilizaron como indicadores del ensuciamiento de las membranas. La evaluación se realizó analíticamente mediante la normalización de los datos de operación.

Las figuras 2 y 3 muestran la evolución del caudal de permeado normalizado y el rechazo de sales normalizado de la ósmosis inversa industrial. Los resultados indican que los parámetros de operación normalizados se mantuvieron estables, sin variaciones significativas.

Para validar la efectividad del anti-incrustante se realizó una autopsia de la membrana y un estudio con microscopia electrónica de barrido (SEM) con análisis por energías dispersivas de rayos-X (EDX) de uno de los elementos tratados con el producto. El elemento al que se le realizó la autopsia correspondía a la posición 6 dentro del tubo de presión de la segunda etapa, donde el riesgo de incrustación es más elevado. La figura corresponde a una microfotografía obtenida por SEM de magnificación 100x y al análisis EDX de la superficie de la membrana de la prueba con dosificación de ADIC RO-16AdicGreen.

Los resultados del análisis SEM-EDX de la superficie de la membrana indicaron que no había presencia de incrustaciones inorgánicas ni compuestos de origen coloidal (alumino-silicatos). El azufre y el oxígeno del espectro EDX correspondían a los componentes de la capa de poliamida y del soporte microporoso de polisulfona de la estructura de la membrana.

La evolución de los parámetros normalizados de la planta industrial de ósmosis inversa para agua salobre y los resultados de la autopsia

El anti-incrustante protege las membranas de los sistemas de ósmosis inversa de agua salobre

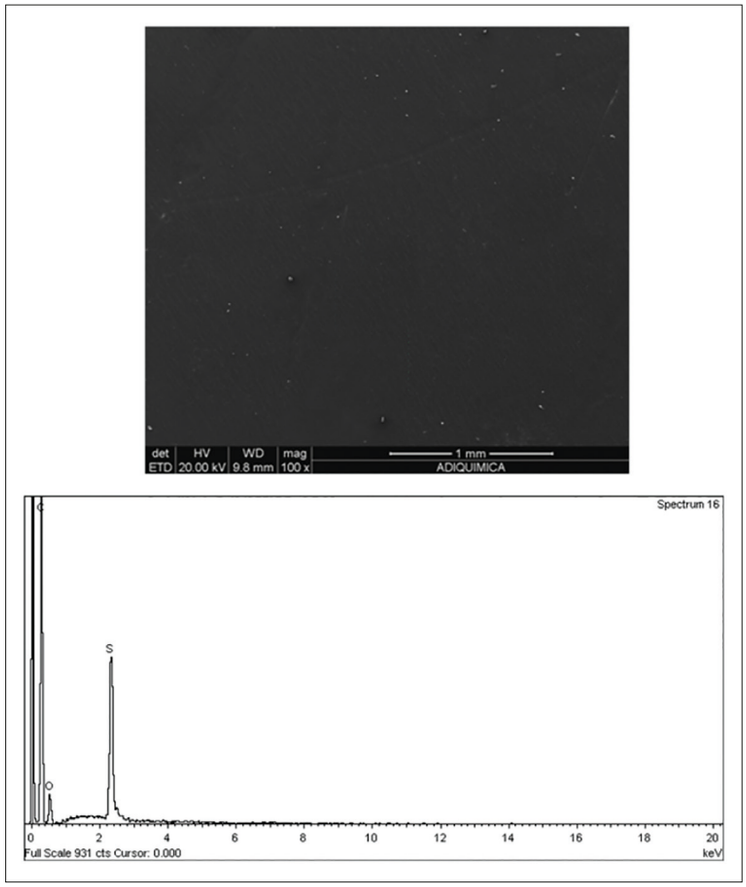

Figura 4. Estudio SEM-EDX de la superficie de la membrana con la dosificación de Adic Ro-16AdicGreen.

del elemento indicaron que el producto Adic Ro-16AdicGreen es efectivo para proteger las membranas frente a la formación de incrustaciones y frente al ensuciamiento por material coloidal.

CONCLUSIONES

El producto Adic Ro-16AdicGreen es un anti-incrustante eficaz como inhibidor de la formación de incrustaciones y como dispersante de la materia de origen coloidal, protegiendo las membranas de los sistemas de ósmosis inversa de agua salobre. Esta dualidad anti-incrustante/dispersante es una propiedad muy importante del inhibidor Adic Ro-16AdicGreen respecto al resto de productos, que solo se comportan como anti-incrustantes.

Es ambientalmente respetuoso porque no contiene ni fósforo ni nitrógeno en su composición, mientras que se clasifica como producto biodegradable.

Por su parte, el software Adicro es una herramienta útil para optimizar la dosificación de anti-incrustante en función de la composición del agua de alimentación, la temperatura y la conversión de la ósmosis inversa, optimizando el funcionamiento de la planta, minimizando los costes de operación y el impacto ambiental que supone el vertido de productos químicos al medio.