

Resumen

En este artículo se reportan los resultados de un proceso de optimización de las dosificaciones tanto de Hipoclorito Sódico, como del Metabisulfito, que se efectuó sobre el agua de mar en la sección de pretratamiento de la planta desaladora por ósmosis inversa "Las Palmas III", explotada actualmente por la Empresa Mixta de Aguas de las Palmas (EMALSA), responsable de suministrar agua potable a más de 400 mil personas de la ciudad de Las Palmas, capital de la isla de Gran Canaria.

Los resultados de este proceso de optimización, contrariamente a la opinión de los operarios de la planta, luego de reducir en aproximadamente un 70 % del Metabisulfito, y alrededor del 30% del Hipoclorito sódico, que era utilizado normalmente en la planta, no tuvo efectos adversos sobre la "Calidad Microbiológica" del agua de mar; Más aún favoreció a un mejor funcionamiento de las de membranas (desaparecieron los malos olores, depósitos de materiales de naturaleza orgánica, etc.).

Palabras clave:

Hipoclorito sódico, metabisulfito, ósmosis inversa, pretratamiento, plantas potabilizadoras de agua de mar

Abstract

Economic advantages to optimising chemical products in pre-treatment in reverse osmosis desalination plants

This article reports the results of a process of optimising the dosage of Sodium hypochlorite and Metabisulphite, performed on sea water in the pre-treatment division of the "Las Palmas III" reverse osmosis desalination plant, currently operated by Empresa Mixta de Aguas de las Palmas (EMALSA), responsible for providing drinking water to more than 400,000 people in the city of Las Palmas, capital of Grand Canary Island.

The results of this optimisation process, contrary to the opinion of the operators of the plant, after reducing the amount of Metabisulphite normally used in the plant by 70%, and Sodium hypochlorite by 30%, there were no adverse effects on the "microbiological quality" of the sea water. Moreover, the performance of the membranes was improved (bad odours disappeared, along with organic material sediments, etc.).

Keywords:

Sodium hypochlorite, Metabisulphite, reverse osmosis, pre-treatment, sea-water potabilisation plants.

Ventajas económicas al optimizar los productos químicos en el pretratamiento de plantas desaladoras por ósmosis inversa

Por: A. Muñoz Elguera (EMALSA – SEMAI/ULPGC)^(*), J. Alday Ansola (EMALSA), A. Gómez Gotor (SEMAI / ULPGC), S. O. Pérez Báez (Dpto. Ing. de Procesos-ULPGC)

^(*) Sección de Medio Ambiente Industrial (SEMAI)
Departamento de Ingeniería de Procesos ETSII
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)
Tel.: 928 451 876
Fax: 928 458 975
E-mail: aldomunozes@yahoo.es
secrproc@cicei.ulpgc.es

1. Introducción

En el campo de las aplicaciones de las "Tecnologías de membranas", en especial en la potabilización del agua de mar y las salobres mediante la desalación utilizando membranas de ósmosis inversa fabricadas a base de "Poliamida" tradicionalmente la operación de la planta desaladora, se realiza dosificando Hipoclorito de sodio- NaClO , KMnO_4 , O_3 , H_2O_2 , u otros similares que básicamente son "Biocidas oxidantes", al agua de mar, en la fase de "Pretratamiento", con el propósito de controlar la proliferación descontrolada de la contaminación microbiológica en el agua de proceso y preservar las membranas de "Ósmosis Inversa" del ensuciamiento y atascamiento anormal por "Biofouling"; Pero contradictoriamente, poco antes de que el agua sea alimentada a las mencionadas membranas (específicamente a las fabricadas a base de poliamida) se procede a dosificar Metabisulfito sódico (reactivo químico fuertemente reductor) al agua de proceso, con el propósito de neu-

tralizar completamente el cloro residual que aún pudiera contener, debido a que el cloro residual oxida químicamente a la poliamida de la capa activa, degradándola de manera progresiva; Por lo que la membrana perdería en el tiempo sus "Propiedades Permeselectivas".

Este artículo se propone demostrar que este "Procedimiento Tradicional" de operar las plantas desaladoras por ósmosis inversa, resulta menos adecuado ya que generalmente se utilizan cantidades No Óptimas (o excesivas) de los productos químicos dosificados al agua de mar, en el pretratamiento.

2. Antecedentes

La planta potabilizadora "Las Palmas III", que desala agua de mar mediante la tecnología de ósmosis inversa, consta de 6 bastidores, cada uno de dos etapas (5:3), fue puesta en servicio a fines de 1989, actualmente es explotada por la Empresa Mixta de Aguas de Las Palmas S.A. (EMALSA), quienes manteniendo la práctica tradicional, acostumbra-

TRATAMIENTOS CON MEMBRANAS

Tabla 1

Parámetros	Métodos utilizados
Coliformes totales	Siembra en caldo maconkey, con cultivo a 37 °C durante 24 horas.
Coliformes fecales	Siembra en caldo maconkey, con cultivo a 44,5 °C durante 24 horas.
Bacillus spp	Siembra en superficie de agar para bacillus, con cultivo a 37 °C, durante 24 horas.
C.o.t.	Por oxidación catalítica a 680 °C y detección infrarroja con (t.o.c.)

Tabla 1. Métodos analíticos utilizados.

Tabla 2

Parámetros	Métodos utilizados
CLORO RESIDUAL (ppm)	Instrumento: Orto Toluidina y Espectrómetro
REDOX (mv)	Instrumento: Crisson microph – 2002
BISULFITO RESIDUAL (ppm)	Por acidificación de 100 ml de la muestra, adición de almidón, y Valoración con IK (0,012 N).

Tabla 2.

ban aplicar al agua de mar, (luego que se suspendió la dosificación de choque, de 2 hrs por turno, en las cámaras de captación), una Dosificación Continua de aproximadamente 50 ppm de Hipoclorito sódico-NaClO (por ser más barato y de fácil manipuleo) en la línea de impulsión conjuntamente con los demás reactivos químicos dosificados como parte del pretratamiento al que se sometía a dicha agua antes de que sea alimentado a los bastidores. El propósito de esta dosificación, según los responsables de la operación de la planta era el de controlar la proliferación excesiva de una serie de microorganismos que normalmente se hallan presentes en el agua de mar, que será sometido al proceso de desalación en los módulos de membranas. El agua de mar a la salida de los filtros de seguridad, contenía entre 3 y 4 ppm de cloro residual, el mismo que tenía que ser totalmente neutralizado mediante una solución de Metabisulfito sódico al 25%.

Antes de iniciar el trabajo de optimización, principalmente de las dosificaciones de Hipoclorito sódico

co y Metabisulfito sódico, se utilizaban aproximadamente 3.500 kg/día del primero, y unos 1.300 kg/día del segundo (reporte del mes de Julio de 1997).

3. Procedimiento experimental

El procedimiento experimental fue llevado a cabo directamente en las instalaciones de la planta desaladora de agua de mar Las Palmas III, en dos etapas, las que fueron:

3.1. Primera etapa

Se establecen todas las condiciones iniciales de operación de la planta, relacionados directamente con la función que cumplen, tanto el Hipoclorito sódico (Biocida oxidante, para controlar el desarrollo de microorganismos en el agua de proceso), como el Metabisulfito sódico (neutralizar completamente, cualquier presencia de cloro residual en el agua que se alimentará a los módulos de membranas), entre ellos:

- Calidad microbiológica del agua de proceso, desde su captación hasta su rechazo.

- Cloro residual a la salida de los filtros de seguridad, antes del punto de dosificación del Metabisulfito sódico al agua de proceso.

- Valor del REDOX (asociado a la característica oxidante del agua, principalmente debido a su concentración de cloro residual) del agua de proceso, medido antes del punto de succión de las bombas de alta presión que alimentan dicha agua a bastidores.

- Determinación del Metabisulfito residual, en el agua de alimentación a bastidores.

3.2. Segunda etapa

Controlando en todo momento los parámetros establecidos en la etapa anterior, de manera muy especial el valor del "REDOX" de operación segura de la planta (es decir, que no se produzca una parada violenta de las bombas de alta presión y de toda la planta por "disparo del Redox"), establecido entre 180 y 200 mili Voltios, se define la siguiente secuencia o procedimiento:

- Manteniendo fija la dosificación del Metabisulfito sódico, se reduce la dosificación del hipoclorito, y se mantiene esta situación por unos 7 días.

- Una vez que se observe que el sistema alcanza su "Estado Estable", se procede a bajar progresivamente la dosificación de Metabisulfito, hasta que se recupere el "Redox" hasta sus valores de consigna (en torno a 200 mV), este proceso requiere entre 15 a 20 días, por que, en muchas ocasiones las necesidades prioritarias e impostergables de operación, obligan a alterar las condiciones del procedimiento de optimización que se está llevando a cabo directamente en la planta comercial.

- Una vez recuperado, el valor del "Redox" de consigna, para la operación segura de la planta comercial (entorno a los 200 mV), se repiten sucesivamente los pasos 1 y 2, las veces que sean necesarias hasta alcanzar el objetivo de minimizar el cloro residual del agua de proceso, a la salida de los filtros de seguridad, hasta un nivel mínimo prudencial que establecí en torno a 0,5 ppm (puede ser incluso 0 ppm).

TRATAMIENTOS CON MEMBRANAS

Tabla 3

PARÁMETROS	Pto. 1F	Pto. 1D	Pto. 2	Pto. 3	Pto. 4	Pto. 5	Pto. 6	Pto. 7
Bacillus Spp (ufc/l)	1000 a 1500	1000 a 1500	800 a 1000	800 a 1000	800 a 1000	800 a 1000	800 a 1000	10000 a 15000
Coliformes Totales (ufc/l)	50 a 100	50 a 100	0,0	0,0	0,0	0,0	30 a 60	100 a 200
Coliformes Fecales (ufc/l)	10 a 50	10 a 50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 a 5
Carbono Orgánico Total (mg C/l)	1 a 2	1 a 2	3 a 4	3 a 4	4 a 5	4 a 5	5 a 7	2,0

Los puntos de muestreo son: (1F) = Exterior de la cámara de captación, (1D) = Interior de la cámara de captación, (2) = Cámara de homogenización, (3) = Antes de Filtros-Precapa, (4) = A la salida de Filtros-Precapa, (5) = A la salida de Filtros-seguridad (antes de dosificación de Bisulfito), (6) = Después de dosificación de Bisulfito (aspiración de BAP), (7) = Salmuera de Rechazo.

Tabla 3. Resultados analíticos promedio, en 7 puntos de muestreo de agua

3.3. Tercera etapa

Se finaliza el trabajo de optimización, estableciendo la concentración que debe tener la solución, así como las condiciones de dosificaciones adecuadas.

4. Métodos analíticos utilizados

Las muestras, para los análisis microbiológicos fueron tomadas (cada mes) en frascos perfectamente esterilizados de medio litro, y luego fueron sometidas a análisis por filtración en membranas Millipore de 0.45 micras de porosidad, luego se realiza una posterior siembra en los distintos medios específicos de aislamiento que se detallan en la **Tabla 1**. Estos análisis los realicé en el laboratorio de la desaladora Las Palmas III.

Las muestras de agua para la determinación del cloro residual, bisulfito residual, y "Redox" se tomaban 2 veces por semana, y analizaban con los instrumentos y procedimientos disponibles en el laboratorio de la planta LP3 (**Tabla 2**).

5. Análisis de los resultados experimentales obtenidos

A continuación se expondrán los resultados analíticos obtenidos en cada etapa del trabajo de optimización llevada a cabo en la planta potabilizadora Las Palmas III.

Tabla 4

Parámetros iniciales	Rango de valores
cloro residual (ppm)	3,0 a 4,0
redox (mili voltios)	180 a 200
bisulfito residual (ppm)	5,0 a 6,0

Tabla 4. Parámetros del agua antes de la aspiración de la Bomba de Alta.

5.1. Resultados experimentales de la primera etapa

Los parámetros iniciales relevantes para la optimización, son los siguientes:

- En la **Tabla 3** se muestran los parámetros microbiológicos iniciales de muestras de agua de proceso, tomadas en puntos más relevantes de la planta LP3.

- En la **Tabla 4** se muestran los parámetros químicos iniciales del agua efluente de los filtros de seguridad, que eran aspirados e impulsados a los bastidores de la planta.

5.2. Resultados experimentales de la segunda etapa

A continuación, presentaré los datos de la secuencia de optimización progresiva (**Tabla 5**).

En este cuadro se resume solamente los cambios de dosificación finales, pero realmente, entre un cambio y otro en la dosis de Hipoclorito sódico, se tuvieron que realizar una serie de cambios intermedios en la dosificación de Metabi-

sulfito (MBS), incluso luego de efectuar una disminución en la dosificación, por necesidades de operación de la planta LP3, se tenía muchas veces que dar marcha atrás, y luego retomar el proceso de optimización de dichas dosificaciones; Por esta causa, la ejecución casi completa de este proceso de optimización, requirió más de 6 meses de trabajo constante.

5.3. Resultados experimentales de la tercera etapa

En esta etapa final, luego de los resultados obtenidos en la segunda etapa, se establecieron las siguientes condiciones de dosificación, y de operación asociadas:

1. La dosificación final de Hipoclorito sódico será en torno a 0,5 ppm a la salida del filtro de seguridad de la planta desaladora Las Palmas III.

2. El valor del Redox de operación de la planta estará comprendido entorno a 210 mV.

3. La dosificación final de Metabisulfito será a razón de 67 l/h (Solución al 20 %).

TRATAMIENTOS CON MEMBRANAS

Tabla 5

PARÁMETROS Fases-Optimización	ClResidual ppm	MBSRESID ppm	REDOX mili-Volt	Coli-Tot. Ufc/100 ml	Bacillus spp Ufc/100 ml	C.O.T. mg/lit
Condiciones Iniciales	3 a 4	6	190	30 a 60	800 a 1000	5 a 7
1ª Reducción de dosis: NaClO	2 a 3	10	150	20 a 40	200 a 300	3 a 4
Reducción-Dosis de MBS, hasta:	2 a 3	5	200	20 a 40	200 a 300	3 a 4
2ª Reducción de dosis: NaClO	1 a 2	8	140	10 a 20	100 a 200	2 a 3
Reducción-Dosis de MBS, hasta:	1 a 2	3	200	10 a 20	100 a 200	2 a 3
3ª Reducción de dosis: NaClO	0,5 a 1	6	130	0 a 10	20 a 60	1 a 2
Reducción-Dosis de MBS, hasta:	0,5 a 1	2	190	0 a 10	20 a 60	1 a 2
Reducción-Dosis de MBS, hasta:	0,5 a 1	1 a 1,5	210	0 a 10	20 a 60	1 a 2

Tabla 5. Datos referidos al agua, en la aspiración de la bomba de alta presión.

4. La concentración del Metabisulfito residual, en la aspiración de la bomba de alta presión, estará comprendido entre 1,0 y 1,5 ppm.

6. Conclusiones del trabajo de optimización realizado

La conclusión más relevante del presente trabajo de optimización, está referido principalmente a los beneficios económicos obtenidos, que repercuten directamente en la disminución del elevado costo de operación de la planta potabilizadora LP3. Una estimación aproximada del beneficio económico, se muestra en la **Tabla 6**.

Según los responsables de la operación de la planta, la economía lograda,

en este proceso de optimización representa entre el 20 y 25 % de ahorro en el costo de productos químicos en la planta potabilizadora Las Palmas III, explotada por la empresa EMALSA.

Del análisis de los resultados de la segunda etapa, se puede resaltar, que la calidad microbiológica del agua de proceso experimenta una apreciable mejoría a través de la planta.

7. Bibliografía

- [1] "Química Universitaria", BRUCE H. MAHAN, Editorial McGraw Hill.
- [2] "Química General Superior", M. MASTERTON, Editorial Interamericana.
- [3] Manual de Tratamiento de Aguas para Consumo Humano, Serie: Desinfección, CEPIS/Organización

Panamericana de la Salud, Oficina regional de la Organización Mundial de la Salud, Lima-Perú, 1995.

- [4] AWWA, LDA, WRCSA, "Tratamiento de Aguas por Procesos de membranas: Principios, Procesos y aplicaciones", 1999, Editorial Mc Graw Hill.
- [5] Manual Técnico del Agua, 1979, DEGEMONT.
- [6] Manual del Agua: Su naturaleza, Tratamiento, y Aplicaciones, 1993, NALCO, Editorial Mc Graw Hill.
- [7] "Technical Manual", FILMTEC MEMBRANES - DOW EUROPE SEPARATION SYSTEMS (1993).
- [8] "Manual Práctico de Ósmosis Inversa", UOP - FLUID SYSTEMS
- [9] "Desalación de Agua por Ósmosis Inversa; Capítulo 3: Pretratamientos", MANUEL FARIÑAS IGLESIAS, MANUEL CROVETTO DE LA TORRE; INGENIERIA QUIMICA - agosto de 1983.

Tabla 6

Reactivo	Antes optimiz.	Después optimiz.	Ahorro mensual	Ahorro anual	Costo unitario	Econom. anual
Hipoclorito Sódico	112.359 kg/mes	49.543 kg/mes	62.816 kg/mes	753.792 kg/mes	28,5 Ptas./kg	21.483.072 Ptas./año
Meta bisul-fito Sódico	40.300 kg/mes	13.500 kg/mes	26.800 kg/mes	321.000 kg/mes	59,0 Ptas./kg	18.939.000 Ptas./año
Agua permeada	155 m ³ /mes	67,5 m ³ /mes	87,5 m ³ /mes	1.050 m ³ /mes	200 Ptas./m ³	210.000 Ptas./año
	(*1)	(*2)			(*3)	40.632.072

(*1) Reporte de operaciones correspondiente al mes de Diciembre de 1997.

(*2) Reporte de operaciones correspondiente al mes de Junio de 1998 (fecha de finalización del proceso de optimización de las respectivas dosificaciones).

(*3) 200 ptas/m³, el precio de venta del agua producto al consumidor final.

Tabla 6. Estimación del beneficio conseguido por el proceso de optimización.