

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



“OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE
GENERACIÓN DE VAPOR POR USO DE ÓSMOSIS INVERSA Y
MEJORA EN EL TRATAMIENTO QUÍMICO INTERNO”

INFORME DE INGENIERÍA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO
POR LA MODALIDAD DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

PABLO EDGAR GRANDE SÁNCHEZ

LIMA – PERÚ

2 005

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres, Santiago y Julia, y a mis hermanos, Antonia, Rubén y Santiago, quienes han aportado a mi desarrollo y a quienes retribuyo eternamente mi agradecimiento. Así también, me complace dedicar el presente a mi novia, Natalia Villasante, motivo de nuevas alegrías en una nueva etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento sincero a mi asesora, Ing. Violeta Chávarri y a los ingenieros quienes han aportado a mejorar el enfoque del presente trabajo, Ing. Edwin Dextre e Ing. Ubaldo Apaza. Asimismo al Ing. Emilio Washing Vega, Gerente de GE Betz Perú, por su apoyo incondicional.

RESUMEN

El presente informe describe cómo, en la búsqueda de reducir los costos operativos en la Generación de Vapor, se implementaron dos acciones concretas, mediante las cuales se consiguió reducir en gran medida el flujo de purgas. El resultado final de esta reducción de purgas es un ahorro debido al menor requerimiento de combustible, sal y agua de pozo. Tales acciones fueron primero, el cambio del tratamiento químico interno y segundo, la implementación de un equipo de ósmosis inversa.

El tratamiento químico interno que se tenía, no daba mucha holgura, pues no permitía superar más de 3 500 ppm de STD (sólidos totales disueltos), y de ser así, el pH se hubiera elevado por encima de 12,0, lo cual hubiera ocasionado problemas de arrastre y problemas en la calidad de vapor.

El cambio a una tecnología química de tratamiento interno a base de polímeros dispersantes y solubilizantes permitió mayor holgura en el manejo del agua de caldera; ello permitió elevar el límite de STD del agua de calderas alrededor de los 5 000 ppm, con un pH no superior de 12,0, sin presencia alguna de arrastres y manteniendo una buena calidad de vapor, reduciéndose claramente el flujo de purgas. Adicionalmente, se logró una lenta limpieza de antiguos depósitos del interior de calderas.

La implementación de un equipo de ósmosis inversa, permitió la mejora en la calidad del agua de alimentación a calderas con la consiguiente disminución drástica del flujo de purgas, así también permitió alargar la frecuencia de regeneración de los ablandadores, conllevando esto a ahorros adicionales.

ÍNDICE

I	Introducción.....	1
II	El Órgano Empresarial.....	2
III	Relación Profesional – Empleador.....	4
IV	Trabajo Profesional Desarrollado.....	4
V	Desarrollo de una actividad profesional: Optimización de la operación del sistema de generación de vapor (SGV) por uso de ósmosis inversa y mejora en el tratamiento químico interno en una planta de gases industriales.....	6
5.1	Conceptos teóricos de los procesos unitarios y tratamientos químicos utilizados en el pre-tratamiento del agua del SGV de una planta de gases industriales	7
5.1.1	Ablandamiento.....	9
5.1.1.1	Operación de ablandamiento.....	13
5.1.1.2	Impacto ambiental.....	16
5.1.2	Filtración por Filtros Cartucho.....	17
5.1.2.1	Usos en la industria.....	18
5.1.2.2	Desarrollo tecnológico.....	19
5.1.3	Ósmosis Inversa.....	22
5.1.3.1	Ecuaciones de flujo.....	25
5.1.3.2	Configuración y tipos de membrana.....	28
5.1.3.3	Aplicaciones en la industria.....	32

5.1.3.4	Criterios de comparación y selección.....	35
5.1.3.5	Pre-tratamiento requerido.....	37
5.1.3.6	Impacto ambiental.....	40
5.1.4	Desgasificación.....	41
5.1.5	Tratamientos Químicos Internos.....	43
5.1.5.1	Tratamiento a base de fosfatos.....	46
5.1.5.2	Tratamiento a base de polímeros.....	47
5.2	Condiciones iniciales encontradas en el SGV de la planta de gases industriales.....	51
5.3	Criterios para la optimización del sistema.....	54
5.4	Cálculo del ahorro logrado.....	58
5.5	Evaluación económica.....	63
VI	Conclusiones y Recomendaciones.....	64
VII	Bibliografía.....	67
VIII	Apéndice.....	68

I INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más competitivo y a puertas de nuevas y mayores oportunidades para el sector industrial debido a la apertura de nuevos mercados, es nuestro deber como profesionales especializados en cada una de nuestras áreas, plantear alternativas concretas y viables de optimización de nuestros procesos, de tal manera de lograr ahorros en los costos operativos.

Frente a este escenario, el logro de ahorros energéticos en la Generación de Vapor mediante la implementación de nuevas tecnologías tratados en el presente informe, es un tema de mucha importancia. Al reducir los costos operativos por una optimización en el consumo de combustible, agua, químicos, sal, etc., podemos ganar un gran margen que se puede derivar en ofrecer productos a precios cada vez más competitivos.

Las nuevas tecnologías de purificación de aguas mediante el proceso de ósmosis inversa, utilizada para el agua de alimentación en los sistemas de Generación de Vapor, es actualmente una de las mejores opciones para optimizar la operación en estos sistemas, pues no sólo mejoran la operación del sistema en sí, sino que logra una drástica reducción de las purgas, consiguiendo reducir el consumo de combustible, químicos, agua y sal.

Por otro lado, los actuales tratamientos químicos internos para el agua de caldera a base de polímeros solubilizantes y dispersantes, superan con creces a los tratamientos tradicionales a base de fosfatos, básicamente por mantener los tubos y el interior de la caldera, libre de depósitos y fangos, con una consiguiente mejora en la eficiencia térmica debido a una mejora en la transferencia de calor.

II EL ÓRGANO EMPRESARIAL

RAZÓN SOCIAL: GE BETZ PERÚ S.A.
DIRECCIÓN: CALLE CHACALTANA 448, LIMA 18, LIMA.
RUC: 20307548322.
DIRECCIÓN ELECTRÓNICA: www.gewater.com

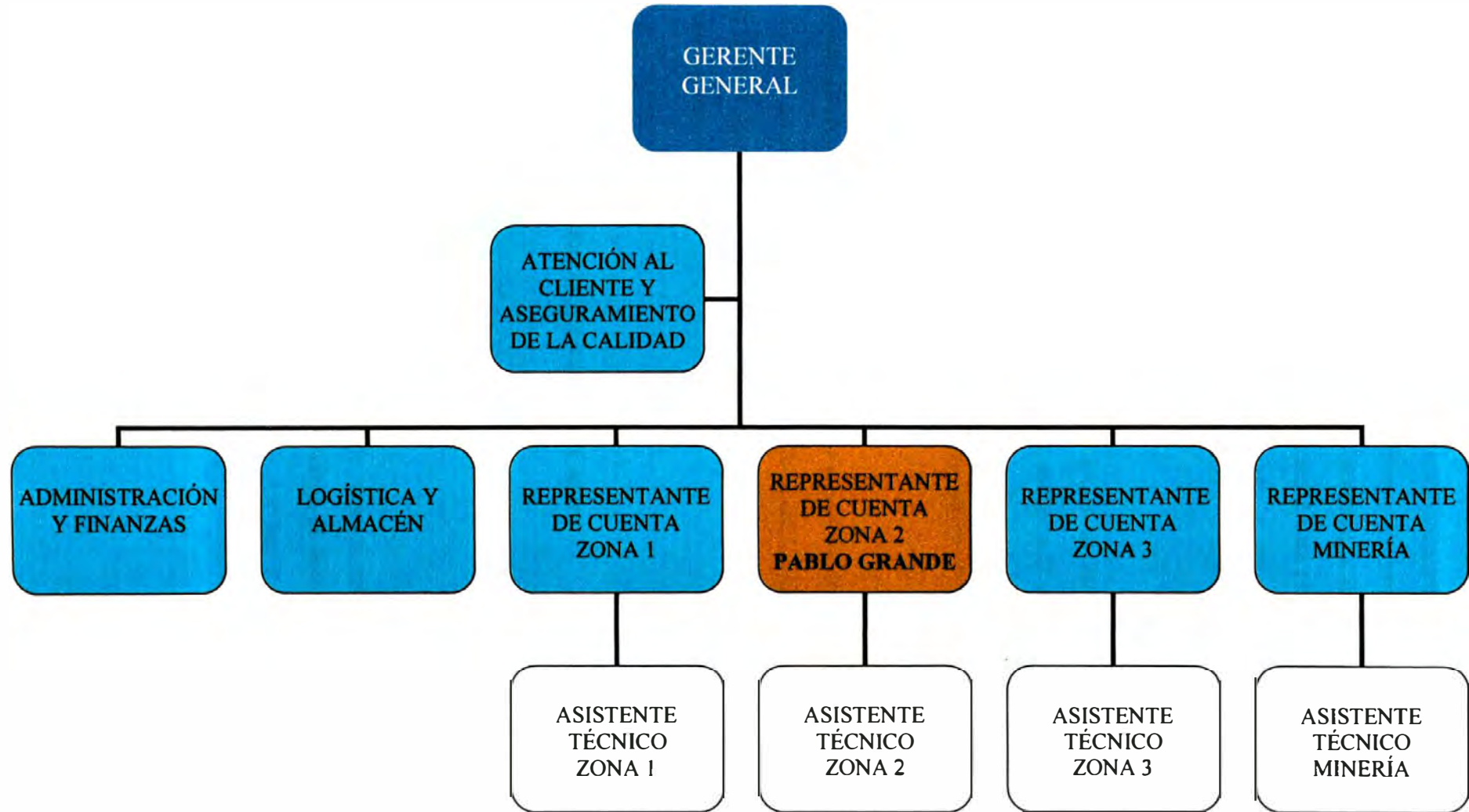
GE BETZ PERÚ S.A., es una unidad de negocios de GE INFRASTRUCTURE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES, una de las divisiones de General Electric Company Inc.

GE BETZ PERÚ S.A., es una empresa dedica a la comercialización de especialidades químicas y equipamientos para tratamiento de aguas y procesos industriales, las actividades de comercialización se pueden resumir en el siguiente flowsheet (figura 1)



Figura 1. Diagrama de bloques de la actividad comercializadora en GE Betz.

ORGANIGRAMA EMPRESARIAL



III RELACIÓN PROFESIONAL – EMPLEADOR

Respecto a la condición laboral existente, es de un vínculo laboral directo con GE Betz Perú S.A., en el Apéndice se adjunta el documento probatorio. En cuanto a la gestión designada, se centra en mantener las cuentas de la Zona 2 a mi cargo, y la consecución de nuevas cuentas, dicho cargo es denominado en la compañía como Account Representative (AR), incluida además en el departamento denominado como Fuerza de Ventas.

Dentro de las principales responsabilidades del (AR) se encuentran no sólo la consecución de nuevas cuentas, sino la constante asesoría y solución a problemas técnicos de nuestros clientes, enfocados siempre en la filosofía de la mejora continua, dando aportes que logren no sólo satisfacer, sino superar las expectativas de nuestros clientes.

Como se observa en el Organigrama, mi gestión es reportada directamente al District Manager y, para temas referidos al Sistema de Gestión de Calidad reporto al área de Customer Care & Quality Assurance, tanto en reuniones semanales así como en los reportes mensuales.

IV TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

PERÍODO: 1 998 al 2 000.

CARGO: Technical Asistant

FUNCIONES: Análisis de campo, revisión de condiciones de operación en las aplicaciones con nuestros tratamientos químicos, entrega de instrucciones de campo a ingenieros de proceso y apoyo técnico en general a los Account Representative.

PERÍODO: 2 001 al 2 005.

CARGO: Account Representative

FUNCIONES: Consecución de nuevas cuentas, visitas periódicas a nuestros clientes con el fin de desarrollar mejoras continuas y, cumplimiento de los objetivos de venta de la compañía.

Principales actividades profesionales realizadas:

Entre las principales actividades profesionales realizadas durante mi gestión de AR podemos mencionar las siguientes:

- Mejoras en las tasas de corrosión y de depositación en los sistemas de agua de enfriamiento de San Miguel Industrial, Aga, Refinería La Pampilla, Pamolsa y Faber Castell, mediante la implementación de nuevos inhibidores de corrosión y polímeros dispersantes.
- Ahorros energéticos por reducción de purgas en los sistemas de generación de vapor de Nestlé, Cia. Ind. Nuevo Mundo, Pesquera Austral, mediante implementación de tratamientos químicos más limpios, tales como polímeros disperso solubilizantes, así como la implementación de controles automáticos de purgas continuas.
- Solución a problemas de corrosión tipo Pitting y problemas de arrastre en los sistemas de generación de vapor de la Cía. Pesquera Pacífico Centro, mediante la implementación de un tratamiento químico integral para el agua, consistente en la dosificación constante de un secuestrante de oxígeno catalizado y un polímero solubilizante, así como el adiestramiento al personal operativo para un mejor control de las calderas.

- Mejoras de la tasa de corrosión en los sistemas de condensados de vapor de Refinería La Pampilla, principalmente en los serpentines de calentamiento de los tanques de almacenamiento de petróleo, mediante implementación de aminas neutralizantes.
- Implementación y dirección del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001: 2 000, en GE Betz Perú, hasta mediados del año 2 003.
- Dictado de charlas sobre tratamiento de aguas en generación de vapor y sistemas de enfriamiento en diversas industrias y foros de Tratamientos de Agua organizados por la UNMSM, así como participación en el dictado de charlas en el **VIII Congreso Peruano de Ingeniería Química**.

V DESARROLLO DE UNA ACTIVIDAD PROFESIONAL:

OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (SGV) POR USO DE ÓSMOSIS INVERSA Y MEJORA EN EL TRATAMIENTO QUÍMICO INTERNO EN UNA PLANTA DE GASES INDUSTRIALES.

El Trabajo se desarrolló en el SGV de una empresa de gases industriales en la ciudad de Lima, lográndose como fruto del trabajo un considerable ahorro de combustible para calderas, así como de agua y sal usada en el proceso de ablandamiento.

Las condiciones iniciales encontradas en la Planta y los criterios para la optimización, se describen en la segunda parte del presente capítulo, a continuación se hará una revisión de los conceptos teóricos referidos al presente trabajo.

5.1 CONCEPTOS TEÓRICOS DE LOS PROCESOS UNITARIOS Y TRATAMIENTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN EL PRE-TRATAMIENTO DEL AGUA DEL SGV DE UNA PLANTA DE GASES INDUSTRIALES.

Los pre-tratamientos en general tienen como propósito eliminar los sólidos en suspensión, sólidos solubles y gases disueltos que, de no ser eliminados podrían generar problemas de incrustación, depositación, corrosión y una mala calidad de vapor, los que a su vez podrían causar un funcionamiento deficiente de la caldera y, finalmente, la salida de operación de la caldera y de la planta.

La selección del sistema de pre-tratamiento apropiado está determinada principalmente por la composición química del agua de suministro o calidad de agua fuente y, por los requisitos de calidad exigidos por la caldera.

En el agua existen impurezas que se encuentran como materia en suspensión, materia coloidal y materia en solución. Mientras que la materia en suspensión siempre se separa por medios mecánicos, con intervención o no de la gravedad; la materia coloidal requiere un tratamiento fisicoquímico preliminar; y la materia en solución puede tratarse en el propio estado molecular o iónico mediante procesos de ósmosis inversa, intercambio iónico o electrodeionización, o bien precipitarse mediante agentes químicos y separarse utilizando los mismos procesos empleados para separar los sólidos en suspensión.

Los procesos unitarios más comunes utilizados en el pre-tratamiento de aguas industriales, podemos clasificarlos en tres grandes grupos: procesos de precipitación, procesos de separación sólido-líquido, y procesos de separación de gases y sólidos disueltos.

A continuación en la tabla 1, se muestran estos procesos.

PROCESOS DE PRECIPITACIÓN	Eliminación de hierro y manganeso	
	Clarificación	
	Ablandamiento por precipitación química	
OPERACIONES DE SEPARACIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO	Decantación	
	Hidro ciclones	
	Centrifugación	
	Filtración	rejas, tamices, rotatorios, medios granulares, cartuchos, membranas, etc.
PROCESOS DE SEPARACIÓN DE GASES Y SÓLIDOS DISUELTOS	Intercambio iónico	desmineralización y ablandamiento.
	Desgasificación	
	Ósmosis inversa	
	Electrodeionización	

Tabla 1. Procesos unitarios típicos utilizados para el pre-tratamiento de aguas industriales.

5.1.1 ABLANDAMIENTO:

El Ablandamiento es un caso particular de los procesos de intercambio iónico, por lo tanto es importante iniciar explicando el mecanismo acción de las resinas de intercambio iónico.

Las resinas de intercambio iónico en contacto con una solución acuosa, tienen la capacidad de eliminar selectivamente los iones disueltos, mantenerlos temporalmente unidos en combinación química, y cederlos de nuevo frente a una solución fuerte de regenerante.

Las resinas se comportan como un electrolito cualquiera, con la particularidad que todos los grupos reactivos están unidos a un polímero insoluble que forma la matriz de la resina, un ejemplo se muestra en la figura 2.

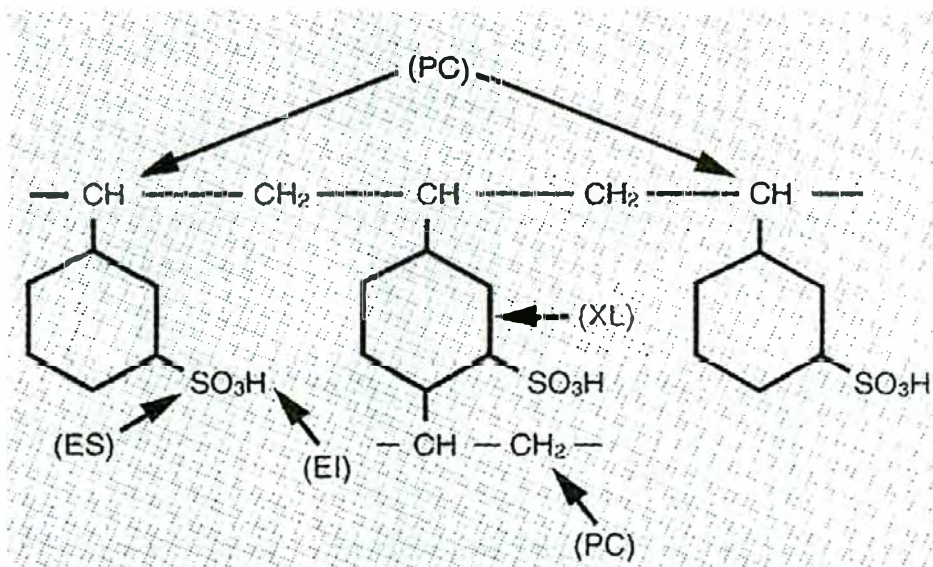
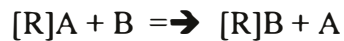


Figura 2. Fórmula estructural de una resina catiónica fuerte sulfónica (Amberlite IR-120). (XL): cross-link; (PC): cadena polimérica; (ES): Sitio de intercambio; (EI): ión intercambiable.

La acción de intercambio iónico es una reacción reversible. Si designamos a la resina por [R] podemos escribir:



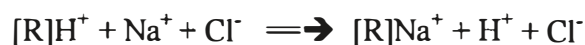
y aplicando la ley de acción de masas se obtiene un coeficiente de selectividad (equivalente a la constante de equilibrio):

$$K_r = \frac{[R]B \cdot (A)}{[R]A \cdot (B)}$$

que no es exactamente una constante sino que depende de las condiciones experimentales. Aunque la resina tome con preferencia unos iones A frente a otros iones B, al tratarse de una reacción reversible podemos invertir esta tendencia aumentando la concentración de B muy por encima de la de A. Este es el fundamento de la regeneración de las resinas.

En resumen, las propiedades que rigen el proceso de intercambio iónico y determinan sus características principales son las siguientes:

- Las resinas actúan selectivamente, de forma que pueden preferir un ión sobre otro con factores relativos de afinidad.
- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir puede avanzar en los dos sentidos.
- En la reacción se mantiene la electroneutralidad. Un ión simple se intercambiará por otro ión simple. Por ejemplo:

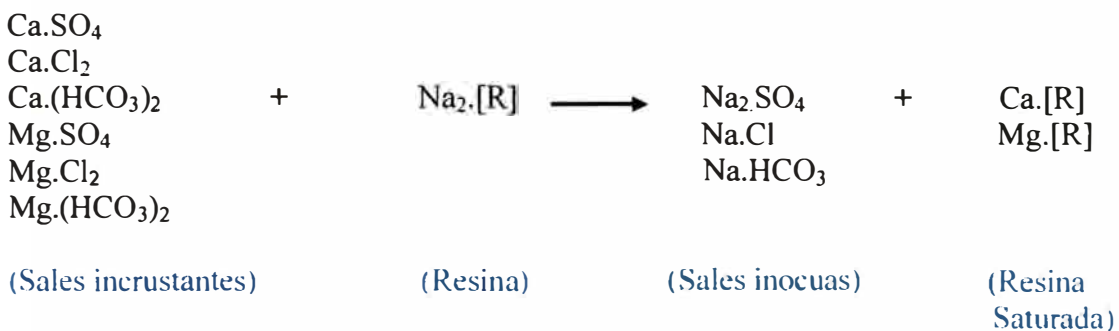


Las ventajas del proceso de intercambio iónico en el tratamiento de aguas son las siguientes:

- Se adapta a las necesidades de las aguas en donde las concentraciones de las impurezas iónicas son relativamente bajas.
- Las resinas actuales tienen altas capacidades de intercambio que permiten conseguir procesos compactos requiriendo inversiones moderadas.
- Las resinas son estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración.
- Las instalaciones pueden ser automáticas o manuales para adaptarse a las condiciones específicas de cada industria.

La operación de intercambio iónico o ablandamiento siempre debe ir precedida de un pretratamiento adecuado, principalmente cuando el agua fuente es agua superficial, ejemplo las aguas de río utilizadas por empresas agroindustriales, tales como azucareras, tomateras, esparragueras, etc. En estos casos se debe eliminar la materia en suspensión y la materia coloidal que pueden ensuciar las resinas, reduciendo la cinética de difusión de los iones y colmatarlas, creando caminos preferenciales en los lechos de resina (canalizaciones), con la disminución de la eficiencia de intercambio. El pretratamiento debe tratar básicamente de la remoción de todo material particulado y sólidos en suspensión por métodos de clarificación y filtración.

En el caso particular del ablandamiento, se emplea una sola columna con resina catiónica fuerte, llamada resina ciclo sódica $\text{Na}_2.[\text{R}]$, que se regenera con una solución concentrada de sal común. En este proceso, los iones calcio y magnesio del agua se sustituyen por iones sodio, tal como se muestra en la siguiente reacción:



El objetivo es intercambiar los iones causantes de incrustaciones (calcio y magnesio) que contienen las aguas naturales, por iones sodio, los cuales son inocuos para los sistemas de generación de vapor.

En la figura 3 se muestra un perfil típico del agua obtenida por un ablandador, durante su ciclo de servicio:



Figura 3. Perfil típico del agua en el ciclo de ablandamiento.

Como se aprecia en la figura 4, una vez finalizado el proceso de enjuague, el ablandador produce un efluente con una dureza nula de manera constante, hasta el punto de saturación o fin de ciclo del servicio, en donde la dureza se incrementará rápidamente, requiriéndose entonces de una regeneración.

En la regeneración, la resina es tratada con una solución de cloruro de sodio al 10%.

La duración del ciclo de servicio dependerá del régimen de flujo del ablandador, nivel de dureza del agua a tratar y la cantidad de sal usada para la regeneración.

La Tabla 2 muestra el efecto de la cantidad del regenerante (sal), sobre la capacidad de ablandamiento lograda por la resina:

Sal (lb/ft³ de resina)	Capacidad de Intercambio (granos de CaCO₃/ft³)
6	18000
8	20000
10	24000
15	30000

Tabla 2. Efecto de la cantidad de sal sobre la capacidad de ablandamiento.

5.1.1.1 OPERACIÓN DE ABLANDAMIENTO

Los ablandadores operan a través de dos ciclos básicos, el ciclo de servicio, el cual produce agua blanda para su uso y, el ciclo de regeneración, el cual repone la capacidad de intercambio de la resina luego de su saturación.

El ciclo de regeneración consiste usualmente de cuatro pasos: retrolavado, regeneración, lavado lento y lavado rápido.

RETROLAVADO

Durante el ciclo de servicio, la corriente de agua ingresante aporta material suspendido, aún habiendo podido pasar por equipos de filtración, dicho material suspendido es atrapado por la resina que actúa también como un filtro.

Por lo tanto, el objetivo del retrolavado es remover el material suspendido retenido por la resina, el agua ingresará en sentido contrario al de servicio, es decir por la parte inferior y se despojará por la parte superior retirando también partículas finas de resina, además la resina se expandirá clasificándose por su tamaño, las más grandes en la parte inferior y las de menor tamaño en la superior. Esto mejorará la distribución del regenerante y del agua a ablandar.

Un retrolavado no debe durar menos de 10 min. ó hasta que el efluente salga totalmente limpio, el flujo de retrolavado debe expandir la resina en un 50% ó más.

Un flujo insuficiente no limpiaría adecuadamente la resina y produciría canalizaciones. Así también, un flujo excesivo puede resultar en pérdidas de resina.

Flujos usuales varían entre 4-8 (temperatura ambiente) y 12-15 (servicio caliente) gpm. por pie² de área transversal de resina. Pero, en todo caso deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes.

REGENERACIÓN

Luego del retrolavado, se aplica una corriente de salmuera (regenerante) de arriba hacia abajo, usualmente entre 0,5 y 1,0 gpm por pie² de área transversal. El flujo lento incrementa el contacto entre la salmuera y la resina. Para obtener una óptima eficiencia se debe tener una concentración de 10% de la salmuera ingresante.

LAVADO LENTO

Seguido de la regeneración, un flujo lento de agua es ingresado para desplazar a la salmuera remanente en el lecho de la resina, este empuje es necesario para el completo pase y contacto de la salmuera con el lecho de resina, la duración del desplazamiento debe ser suficiente para permitir aproximadamente el paso de un volumen de agua equivalente al volumen de resina de la unidad.

LAVADO RÁPIDO

Luego del lavado lento, se ingresa agua a un mayor caudal, el cual removerá cualquier residuo de salmuera así como trazas de dureza que puedan quedar. El flujo usado es normalmente entre 1,5 y 2 gpm. por pie² de resina.

Inicialmente el efluente contiene cantidades altas de salmuera y/o dureza, disminuyendo progresivamente, primero los residuos de dureza y, luego la salmuera remanente.

5.1.1.2 IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO DE ABLANDAMIENTO EN LA EMPRESA DE GASES INDUSTRIALES

Es importante mencionar que los vertidos de las regeneraciones de los procesos de intercambio iónico (desmineralización) son corrosivos, debido a que las soluciones regenerantes son soluciones concentradas de HCl y NaOH y, en general, aún después de mezclarlos se necesitará de una neutralización previa al envío del efluente como vertido.

La actual reglamentación para desagües industriales (D.S. N° 28-60-PL), exige los parámetros indicados en la tabla 3:

PARÁMETRO	VALOR
pH	5,0 a 8,5
Temperatura	Máximo 35° C
Sólidos suspendidos totales	< 8,5 ml/l/hr.
Aceites y grasas	Máximo 100 ppm.

Tabla 3. Reglamento para desagües industriales.

En cuanto al proceso de ablandamiento, el efluente proveniente de sus enjuagues tiene un pH entre 7,0 a 7,5, pues para el proceso de regeneración simplemente se usa salmuera, además la temperatura es del ambiente, los sólidos suspendidos son menores a 5,0 y no hay presenta aceites y grasas, con lo cual se concluye que no existe un impacto ambiental negativo.

La planta de gases industriales opera con 4 ablandadores, los cuales suministraban 218,5 m³/día de agua blanda para reposición a calderas, y posterior a la implementación de la ósmosis y disminución de las purgas en el SGV, el suministro descendió a 178 m³/día.

5.1.2 FILTRACIÓN MEDIANTE FILTROS DE CARTUCHO PARA PROTEGER LA ÓSMOSIS INVERSA:

Los filtros de cartucho se emplean para filtraciones previas de aguas con bajo contenido en sólidos suspendidos (recomendable no mayor a 50 ppm), tales como aguas de pozo o aguas superficiales que ya han sido filtradas por otro sistema anteriormente y que necesitan un afino del agua.

En la figura 5 se muestran diversos modelos y en la figura 6 los respectivos housings.



Figura 5. Diseños de filtros de cartucho.

Los filtros cartucho retienen partículas entre 0,1 y 100 micras, con lo cual consiguen retenciones de sólidos suspendidos prácticamente absolutas.

El medio filtrante ha de reemplazarse cuando la pérdida de carga del agua a su paso indica que la suciedad tapona los poros, por lo cual puede resultar muy caro si el nivel de sólidos suspendidos es alto.

Es muy común su empleo para proteger las membranas y la bomba de alta presión de la ósmosis inversa.



Figura 6. Diseños de housings para filtros cartucho.

5.1.2.1 USOS EN LA INDUSTRIA

El uso de filtros de cartuchos no sólo se limita a proteger las membranas de los sistemas de ósmosis inversa, sino también como protección medioambiental, removiendo metales pesados u otros contaminantes de los efluentes, así como eliminación de contaminantes que afecten la calidad final de un producto. Entre otras, en la tabla 4 se describen las más conocidas:

APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MICRAS
Alimentación a ósmosis inversa.	Reducción de SDI.	1, 5
Para agua de sistemas de enfriamiento abierto.	Reducción de sólidos suspendidos.	20, 30
Para agua de sistemas de enfriamiento cerrado.	Eliminación de residuos de óxidos o desechos de empaques.	5, 10, 20
Para aguas de inyección en pozos en la industria de gas y petróleo.	Eliminación de aceites.	1, 5, 10, 20

Tabla 4. Principales aplicaciones de filtros de cartucho en la industria.

5.1.2.2 DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LOS FILTROS DE CARTUCHO

En la actualidad, empresas como GE Betz, que lideran el mercado en estas aplicaciones e invierten continuamente en investigación y desarrollo, han ido innovando su tecnología, fabricando filtros con mejores desempeños.

Actualmente, los filtros de polipropileno, material ampliamente usado, son fabricados mediante un sistema especial de soplado, denominándose a este tipo de filtros como “Melt Blown Filters” que puede traducirse como “soplados en estado fundido”, su nombre comercial es Z.Plex, diseñados para capturar de manera más eficiente los sólidos suspendidos, y que se fabrican en un amplio rango de porosidad, pudiendo retener partículas desde 0,1 a 100 micras de diámetro (1 micra = 0,001 milímetro), y que entre otras, presentan las siguientes ventajas frente a los filtros de cartucho convencionales:

- Mejor densidad gradual de fibras, dando una mejor distribución de carga y retención de partículas, ver figura 8.
- Mayor tiempo de vida útil.
- Mayor costo beneficio frente a filtros convencionales.

Se ofrecen en el mercado en longitudes estandarizadas, esto es muy importante para no depender de un solo proveedor, es decir de 10, 20 y 40 pulgadas de longitud y con un diámetro nominal de 2,5 y 1,0 pulgadas de diámetro exterior e interior respectivamente.

Las ventajas se deben básicamente a que las fibras de polipropileno presentan un menor diámetro y se encuentran arregladas en una configuración especial, obteniéndose así un mayor “void volume” o “espaciamento interno para capturar más partículas”, tal como se aprecia en la figura 7.

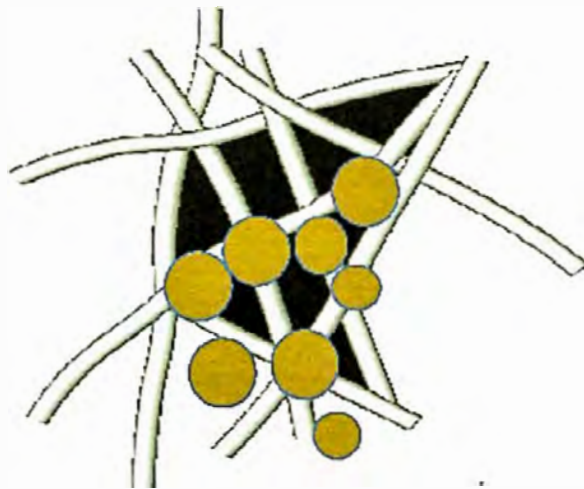
Fibras de Filtros Convencionales

Fibras de Filtros Z.Plex

De GE Betz



Espacio vacío = X



Espacio vacío = 2X

Figura 7. Comparación de las fibras de filtros convencionales y de filtros Z.Plex de GE Betz (cortesía de GE Betz Perú).

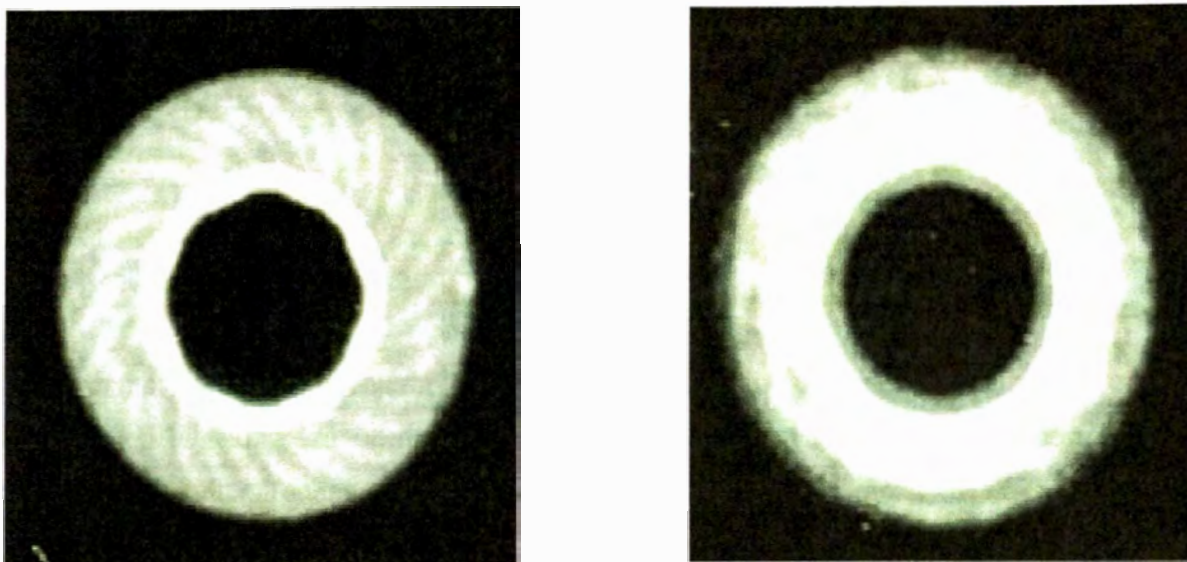


Figura 8. Comparación de filtros con densidad constante y densidad gradual de fibras (cortesía de GE Betz Perú).

Pruebas experimentales en operación continua, muestran que con los filtros convencionales se alcanza una caída de presión de 40 psi luego de 35 días de servicio, mientras que a las mismas condiciones con el uso de filtros Z.Plex, se alcanza la misma caída de presión pero luego de 60 días de servicio.

CONDICIONES TÍPICAS DE OPERACIÓN DE LOS FILTROS DE CARTUCHO

Caudal máximo: 5 gpm. por TIE*

Caudales mínimos: 2 a 3 gpm. por TIE

Máxima caída de presión: 35 a 40 psi.

Típica caída de presión para recambio: 10 a 15 psi.

Máxima temperatura de operación: 70°C, con no más de 20 psi de caída de presión.

Filtros de cartucho de polipropileno empiezan a afectarse a temperaturas superiores a 50°C.

* TIE: siglas de (Ten Inch Equivalent), o referido para un filtro de 10" de longitud.

El sistema de ósmosis inversa instalado en la planta de gases incluye 5 filtros de cartucho que van en un solo housing. Los filtros son los Z.Plex modelo GX05-30-XX, mostrados en el anexo, de 5 micras de porosidad y 30 pulgadas de longitud.

5.1.3 ÓSMOSIS INVERSA

Empezaremos dando unos ejemplos del fenómeno de la ósmosis natural, que se evidencia en la naturaleza de manera diaria, y gracias al cual se permite el normal desarrollo de la vida. Tenemos como ejemplos más cercanos, entre otros:

- El crecimiento de las plantas, que gracias a la absorción por ósmosis del agua a través de las raíces, puede transportar y distribuir la savia diluida adecuadamente dentro de todo su organismo.
- Un segundo ejemplo lo tenemos en el normal funcionamiento de las células, que mediante ósmosis pueden desarrollar su metabolismo, difundiendo el agua a través de sus paredes celulares.
- Un tercer ejemplo y no menos importante, lo tenemos en nuestros riñones, cuyas paredes trabajan día a día como perfectas membranas de ósmosis.

Para entender el flujo natural existente a través de las membranas, recordemos que debido a las leyes del equilibrio en la naturaleza, todo tiende a llegar a un estado de equilibrio, así como la corriente eléctrica fluye espontáneamente de una región de alto potencial eléctrico a una de bajo potencial, o la masa fluye espontáneamente de una posición de alto potencial gravitacional a una de bajo potencial, igualmente la masa fluye espontáneamente de una región de potencial químico alto a una de potencial químico bajo.

En la figura 10 se visualiza además del sentido del flujo de la ósmosis, la presión osmótica generada y, como se explicó antes, el flujo ocurre aquí debido a que el potencial químico del agua pura (lado derecho del sistema) es mayor que el potencial

químico del agua en la solución o brine (lado izquierdo del sistema), de tal manera de lograr el equilibrio entre los potenciales químicos de ambas soluciones.

En termodinámica, la propiedad denominada potencial químico (u_i) de la sustancia i en una solución binaria es:

$$u_i = u_i^0(T,P) + RT \ln x_i$$

donde $u_i^0(T, P)$, se interpreta como el potencial químico de la especie pura i o energía de Gibbs molar del líquido puro i a la temperatura T y presión P constantes, y x_i es la fracción mol del componente i en la mezcla líquida.

Como x_i es una fracción y su logaritmo es negativo, la ecuación muestra que el potencial químico de cualquier sustancia en una mezcla es siempre menor que el potencial químico de la sustancia pura bajo la misma temperatura y presión total. Esta es la interpretación termodinámica del hecho de que los líquidos se difunden unos en otros.

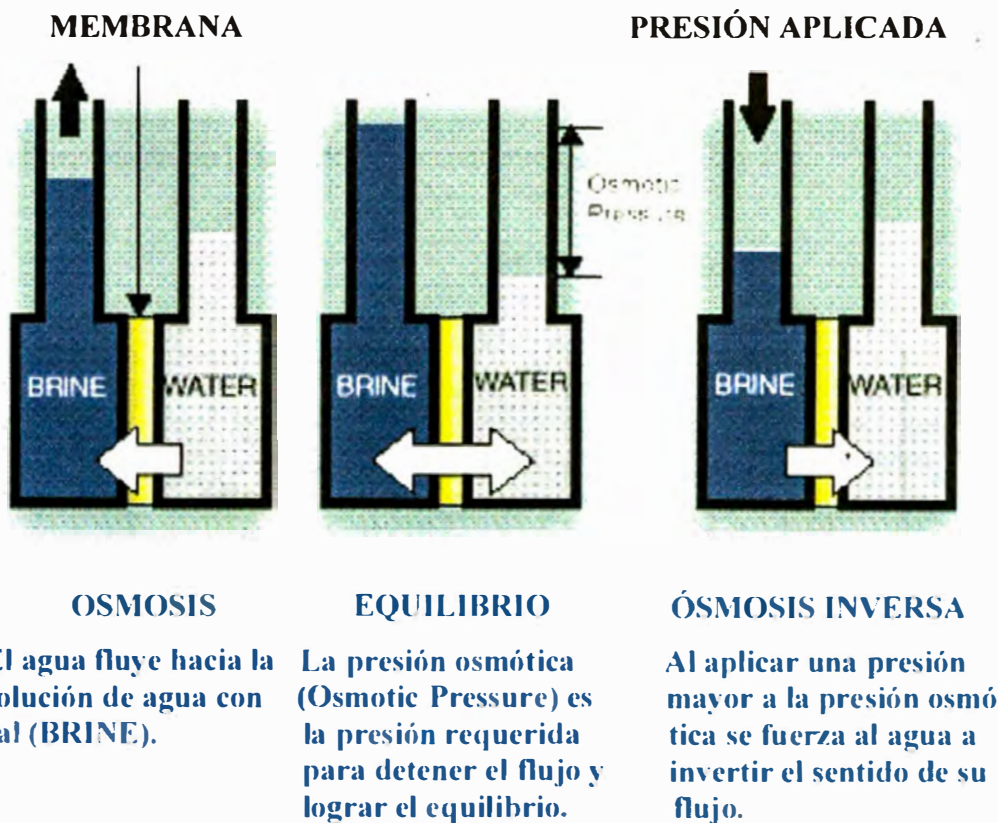


Figura 9. Acción osmótica, de equilibrio y de ósmosis inversa.

Respecto a la presión osmótica generada, denominada como (Π), puede calcularse mediante la ecuación de Van't Hoff mostrada a continuación y que es válida para soluciones diluidas:

$$\Pi = n.RT / V_m$$

Jacobus Henricus Van't Hoff (1 852 – 1 911), químico holandés quien obtuvo el premio Nóbel de Química en 1 901.

Donde:

n = número de kg. mol de soluto.

R = Constante de los gases ideales.

T = temperatura en grados Kelvin.

V_m = volumen de agua disolvente pura en m^3 asociado con n kg. mol de soluto.

En base a lo anterior, la ósmosis inversa viene a ser el proceso que hace invertir el flujo de la ósmosis natural, forzando al agua a atravesar la membrana desde la solución concentrada hacia la solución diluida mediante la aplicación de una presión superior a la presión osmótica desde la solución más concentrada (Figuras 9 y 10).

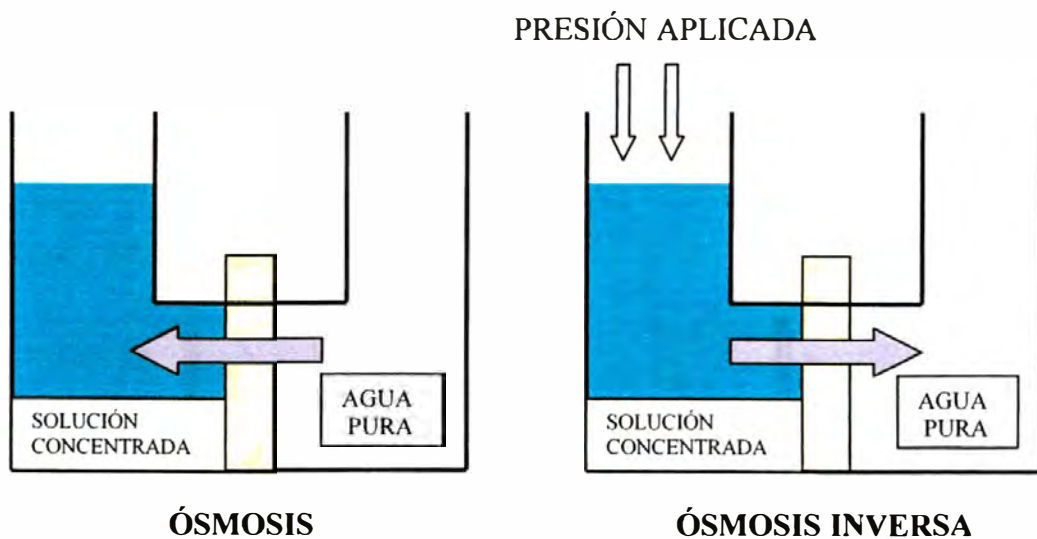


Figura 10. Esquema del proceso de ósmosis

5.1.3.1 ECUACIONES DE FLUJO ESPECÍFICO PARA LA ÓSMOSIS INVERSA

El mecanismo de transporte de masa que ocurre en las membranas con capacidad de retención de solutos cercanos a 10 \AA o menores, es del tipo difusión. Tanto el soluto como el disolvente migran por difusión molecular, impulsados por gradientes de concentración establecidos en la membrana por la diferencia de presión aplicada.

La ecuación de estado estacionario que gobierna el transporte del disolvente o agua a través de la membrana mostrada en la figura 11 es:

$$N_w = A_w \cdot (\Delta P - \Delta \pi)$$

Donde:

N_w : flujo específico de agua, en kg. /s. m^2

A_w : constante de permeabilidad al disolvente, en $\text{kg de disolvente/s. m}^2 \cdot \text{atm}$.

ΔP : diferencia de presión hidrostática, entre la presión P_1 ejercida sobre la alimentación y la presión P_2 ejercida sobre la solución del producto en atm.

$\Delta \pi$: presión osmótica de la solución de alimentación menos la presión osmótica de la solución de producto.

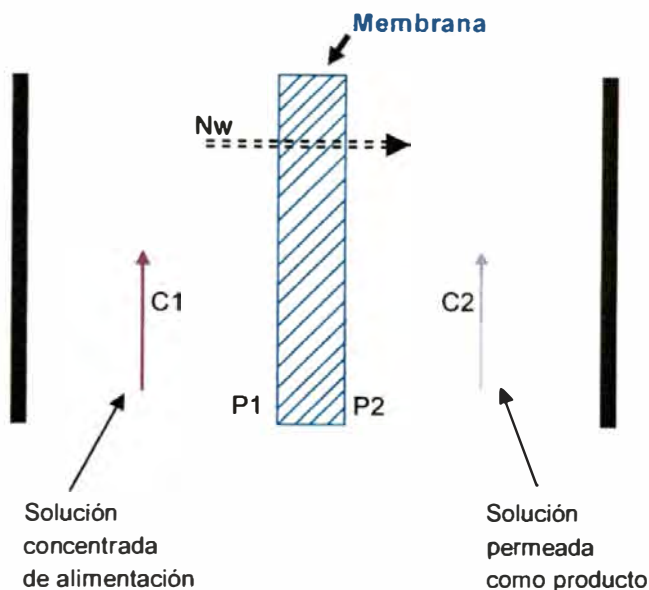


Figura 11. Concentraciones y flujos en el proceso de ósmosis inversa.

En el proceso de ósmosis inversa, se le aplica presión mediante una bomba de alimentación de agua, a la solución que tiene mayor concentración de sales, de esta manera se fuerza un caudal inverso a través de la membrana semipermeable.

Al difundirse el agua a presión a través de las membranas, ocurre un fenómeno muy interesante, las sales apenas pueden penetrar la membrana y, por consiguiente, el agua se purifica al dejar así todas sus sales y contaminantes atrás.

Los contaminantes concentrados son removidos por una corriente llamada usualmente rechazo o brine y el agua purificada por una segunda corriente llamada permeado. Figura 12.

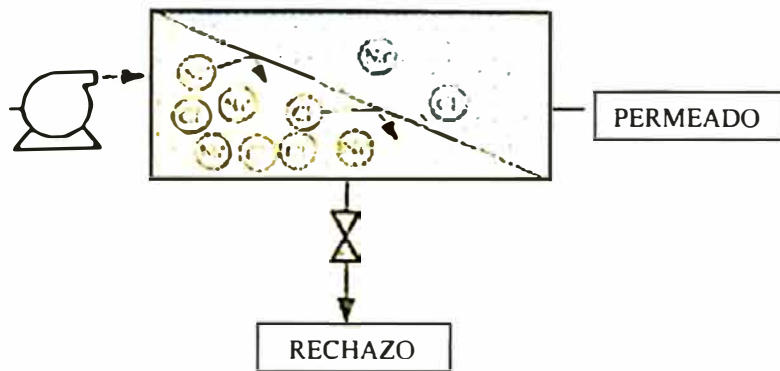


Figura 12. Esquema de flujos en la ósmosis inversa.

La ósmosis inversa, inventada en el año 1959, es en la actualidad el más moderno método de purificación de agua, asimismo fue el primer proceso de separación por membranas mediante el sistema Crossflow que fue ampliamente comercializado.

El término Crossflow ó flujo transversal se debe a que en la ósmosis inversa, los flujos de alimentación y de concentrado fluyen paralelamente a la membrana y no perpendicularmente a ésta, además como se ve en la figura 13, en los sistemas Crossflow, una porción del agua es utilizada para llevarse los contaminantes.

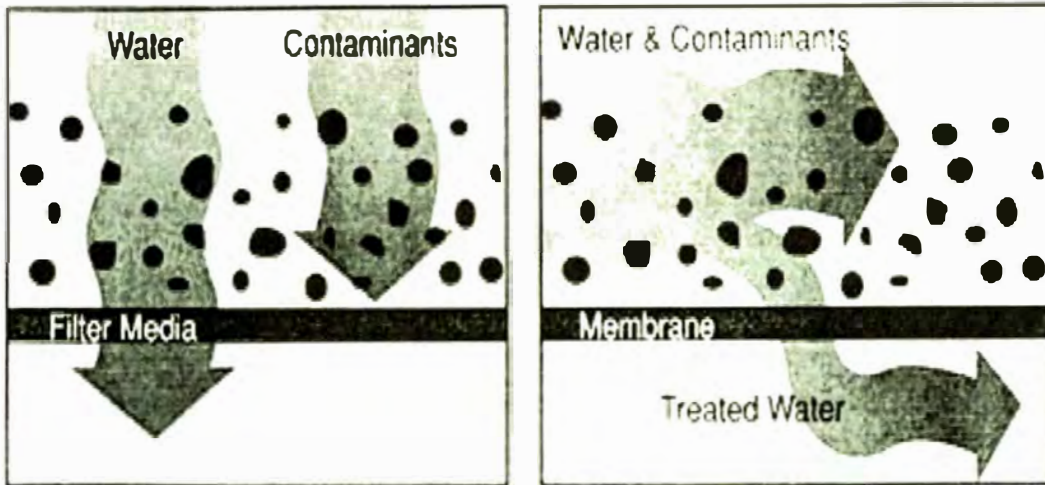


Figura 13. Flujos en filtración convencional (izq.) y filtración por Crossflow (der.).

La presión de operación en los procesos de ósmosis inversa se encuentran en el rango de 50 a 1 000 psi.

El flujo de agua osmotizada se puede aumentar incrementando la presión exterior aplicada, sin que esto represente mayor paso de sales. Sin embargo, la mayor presión significa un mayor costo de energía y un adecuado diseño de la instalación para conseguir y resistir esta mayor presión. Con el incremento de presión hay que controlar además que no se supere la carga superficial máxima.

La carga superficial es un parámetro operativo muy importante, se refiere al caudal por unidad de superficie y se mide en $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ (o m/hr). Si se exceden los valores recomendados por el fabricante de membranas, se aumentará la velocidad de ensuciamiento y al necesitar limpiezas más frecuentes se acortará la vida útil de la membrana, medida en unidades de tiempo (que suele ser una de las garantías de operación).

Si las membranas no se limpian con la frecuencia debida, se irá obstruyendo con un deterioro relacionado exponencialmente con la carga superficial. La carga superficial excesiva crea además, una sobreconcentración de sales junto a la membrana, conocida como polarización de la concentración, que puede provocar la precipitación de sales

cuya solubilidad está sobrepasada, a pesar de que el valor medio de la concentración sea inferior.

5.1.3.2 CONFIGURACIÓN Y TIPOS DE MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

Se usan dos tipos básicos de configuración de membranas, las conocidas como spiral wound (en espiral) y las hollow fiber (de fibra hueca), y dos tipos básicos de material para su fabricación (acetato de celulosa y poliamida).

Debido a su mayor eficiencia y economía, las configuraciones del tipo spiral wound son las más utilizadas en la industria. Figura 14.

Las ventajas de las membranas spiral wound son, primero, su mayor resistencia a los incrementos de presión, y segundo, el tener la particularidad de presentar un flujo turbulento sobre la superficie de la membrana, dando esto una acción autolimpiante, reduciéndose así el ensuciamiento o fouling y mejorando su performance y tiempo de vida útil.

Las membranas de fibra hueca consisten de fibras similares al espesor de un cabello, miles de fibras son arregladas dentro de un housing, figura 15. El agua fluye de fuera hacia el interior de las fibras huecas, obteniéndose dentro de éstas el agua pura o permeada. En la década de los 70 estos sistemas tuvieron mucha popularidad por su alta productividad gracias al gran área superficial dada por estas membranas.

Sin embargo, la mayor desventaja fue la mayor inversión y cuidado en el pretratamiento del agua para mantener las superficies de las membranas libres de ensuciamiento o fouling, esto debido al flujo laminar característico de este tipo de membranas.

Las membranas de acetato de celulosa resisten los productos oxidantes y se pueden usar con aguas cloradas, pero hay que controlar el pH del agua para evitar su hidrólisis que limita su vida útil, y además se degradarían por el ataque microbiano justamente

impedido por la cloración. Otra de sus debilidades es su bajo rechazo a los solutos orgánicos.

Las membranas de poliamida, por el contrario, resisten variaciones de pH incluyendo alguna resistencia al cloro, pero no toleraría una exposición continua. Estas membranas presentan un excelente rechazo a todas las sales, a diferencia de las membranas de acetato y actualmente son las membranas más utilizadas en la industria.

Las membranas utilizadas en el sistema de ósmosis inversa de la planta de gases industriales son de poliamida y en la configuración spiral wound.

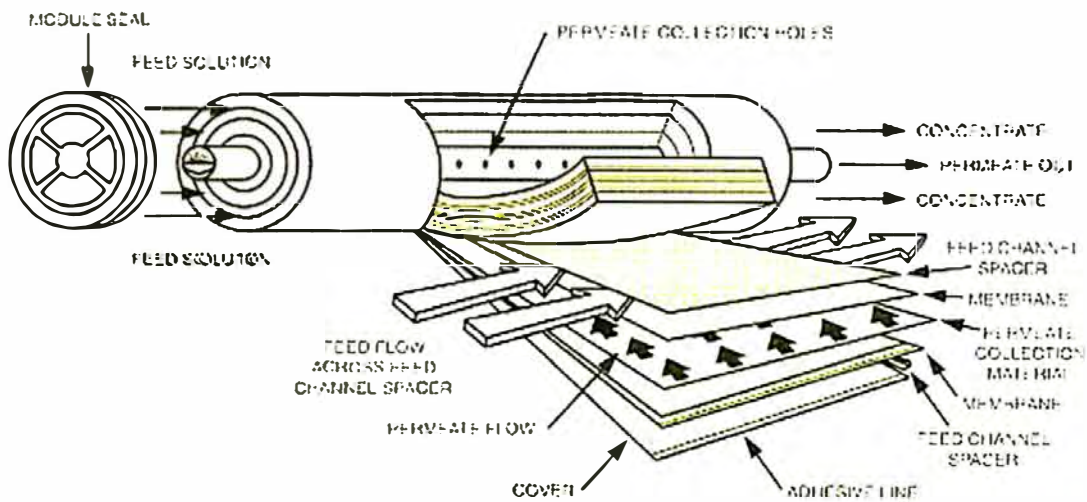


Figura 14. Diseño de una membrana Spiral Wound en espiral.

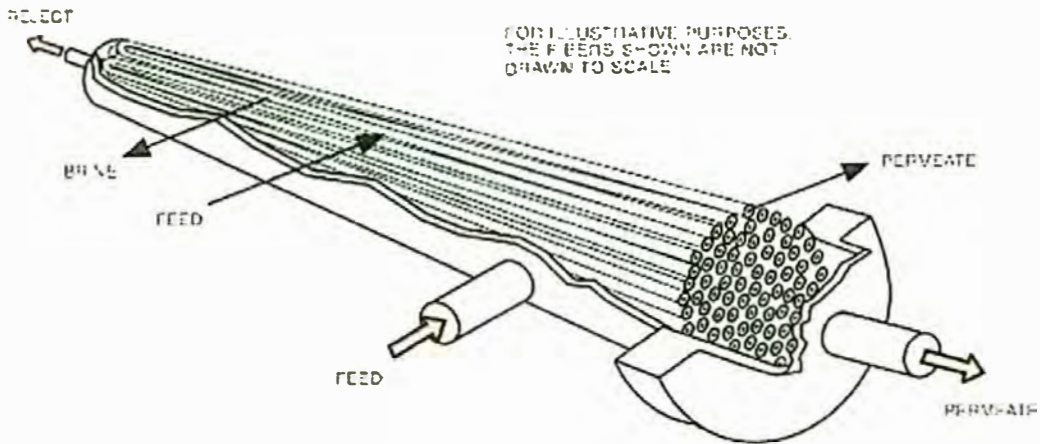


Figura 15. Diseño de un módulo con membrana de fibra hueca.

En las figuras 16, 17 y 18 se muestran algunos modelos actuales de equipos de ósmosis inversa comercializados por GE Betz. El modelo E8 fue el instalado en la planta de gases industriales, con una capacidad de producción de $9,1 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua osmotizada.



Figura 16. Módulo de ósmosis inversa modelo E4 con una capacidad de producción de $0,3$ a $6,8 \text{ m}^3/\text{h}$ (al 75% de recuperación).

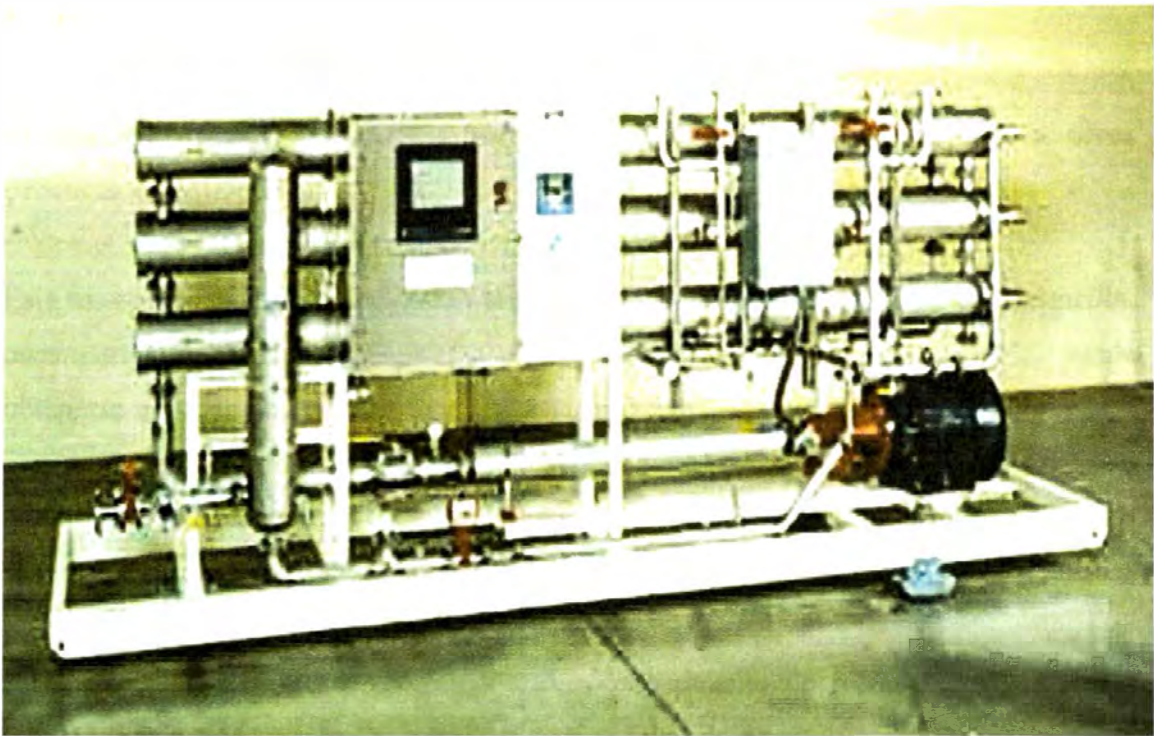


Figura 17. Módulo de ósmosis inversa modelo E8 con una capacidad de producción de 7 a 46 m³/h (al 75% de recuperación).

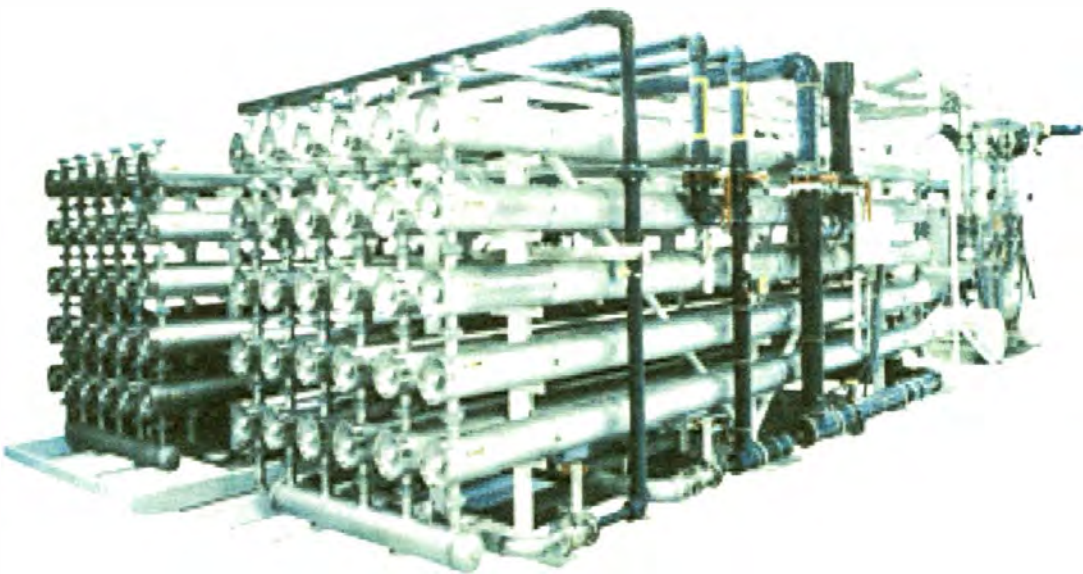


Figura 18. Módulo de ósmosis inversa de la series MUNI (para suministro de agua a pequeñas poblaciones)

5.1.3.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

Producción de agua ultrapura para uso en calderas de alta presión u otros procesos industriales:

Esta es una de las aplicaciones más antiguas de la ósmosis inversa. La razón es sencilla, pues partiendo de aguas altamente salobres, por un costo muy razonable, puede obtenerse agua prácticamente libre de materia orgánica y dureza, baja en sílice y con muy bajo contenido de sales. Si su proceso requiere una mayor calidad de agua, una alternativa es alimentar el producto de la ósmosis inversa a otro paso de membranas y/o a un pulidor de intercambio iónico para eliminar el resto de las sales.

El uso de ósmosis inversa como pretratamiento delante de resinas de intercambio iónico, disminuye considerablemente el costo global de operación. Una de las razones es que al alimentar agua más pura a las resinas, el consumo de reactivos requerido para regenerar la resina se reduce considerablemente. Además, al minimizar la carga orgánica a las resinas, se prolonga su vida útil y el tiempo entre mantenimientos del sistema. Según estudios realizados por la DOW S.A. y actualizados por INOVA S.A., se ha verificado que para cualquier agua que contenga más de 85 uS de conductividad, la combinación de ósmosis inversa-intercambio iónico es más rentable que utilizar intercambio iónico solamente, es así que se estima que por cada 100 uS de conductividad por encima de este valor, el ahorro por tener ósmosis antes del intercambio iónico es algo más de 0,10 US\$ por m³ de agua ultrapura producida.

Agua ultrapura para microcircuitos y pintura electroforética:

En la fabricación de microcircuitos, las impurezas en el agua de enjuague causan defectos notables en el producto final. El permeado de la ósmosis inversa normalmente se puede por intercambio iónico para obtener la eliminación casi absoluta de salinidad que requiere el proceso. Sin embargo, después del intercambio suele ponerse otro sistema de membranas (ultrafiltración u ósmosis) para poder capturar cualquier partícula fina en suspensión producida por la degradación normal de las resinas de intercambio.

En las líneas de pintura aplicada con el proceso electroforético, el problema ha sido que la sílice es el componente que primero satura a las resinas de intercambio y, por ende, el que primero se escapa hacia su proceso. Pero, como la sílice no es iónica, no se puede detectar por aumento de conductividad. El efecto de la sílice es mala adhesión de la pintura electroforética y degradación en la calidad del acabado de su producto final.

Agua ultrapura para productos farmacéuticos y cosméticos:

Esta aplicación se parece a las citadas anteriormente, con la única diferencia de que se instalan columnas de carbón activado después de la ósmosis para eliminar cualquier residuo de cloro o solvente orgánico que logre traspasar las membranas. También se suelen instalar esterilizadores de luz ultravioleta para asegurar que el agua sea aséptica.

Producción de agua potable para consumo humano:

Las plantas potabilizadoras por ósmosis pueden ser tan pequeñas como de 4 litros por día (planta casera o de yate) ó de 300 000 m³ por día (en Yuma, USA). Esta es una aplicación tan común que en USA se venden hasta en las ferreterías sistemas para casas.

Los sistemas de ósmosis inversa no sólo pueden potabilizar el agua de mar o salobre a un costo muy razonable, sino que remueve arsénico, fluor, plaguicidas, fertilizantes y otros compuestos que puedan perjudicar la salud humana. El arsénico en el agua potable incrementa la predisposición de cáncer de la piel en las poblaciones que beben agua con este metal pesado.

Aplicaciones en industrias de alimentos y bebidas:

El agua purificada por este proceso se utiliza directamente como materia prima para diluciones de proceso, para diluir la leche, cerveza, gaseosas, etc., adecuando los contenidos de cloruros y sulfatos que afectan al sabor. Otra aplicación ha sido la extracción del agua al jugo de naranja previo a su congelación y concentraciones de jugos de manzana y otros.

Fabricación de barras y cubos de hielo cristalino, puro y nítido:

Dentro de la potabilización, hay una aplicación particular que es la purificación de agua para hielo, pues con uso de agua osmotizada se obtiene un hielo nítido y cristalino, muy solicitado por el público.

La turbidez del hielo fabricado con agua corriente se debe a que durante el proceso de congelación, las sales y otros contaminantes tienden a concentrarse en el centro de los cubos y barras de hielo, dándole un aspecto feo, y delatando su impureza. El agua de ósmosis no contiene dichos contaminantes y rinde hielo con aspecto de joya.

Producción de agua para riego:

Una de las aplicaciones más antiguas de esta faceta de la ósmosis inversa es su uso en invernaderos para desalar el agua para flores, tales como los claveles, los cuales son muy sensibles a los cloruros.

Otra aplicación se da en las Islas Canarias (España), para desalar agua de pozos altamente salobres y adecuarla para cultivos. En Las Canarias se cultivan tomates, pimientos y otros frutos de invierno altamente cotizados en la UE, la poca agua disponible para riego tiene un contenido de sales entre 5 000 ppm y 10 000 ppm STD., salinidad tan alta que es poco tolerable por muchos cultivos.

Otras aplicaciones:

La ósmosis está encontrando aplicaciones tan variadas y nuevas cada año como removerle el alcohol a la cerveza, concentrar el jugo de azúcar a 80 °C, concentrar el oxígeno al aire del 21% al 30%, concentrar jugos, suero de queso y otros productos alimenticios.

5.1.3.4 CRITERIOS DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA

La ósmosis inversa, no es necesariamente la solución para todos los problemas de desalación, pero puede tener muchas ventajas sobre otros procesos, algunos de estos procesos se tratan a continuación:

Flexibilidad del proceso de ósmosis:

La gran ventaja de la ósmosis sobre otras tecnologías como el intercambio iónico y la electrodiálisis reversible, es que a un costo prácticamente constante, la ósmosis puede remover hasta un 99,5% de las sales que le llega, sin afectarle mucho que el agua de ingreso se torne más salobre de lo que se consideró en el diseño. Esto se aprecia en un caso ocurrido en Mexicali, México, en donde por un cambio en la salinidad del agua de ingreso de 800 ppm a 3 200 ppm, si bien el agua obtenida por la ósmosis se incrementó de 30 a 120 ppm, el incremento del costo por mayor consumo de químico sólo subió en 0,02 US\$ por m³. Sin embargo en el proceso de intercambio iónico, si bien el agua purificada hubiera podido mantener la misma salinidad, el incremento del costo por consumo de reactivos se hubiera incrementado en 4,00 US\$ por m³, y en el proceso de electrodiálisis el incremento en el consumo de corriente eléctrica hubiera elevado en 2,3 Kwh/m³, además de la inversión adicional par ampliar la capacidad de los rectificadores.

Otra ventaja de la ósmosis inversa sobre los demás procesos, es que es la única capaz de remover prácticamente el 100% de todos los virus y bacterias patógenas que se encuentran en la alimentación. Por eso, la ósmosis ha sido tan aceptada a nivel mundial para potabilizar aguas contaminadas, incluso aguas de desecho.

Ahorro de energía

Cuando se evalúa la ósmosis contra los procesos de evaporación, hay que tener en cuenta que la ósmosis de agua salobre utilizando membranas de baja presión logra tener un consumo de energía de 1 a 1,5 Kwh. por m³ y la ósmosis de agua de mar con recuperación de energía, tiene un consumo de energía eléctrica de 4 a 5 Kwh por m³.

Sin embargo la evaporación tiene un consumo de energía total de unos 15 Kwh por m³ de producto.

Cómo evaluar si la ósmosis es el proceso más indicado para su agua:

Cuanta más información tenga sobre su agua, más confiable será el diseño. Las dos preguntas siguientes son los más importantes de determinar:

Si está interesado en considerar la ósmosis inversa entre los procesos industriales para solucionar problemas de purificación de agua, debe tener claros en su mente los dos factores fundamentales:

1. ¿Qué calidad y cantidad de agua de producto requiere su proceso?
2. ¿Qué clase de agua bruta tiene usted para procesar?

PRODUCTIVIDAD O CARGA SUPERFICIAL

Para obtener cierto régimen de producción de agua osmotizada, el área superficial de las membranas que se instalan en una planta de ósmosis inversa es quizás el factor de diseño y operación más importante. La productividad o caudal por unidad de superficie, que se puede expresar en m³/ m². hr ó gal/ ft². day (GFD), es el factor de diseño clave que se utiliza en la industria para determinar si el diseño es o no conservador. GFD es una indicación del caudal de agua producto que se está pasando cada día por cada ft² de superficie de membrana que tenemos instalada en planta.

Es importante no incrementar excesivamente los GFD de diseño, ya que se corre el riesgo de acortar la vida útil de las membranas al someterlas a un ensuciamiento más intenso, pudiendo generar daños irreversibles sobre éstas.

Calcular el factor GFD de su planta es muy sencillo, el numerador es simplemente la productividad de su planta en galones por día y el denominador se obtiene multiplicando el número de cartuchos de membranas instalados en su sistema por el área superficial de cada cartucho en ft².

5.1.3.5 PRE-TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA ÓSMOSIS INVERSA

El objetivo del pre-tratamiento es fundamental para un correcto desempeño de las membranas de ósmosis inversa, con un adecuado pre-tratamiento estaremos eliminando tres problemas diferentes: La incrustación, el ensuciamiento o fouling y el ataque químico a las membranas. Cuando cualquiera de los dos primeros ocurre, se traduce en una disminución en el rendimiento de la planta, o en un aumento en la presión de operación.

Incrustación: El objetivo primordial del pre-tratamiento es evitar depósitos de sales incrustantes. La tendencia incrustante del agua que va pasando sobre las membranas se agrava notablemente por la alta concentración de sales en la capa límite más aún si los flujos se toman laminares.

El primer síntoma de esto es una disminución notable en el rendimiento de la planta, o un aumento notable en la presión de operación. Esto ocurre porque las capas de incrustación, aunque delgadas, son muy impermeables y ofrecen gran resistencia al paso de producto.

La incrustación suele localizarse inicialmente en las últimas membranas del housing y progresa lentamente de atrás hacia delante hasta llegar a las primeras.

Ensuciamiento: El ensuciamiento con arena, materia orgánica o materia coloidal también puede repercutir en una obstrucción física de los canales hidráulicos de los elementos. Al contrario de la incrustación, el ensuciamiento normalmente comienza por el extremo de la alimentación y progresa hacia la parte posterior del sistema. El ensuciamiento por sedimentación de materia coloidal suele ocurrir en las últimas membranas.

Ataque bacteriano o químico a las membranas: Los síntomas son totalmente opuestos a los que se evidencian por ensuciamiento o incrustación, estos ataques dañan irreversiblemente a la membrana y permiten el paso relativamente libre de sales y de

agua, por suerte, las nuevas membranas de poliamida no sufren daños por ataque de bacterias.

Filtros de Cartucho: Todas las plantas de ósmosis inversa deben tener filtros de cartucho antes de la bomba de alta presión. Los filtros de cartucho protegen a la bomba de alta presión contra cualquier partícula abrasiva proveniente del pozo o de la línea que pueda ocasionar daños a los impelentes. También protege a las membranas contra el taponamiento u obstrucción de los canales hidráulicos. Es usual recomendar filtros de cartucho de 5 micras de porosidad.

Filtros de materia coloidal: En los casos de uso de aguas superficiales, sería incosteable tratar de operar con filtros de cartucho que se estén taponando constantemente con materia coloidal. En estos casos se recomienda instalar antes de los filtros de cartucho, filtros de arena, filtros multimedia o filtros Green Sand (arena verde), este último es muy efectivo en la remoción de óxidos de hierro y manganeso. Normalmente estos filtros se diseñan 2 ó 3 unidades para que prosiga la operación mientras se retrolava uno de los filtros.

Aditivo Anti-incrustante: Todas las plantas de ósmosis inversa deben operarse con adición continua de anti-incrustante, a excepción de plantas que operen a baja recuperación, menos del 50%.

Cloración/Decloración: Si tiene problemas con bacterias en el agua, se recomienda la inyección de cloro o hipoclorito con el fin de obtener un residual de cloro de 0,2 a 0,5 ppm antes de alimentar la ósmosis inversa. Para aguas muy contaminadas se puede utilizar adicionalmente lámparas ultravioleta. Posteriormente a la cloración viene la adición de un secuestrante de cloro (metabisulfito) de sodio para eliminarlo completamente y que este no dañe a las membranas.

SDI (Silt Density Index): El comité de aguas de la ASTM (American Society for Testing and Materials) recomienda el test de SDI como método indicativo de la cantidad de material particulado en los suministros de agua. Este método está basado en la velocidad de taponamiento de un filtro de membrana de 0,45 micras, por el cual se hace

pasar agua a una presión constante de 30 psi. Actualmente existen equipos portátiles para su determinación en campo, ver figura 19.

Muchas empresas proveedoras de sistemas de ósmosis inversa utilizan el SDI para correlacionarlo con el máximo contenido de sólidos suspendidos permisible en el agua de alimentación a sus sistemas, con el objetivo de garantizar un adecuado performance de las membranas.

Como anteriormente se dijo, es recomendable usar filtros de cartucho con una porosidad de 5 micras para el cuidado de las membranas de ósmosis, de usarse filtros de mayor porosidad, es recomendable medir el SDI de manera diaria, antes y después del filtro. En cuanto al nivel de SDI, la idea es tener el menor valor posible a la salida de los filtros de cartucho, sin embargo, lo recomendable es que no supere de 3,0.



Figura 19. Equipo portátil para medición de SDI.

5.1.3.6 TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LAS MEMBRANAS DE ÓSMOSIS INVERSA

Los fabricantes de membrana garantizan una vida útil mínima de 3 años, siempre y cuando se halla cumplido con el adecuado pre-tratamiento y se halla operado dentro de las condiciones de operación recomendadas, esto incluye además el realizar como mínimo 2 limpiezas químicas al año con productos químicos especialmente diseñados para limpiezas de membranas.

IMPACTO AMBIENTAL DEL EFLUENTE DE ÓSMOSIS EN LA PLANTA DE GASES INDUSTRIALES

De manera similar al caso de los ablandadores y, ciñéndonos al Reglamento de Desagües Industriales D.S. N° 28-60-PL, el efluente no presenta impacto ambiental negativo.

En la Tabla 5 se muestra un comparativo del efluente de la ósmosis inversa al lado de los valores impuestos por el reglamento.

PARÁMETRO	EFLUENTE DE ÓSMOSIS INVERSA	LÍMITES PERMISIBLES
pH	8,36	5,0 a 8,5
Temperatura	35° C	Máximo 35° C
Sólidos suspendidos totales	0,0	< 8,5 ml/l/hr.
Aceites y grasas	0,0	Máximo 100 ppm.

Tabla 5. Comparativo del efluente de ósmosis inversa en la Planta de Gases Industriales y el Reglamento para desagües industriales D.S. N° 28-60-PL.

FABRICANTES DE EQUIPOS DE ÓSMOSIS INVERSA Y/O MEMBRANAS:

- US FILTER
- FLUID SYSTEM
- HYDRANAUTIC
- FILMTECH
- GE BETZ (OSMONICS Y IONICS)

5.1.4 DESGASIFICACIÓN:

El agua puede contener gases como parte de la materia disuelta. El oxígeno y el nitrógeno están presentes en toda agua en contacto con la atmósfera, pero también el CO₂ que forma ácido carbónico. A un pH de 4,5 todo el CO₂ está como gas, y en el otro extremo, por encima de pH 8,2, todo está ionizado. Otros gases que pueden estar presentes son H₂S, NH₃ y HCN.

La desgasificación es un proceso de transferencia de masa en el que la velocidad de desgasificación es proporcional al área superficial de la masa líquida en contacto con el gas que le rodea y a la diferencia de presiones parciales entre las dos fases. Por lo tanto es conveniente producir la mayor área posible en forma de pequeñas gotas, por deslizamiento sobre la superficie de un material de relleno de gran área específica o haciendo burbujear el gas en el seno del líquido.

La eliminación del oxígeno del agua de aporte a calderas suele realizarse por desgasificación térmica, y se realiza generalmente mediante columnas de bandejas o por atomización del agua, alcanzándose concentraciones de oxígeno del orden de 0,005 ppm.

Los gases disueltos encontrados en el agua pueden causar muchos problemas de corrosión, el oxígeno disuelto puede causar pitting y gases amoniacales en presencia de oxígeno pueden causar corrosión en cobre y sus aleaciones.

La desgasificación térmica se realiza en equipos llamados desaeradores, cuyo propósito es reducir los gases disueltos en el agua a niveles muy bajos, particularmente el oxígeno, así como mejorar la eficiencia térmica del sistema mediante el incremento de la temperatura del agua que alimentará a calderas, en la figura 20 se muestra como a una mayor temperatura, la solubilidad del oxígeno disminuye, mejorando así su eliminación.

El diseño de los desaeradores proveen, además de la adecuada temperatura, una adecuada zona de almacenaje del agua de alimentación a calderas, asimismo, su adecuada ubicación da las apropiadas condiciones de succión o altura hidrostática para las bombas de agua de alimentación correspondientes. Un diseño clásico se aprecia en la figura 21.

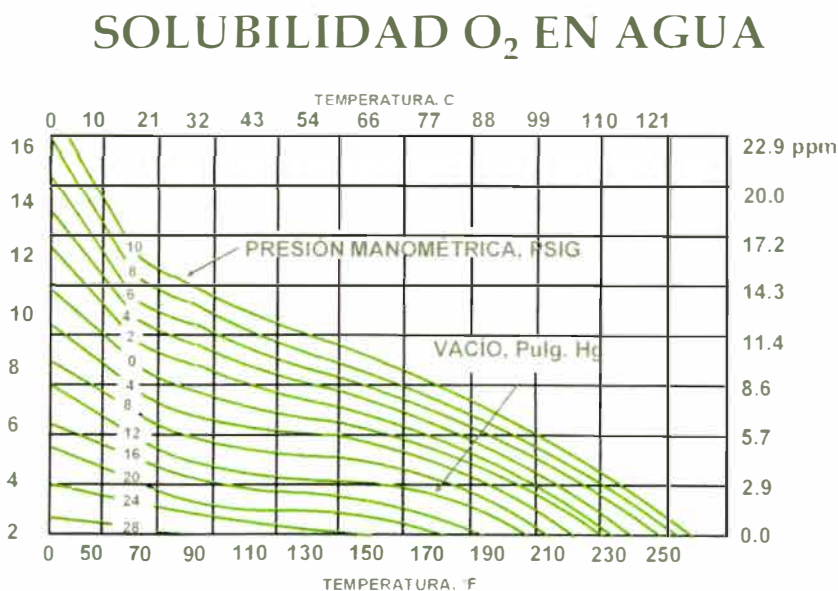


Figura 20. Solubilidad del oxígeno en agua.

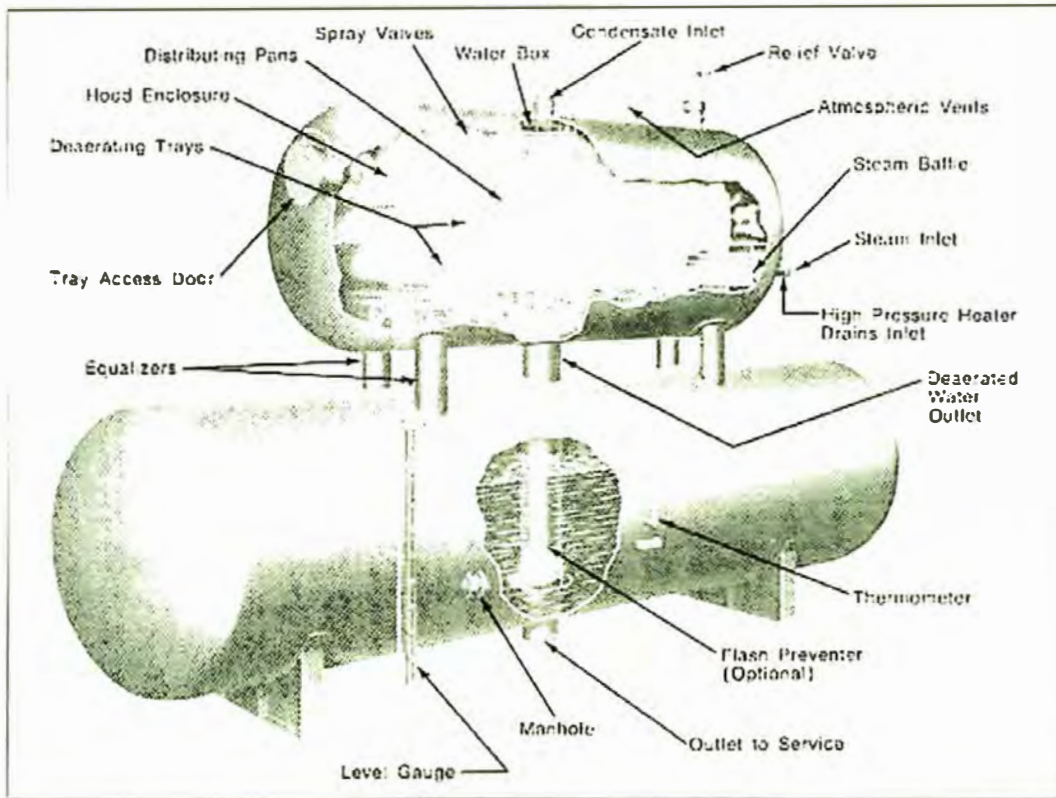


Figura 21. Diseño de un Desaerador

5.1.5 TRATAMIENTOS QUÍMICOS INTERNOS PARA EL AGUA DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR.

Es muy raro que el agua disponible en una industria se obtenga de una captación propia o de una distribución municipal y que tenga la calidad suficiente para ser aplicada directamente en la generación de vapor. El objetivo de los tratamientos es reducir y evitar los tres principales problemas asociados a la generación de vapor que son causados por el uso de aguas sin un tratamiento adecuado:

- Formación de depósitos e incrustaciones
- Corrosión
- Arrastres

Para conseguir estos objetivos, el agua de aporte suele someterse a un pretratamiento, que será específico para cada caso, pero de manera general podemos dar como ejemplo que, para uso de fuentes de agua superficiales, lo usual es iniciar con procesos de

clarificación y filtración y, posteriormente un intercambio iónico u ósmosis inversa y finalmente una desaereación térmica. Para fuentes de agua de pozo, el cual es nuestro caso, lo más recomendable es usar una ósmosis inversa, previo paso por filtros de cartucho, posteriormente un ablandamiento y finalmente una desaereación térmica.

El objetivo es que reduzca la presencia de contaminantes a un nivel requerido y conveniente para las calderas. Para contrarrestar el efecto de los contaminantes residuales se añaden además, los aditivos químicos apropiados.

TRATAMIENTO INTERNO ANTI-INCRUSTANTE

Origen de las incrustaciones y/o depósitos: La formación de las incrustaciones y depósitos se debe a:

- Contaminantes presentes en el agua de aporte.
- Productos de la corrosión interna del sistema.
- Contaminantes en el retorno de condensado, debido a fugas del lado procesos que contaminan el vapor.

Las incrustaciones (las formas más sólidas y preocupantes) se producen sobre las superficies metálicas y calientes de las calderas en el proceso de evaporación.

Al evaporarse parte del agua, las sustancias contaminantes se concentran en la fase líquida del film o película sobre el metal. Los componentes solubles se redisuelven fácilmente en el agua que reemplaza a la burbuja de vapor anteriormente formada, pero las sustancias insolubles tienden a precipitar sobre la superficie del metal.

Este depósito disminuye la transferencia de calor y provoca un recalentamiento del metal que puede llegar a la rotura. El problema es doble: por un lado reduce la eficacia de la transmisión de calor, y por otro lado reclama un mayor mantenimiento del sistema o la parada por avería. La mayoría de los compuestos incrustantes tienen una solubilidad que disminuye con la temperatura. Ejemplos se muestran en las figuras 22 y 23.



Figura 22. Falla en un tubo del sobrecalentador de una caldera acuotubular.



Figura 23. Tubos de caldera pirotubular con incrustaciones cálcicas.

Además de las incrustaciones se forman y depositan otros sólidos que permanecen suspendidos en la masa de agua como fangos sin adherirse a las paredes y cuya concentración se controla mediante un programa de purgas. Sus efectos son muy inferiores a los de las incrustaciones y, por este motivo, una forma de controlar las incrustaciones es provocar la formación de fangos.

Aunque la formación de incrustaciones ha estado tradicionalmente asociada a la dureza del agua, hay otras impurezas, tales como el hierro, cobre o sílice, cuyo papel ha sido cada vez más importante.

Un caso particular se obtuvo en una pesquera, cuyas calderas se sabía que presentaban incrustaciones por no haber tenido un buen control en su tratamiento en temporadas anteriores y, cuyo índice de consumo de combustible era de 42 galones por tonelada de harina de pescado, índice usado por todo el sector pesquero y que era alto según su estándar de 40, se lograron mejoras, pues luego de realizarse adecuadas limpiezas químicas e implementar un tratamiento químico a base de polímeros con un mejor control en las purgas, el índice de consumo de combustible descendió hasta 39 galones de combustible por tonelada de harina.

5.1.5.1 TRATAMIENTO A BASE DE FOSFATOS

En los años treinta se adoptaron los fosfatos para el tratamiento interno. Los fosfatos de calcio y magnesio que se forman son fácilmente eliminados por purga. Las dos reacciones mas interesantes son:



El magnesio y la sílice se separan preferentemente como hidróxido magnésico y silicato magnésico. La principal forma en que precipita el fosfato cálcico, en aguas de suficiente alcalinidad, es como hidroxiapatita: $3 (\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$.

Manteniendo en la solución acuosa un pH entre 10,5 y 11,5 y un fosfato residual de 20 a 50 ppm, se forma un fango de fácil dispersión mediante un polímero o un dispersante orgánico natural.

Los parámetros fisicoquímicos que se deben mantener en este tratamiento para calderas de baja presión, como es nuestro caso, son:

Alcalinidad hidróxida:	> 300 ppm.
Fosfato residual:	20 a 50 ppm.
pH:	10,5 a 11,5

5.1.5.2 TRATAMIENTO SOLUBILIZANTE A BASE DE POLÍMEROS

El control del tratamiento con quelantes es extremadamente difícil y no es económico en aguas con dureza elevada. Principalmente por este motivo, entre otros, el uso de polímeros solubilizantes con dispersantes ha ido ganando mayor aceptación en el manejo de los fangos.

Para evitar la formación de grandes precipitados cristalinos, se incluyen en los programas de tratamiento, agentes dispersantes específicos. Desde hace muchos años se han utilizado una serie de productos orgánicos que incluyen taninos, ligninas y almidones.

A diferencia de los fosfatos, los polímeros no reaccionan estequiométricamente, funcionan por adsorción sobre la superficie de los precipitados, evitando su aglomeración, manteniendo las partículas blandas y relativamente no adherentes. Las ligninas relativamente estables térmicamente se emplean sólo a presiones intermedias.

Aunque estos polímeros naturales dieron buenos resultados en las calderas a baja presión no eran del todo eficaces y además eran de difícil control. Los tratamientos con polímeros sintéticos fueron introducidos en la década de los setenta. Además de minimizar la aglomeración, algunos actúan como quelantes débiles ayudando a

solubilizar las sustancias potencialmente incrustantes. Los primeros polímeros que se utilizaron eran sales sódicas de poliacrilato, polimetacrilato y carboximetilcelulosa.

Recientemente se han introducido nuevos polímeros con superior capacidad antincrustante y dispersante de fangos. Contienen grupos funcionales carboxilato o sulfonato o ambos. Los mejores resultados se pueden obtener complementándolos con otras sustancias activas. Su selección debe estar basada en exhaustivos ensayos ya que su efectividad depende de la presión, nivel de sólidos, alcalinidad, etc.

Los tratamientos de sólo polímeros de GE Betz, no contienen quelatos, fosfatos o fosfonatos y no requieren dispersantes suplementarios para ser eficaces, estos polímeros actúan por medio de un mecanismo de solubilización para el calcio y el magnesio y un mecanismo de dispersión para el hierro, sílice y otras partículas.

El mecanismo de solubilización comprende la formación de complejos de dureza por la funcionalidad del carboxilato del polímero. La reacción puede expresarse simplemente según se muestra en la figura 24.

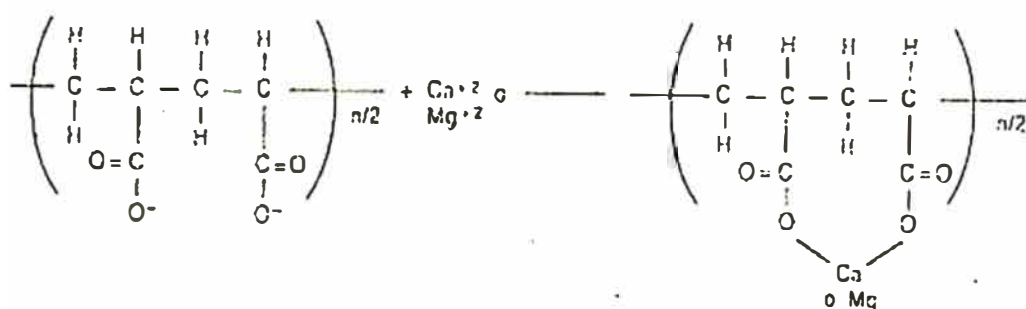


Figura 24. Mecanismo de solubilización

La alta densidad de carga de los polímeros favorece intensamente las reacciones de formación de complejos, y al mantener complejos muy cargados, estos mantienen los iones de dureza en solución.

Asimismo debido al efecto de apantallamiento, típico de las cadenas poliméricas, la dosis necesaria para la reacción con los contaminantes no crece estequiométricamente como en el caso de los fosfatos, así por ejemplo, para un incremento de 4 veces en los contaminantes, no se requerirá incrementar 4 veces la dosis de polímero, sino sólo entre 1 a 2 veces.

El mecanismo de dispersión comprende la adsorción del polímero en los puntos cargados eléctricamente de la partícula. La modificación de la carga superficial aumenta la energía de repulsión de las partículas de modo que permanecen en suspensión.

Debido al gran tamaño de los polímeros, también se forma una barrera esteárica que separa más las partículas, reduciendo así la posibilidad de aglomeración.

TIPOS DE POLIMERO EN LA INDUSTRIA:

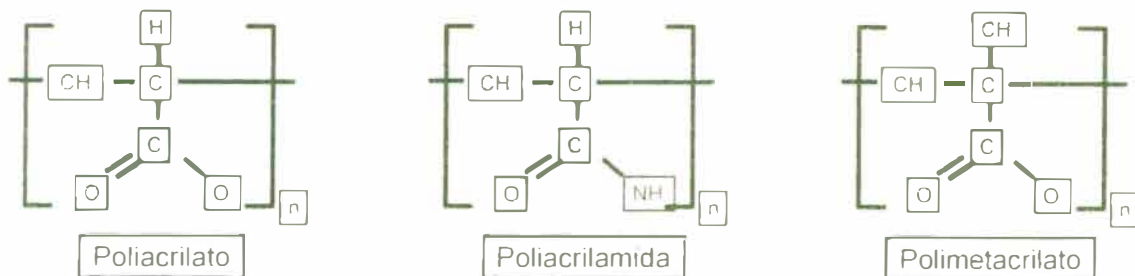


Figura 25. Polímeros disperso solubilizantes más utilizados en la industria.

POLÍMEROS DISPERSO SOLUBILIZANTES DE GE BETZ:

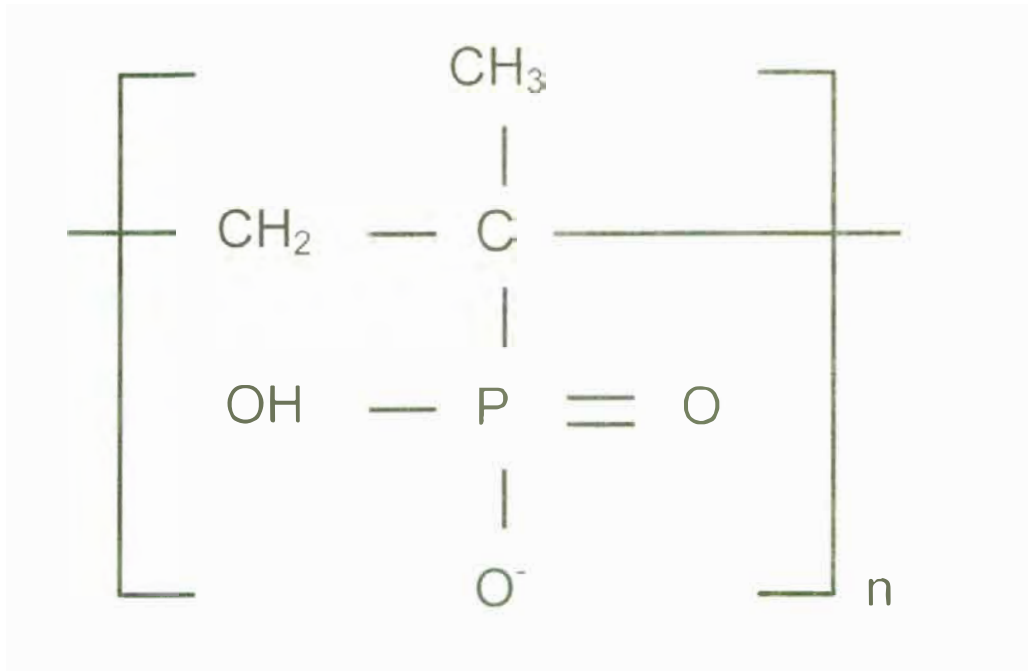


Figura 26. ISOFENIL FOSFATO (patentado por GE Betz)

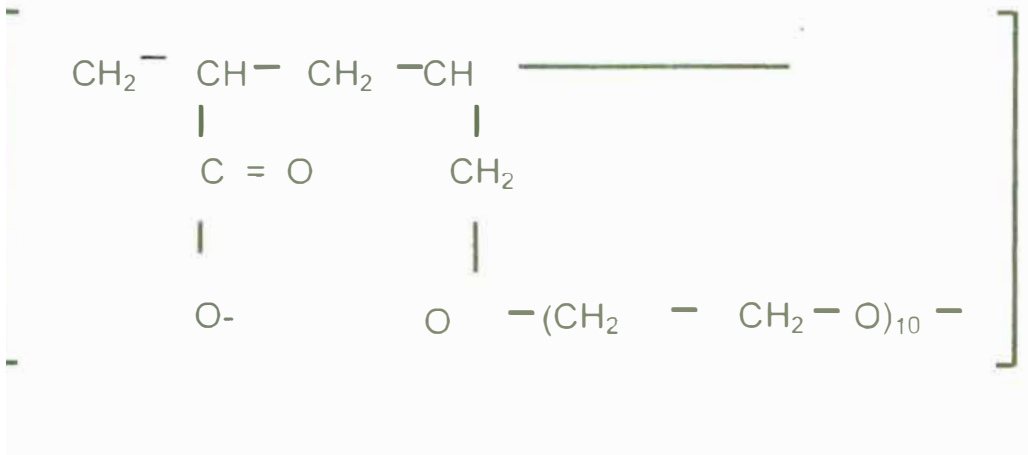


Figura 27. GLICOL ALIL ETER (OPTISPERSE™, patentado por GE Betz)

5.2 CONDICIONES INICIALES ENCONTRADAS EN EL SGV DE LA PLANTA DE GASES INDUSTRIALES Y MEJORAS PLANTEADAS.

En la figura 28 se muestra el diagrama de flujo general del agua para el SGV encontrado inicialmente en la planta.

Como se aprecia, la fuente de agua utilizada es agua de pozo, la cual era tratada seguidamente en la planta de ablandamiento, que consta de 4 ablandadores, los cuales suministraban permanentemente un caudal de 190,5 m³ por día (7,9 m³/h), de agua blanda que era utilizada como agua de reposición a las calderas.

El agua de reposición es mezclada con el retorno de condensado de planta en un desgasificador térmico ó también llamado desaereador, en una proporción de 39% de agua blanda con 61% de condensado, el agua desaereada es alimentada mediante bombas centrífugas a las calderas, previa adición de un aditivo secuestrante de oxígeno.

La generación de vapor se lleva a cabo en 2 calderas pirotubulares marca Distral de 3 pasos y de 600 BHP cada una, la presión de operación es de 185 psi y ambas operan las 24 horas del día y 6 días a la semana.

Para la combustión se emplea combustible Residual 500, su consumo es aproximadamente 96 000 galones al mes y su poder calorífico neto es de 142 652,0 BTU por galón. La actual eficiencia de combustión de ambas calderas está alrededor del 85%, valor que puede ser mejorado mediante cambio de los quemadores y de los sistemas de inyección de combustible.

El vapor generado es usado para una turbina así como para el intercambio calórico en procesos, luego del cual, es recuperado aproximadamente en un 67% y que se retorna como condensado para alimentar a calderas.

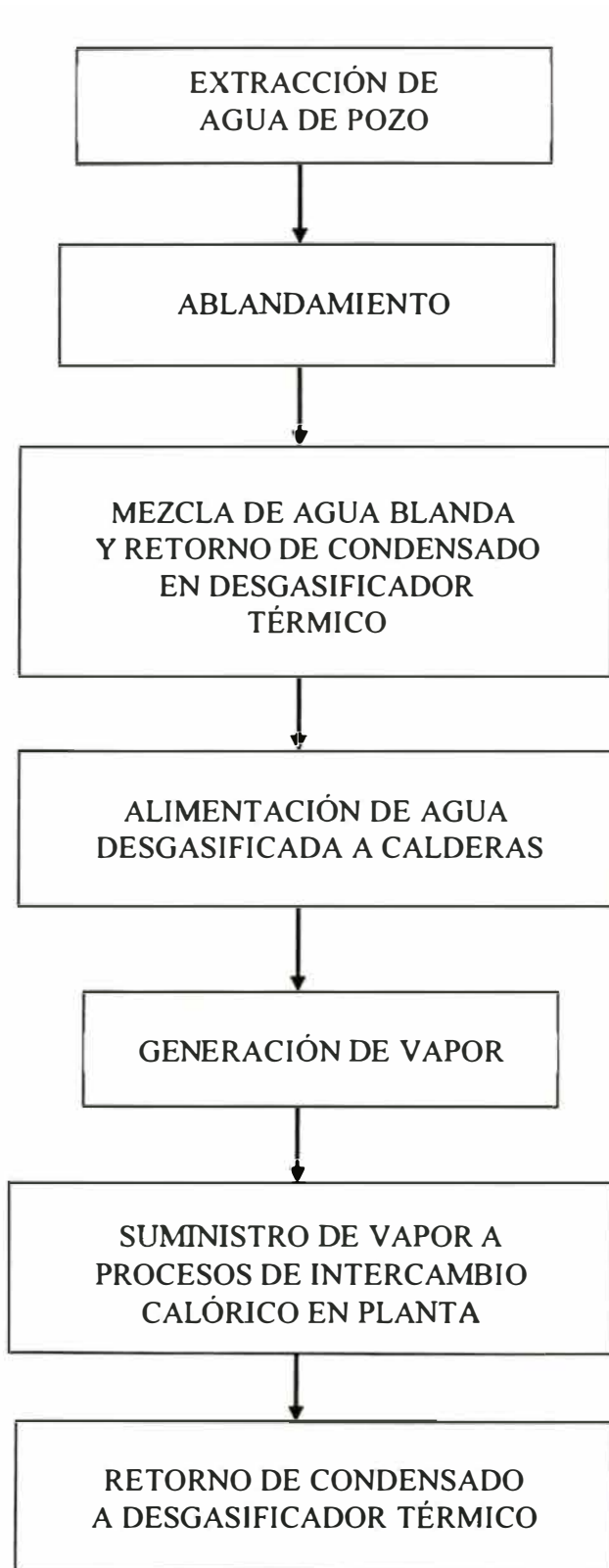


Figura 28. Diagrama de bloques del agua para el SGV inicial.

El SGV de la planta de Gases Industriales, contaba con un tratamiento químico interno a base de fosfatos (fosfato trisódico), además de un secuestrante de oxígeno para controlar la corrosión en calderas y una amina neutralizante para el control de la corrosión en el sistema de condensados. El agua de reposición a calderas (alimentación) y el agua de calderas presentaba la calidad que se muestra en la tabla 6:

Parámetro	Unidad	Agua de Alimentación	Agua de Caldera
pH	Adimensional	8,5	12,4
Alcalinidad Total	ppm CaCO ₃	85	1500
Alcalinidad Fenoltaleina	ppm CaCO ₃	25	1100
Alcalinidad Hidróxida	ppm CaCO ₃	0	700
Cloruros	ppm Cl ⁻	82	905
Dureza Total	ppm CaCO ₃	1,0	0,5
Sílice	ppm SiO ₂	7	80
Sólidos Totales Disueltos (STD)	ppm CaCO ₃	300	3 500

Tabla 6. Caracterización del agua de alimentación y el agua de caldera

PORCENTAJE DE PURGAS EN EL SGV: 8,6 % (respecto al agua de alimentación).

CICLOS DE CONCENTRACION DEL SGV: 11,6 ciclos.

5.3 CRITERIOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

Ante la necesidad de reducir costos operativos, se analizaron las alternativas para mejorar la eficiencia del sistema de generación de vapor, decidiéndose entre otras las siguientes:

1. Mejora de la calidad del agua de alimentación a calderas mediante la implementación de un equipo de ósmosis inversa, con esto se lograría incrementar considerablemente los ciclos de concentración del agua de la caldera y por ende lograr ahorros energéticos.
2. Mejora en el tratamiento químico interno, cambiándose por uno a base de polímeros solubilizantes y dispersantes (Optisperse PQ4683TM), con el cual obtendríamos las ventajas mostradas en la tabla 7.

Luego de implementar la ósmosis inversa, el nuevo flowsheet del agua del SGV es tal como se muestra en la figura 29. En el apéndice se adjuntan las hojas de las corridas de dos softwares de GE Betz (WINFLOWS Y ARGO ANALYZER) usados para la selección y cálculos del equipo de ósmosis, aditivo antincrustante y dosis recomendada.

DESVENTAJAS DEL TRATAMIENTO BASE FOSFATOS (Fosfato trisódico)	VENTAJAS DEL TRATAMIENTO BASE POLÍMEROS (Optisperse PQ4683™)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Los precipitados generados por los fosfatos pueden formar incrustaciones y/o depósitos, provocar pérdidas de calor, recalentamiento y rotura de tubos. 2. El exceso de alcalinidad puede producir corrosión cáustica, además de promover arrastres al elevar el pH del agua de calderas. 3. Requiere frecuentes purgas, esto produce mayores pérdidas de calor, productos químicos y agua. 4. Produce sólidos en suspensión, por lo que se necesitan dispersantes suplementarios. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Optisperse PQ4683™ es una tecnología química más limpia, no generadora de lodos, por lo que mejora la transferencia de calor. 2. Optisperse PQ4683™ puede dispersar el 100% de dureza, hierro y lodos en el agua de caldera. Si hay depósitos, se puede dispersar más del 100%. 3. No es corrosivo para los componentes internos de la caldera, incluso si se suministra en exceso.

Tabla 7. Ventajas y Desventajas en los Tratamientos en discusión.

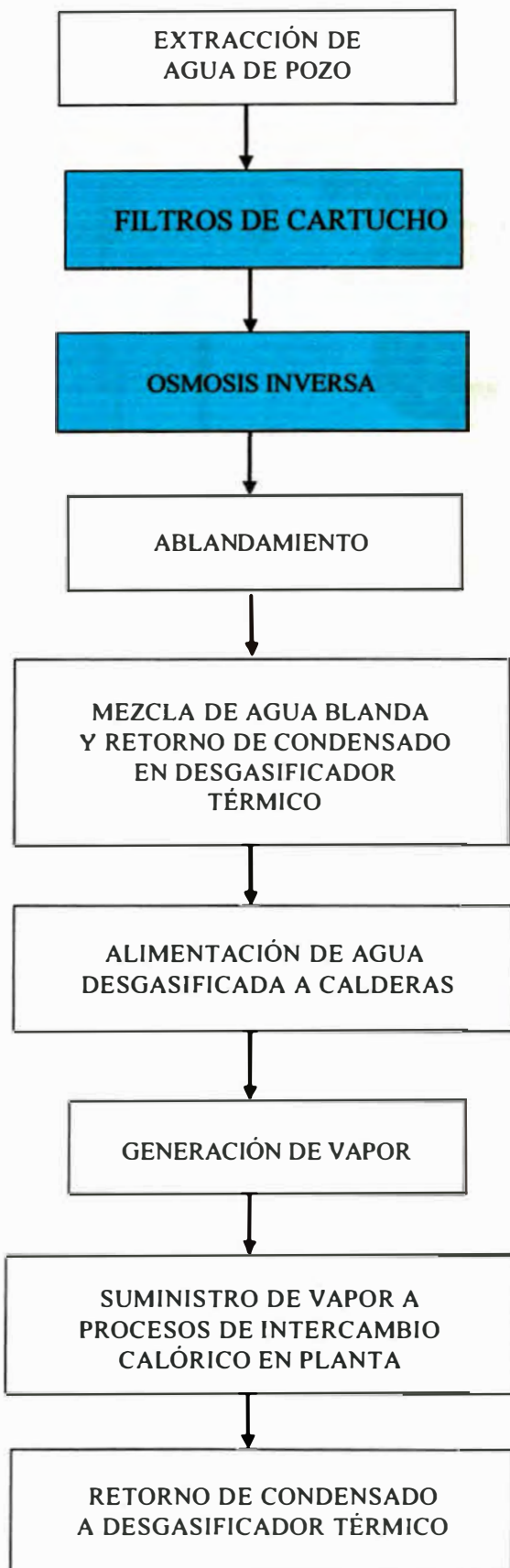


Figura 29. Diagrama de bloques del agua para el SGV actual.

En el diagrama a continuación, figura 4, se muestra la actual disposición de los equipamientos para el pre-tratamiento del agua en la planta de gases industriales.

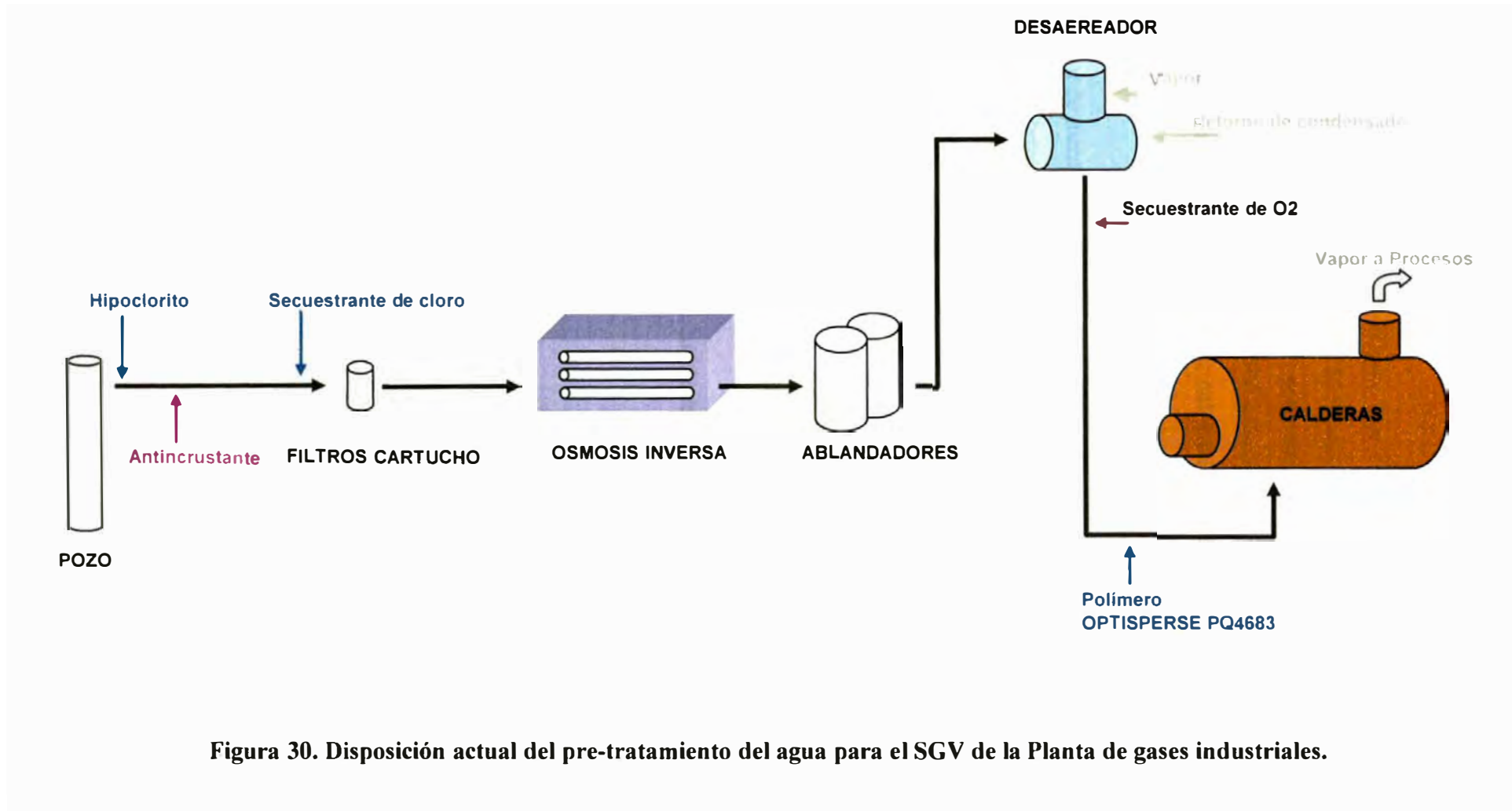


Figura 30. Disposición actual del pre-tratamiento del agua para el SGV de la Planta de gases industriales.

EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA Y POLÍMERO ANTINCRUSTANTE IMPLEMENTADOS EN LA PLANTA DE GASES INDUSTRIALES

El equipo de ósmosis inversa seleccionado para que cubra la demanda de agua de reposición a calderas es el modelo E8-57K de GE Betz, que da una producción de agua osmotizada de hasta $9,1 \text{ m}^3/\text{h}$ trabajando con un porcentaje de recuperación del 75%, es decir del total de agua que ingresa, sólo el 75% se recupera como osmotizada, y un concentrado de 3 a $5 \text{ m}^3/\text{h}$., la ficha técnica del equipo y del aditivo aplicado se encuentran en el Apéndice.

El aditivo inhibidor de incrustaciones y depósitos para calderas, es un polímero disperso solubilizante de GE Betz cuyo nombre comercial es OPTISPERSETM PQ4683, el producto viene en presentación líquida y es dosificado al agua de alimentación de calderas la ficha técnica correspondiente se adjunta en el Apéndice.

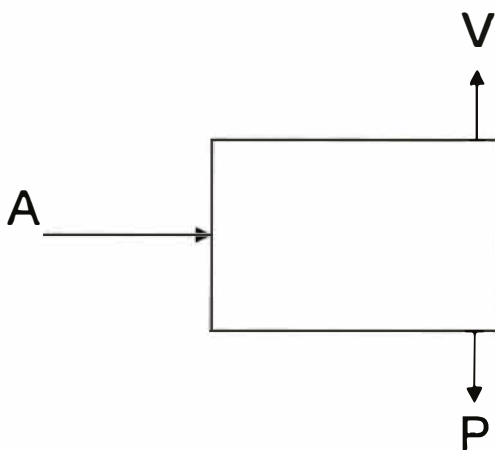
5.4 CÁLCULO DEL AHORRO LOGRADO

Producción de Vapor = 451,6 Ton. /d

La producción de vapor no varió pues la demanda de Planta siguió siendo la misma.

DEDUCCIÓN DE FÓRMULAS:

FLUJOS EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR



Por balance de masa tenemos:

$$A = V + P \dots\dots\dots (1)$$

$$A * STD_A = V * STD_V + P * STD_P \dots\dots\dots (2)$$

A = Flujo de agua de alimentación

V = Flujo de vapor producido

P = Flujo de purgas

STD_A = Sólidos totales disueltos en el agua de alimentación

STD_V = Sólidos totales disueltos en el vapor

STD_P = Sólidos totales disueltos en el agua de purga

De (2), considerando STD_V despreciable, despejamos P:

$$P = A * (STD_A / STD_P) \dots\dots\dots (3)$$

Reemplazando (3) en (1) y, despejando A tenemos:

$$A = V / (1 - (STD_A / STD_P)) \dots\dots\dots (4)$$

Considerando las condiciones de operación iniciales encontradas:

$$STD_P = 3\,500 \text{ ppm}$$

$$STD_A = 300 \text{ ppm}$$

$$V = 451,6 \text{ Ton. /d}$$

Reemplazando en (3) y (4) tenemos:

$$\text{Purga} = 42,3 \text{ Ton. /d}$$

$$\text{Alimentación} = 494,0 \text{ Ton. /d}$$

CONSIDERANDO LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN LOGRADAS CON EL CAMBIO EN EL TRATAMIENTO QUÍMICO INTERNO:

$$STD_P = 5000 \text{ ppm}$$

$$STD_A = 300 \text{ ppm}$$

$$V = 451,6 \text{ Ton. /d}$$

Reemplazando en (3) y (4) tenemos:

$$\text{Purga} = 28,8 \text{ Ton. /d}$$

$$\text{Alimentación} = 480,5 \text{ Ton. /d}$$

Con esta primera acción, se logró el siguiente ahorro en purgas:

PURGA ANTERIOR	PURGA NUEVA	AHORRO EN PURGAS
42,3 Ton. /d	28,8 Ton. /d	13,5 Ton. /d

CONSIDERANDO MEJORA EN LA CALIDAD DEL AGUA DE REPOSICIÓN:

$$STD_P = 5000 \text{ ppm}$$

$$STD_A = 20 \text{ ppm}$$

$$V = 451,6 \text{ Ton. /d}$$

Reemplazando en (3) y (4) tenemos:

$$\text{Purga} = 1,8 \text{ Ton. /d}$$

$$\text{Alimentación} = 453,5 \text{ Ton. /d}$$

Con esta segunda acción, se logró el siguiente ahorro en purgas:

PURGA ANTERIOR	PURGA NUEVA	AHORRO EN PURGAS
28,8 Ton. /d	1,8 Ton. /d	27,0 Ton. /d

Con lo cual el ahorro total obtenido en Purgas fue de: 40,5 Ton. / d.

Cálculo del ahorro energético correspondiente al ahorro total en purgas:

$$Q = m * Ce *(Tp - Ti)$$

Q = Energía requerida

m = Masa de agua

Ce = Calor específico del agua

Tp = Temperatura del agua de purga

Ti = Temperatura del agua de alimentación

$$m = 40\,500 \text{ kg.} = 89\,346,41 \text{ lb.}$$

$$Ce = 1 \text{ BTU/lb. } ^\circ\text{F}$$

$$Ti = 95 \text{ } ^\circ\text{C} = 203 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Tp = 190 \text{ } ^\circ\text{C} = 374 \text{ } ^\circ\text{F (de tablas de vapor T sat. a 185 psig)}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q = 15\,278\,236 \text{ BTU.}$$

$$\text{Poder calorífico neto del Residual 500} = 142\,652 \text{ BTU / gal.}$$

Con lo cual, el Q hallado equivale a:

Combustible ahorrado = 107,1 galones de residual 500 diario.

Considerando una operación de 30 días por mes y de 11,5 meses al año, tenemos:

Ahorro anual de R500 = 36 950,0 galones de R-500

Costo del R500 = 0,96 US\$ / gl.

Por lo tanto, el ahorro por el menor consumo de R500 al año será de:

35 472,0 US\$

Cálculo del ahorro en ablandamiento por menor regeneración:

Se consideraron los siguientes datos:

Dureza Total del agua de pozo = 440 ppm CaCO₃

Costo de sal = 0,07 US\$ / Lb.

Consumo específico de sal = 15 Lb. sal / pie³

Capacidad de intercambio iónico = 22 Kgranos / pie³

1 grano / gl. = 17,1 ppm CaCO₃

Por lo tanto, para 40,5 Ton. / d. el ahorro de sal al año será:

20 798,1 US\$

Cálculo del incremento en el costo del agua de pozo un mayor consumo:

Costo del agua = 0,10 US\$ / m³.

Por lo tanto, como la ósmosis trabaja a un % recuperación de 75%, el requerimiento de agua de pozo será de $150/0,75 = 200 \text{ m}^3$ por día, esto dará un incremento anual de:

336,4 US\$

AHORRO BRUTO TOTAL AL AÑO DE:

55 933,7 US\$

	ANTES	DESPUÉS
Consumo Agua Blanda	190,5 Ton./día	150,0 Ton./día
Purgas de Caldera	42,3 Ton./día	1,8 Ton./día
Ciclos de Concentración	11,7	250
Consumo de Petróleo	96 000 gal./mes	92 787 gal./mes
Consumo de Sal	15,3 ton./mes	3,6 ton./mes

Tabla 8. Comparación de las condiciones operativas antes y después de las acciones implementadas.

5.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para el análisis económico se hará la evaluación del período de recupero de la inversión, dado que este es un indicador adecuado para hacer la evaluación requerida de las mejoras implementadas, para lo cual en la Tabla 9 se muestra la inversión requerida así como la reducción en los costos operativos.

Costo de inversión inicial (ósmosis, tanques, accesorios, químicos, consumibles, energía y mantto por un año).	65 000,0 US\$
Costo de mantenimiento anual a partir del segundo año (químicos, consumibles, energía y mantto).	10 800,0 US\$ anual
Ahorro anual bruto	55 933,7 US\$ anual
Ahorro anual neto.	45 133,7 US\$ anual
Tiempo de recupero de inversión inicial	1,4 años

Tabla 9. Determinación del Tiempo de Recupero.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se concluye que la alternativa propuesta es recomendable para todo sistema de generación de vapor que utilice como agua de reposición a calderas agua ablandada y más aún si los retornos de condensado son bajos y el agua de pozo presenta un alto contenido de sólidos disueltos. Con más razón en calderas de alta presión que obligatoriamente requieren un agua de alimentación con muy bajo contenido de sales. Las únicas diferencias entre uno u otro proyecto será la diferencia en el tiempo de recupero.
- Se concluye que el ahorro neto logrado, es decir restando los nuevos gastos por energía eléctrica, consumibles y aditivos, es de 45 133,7 US\$ por año.
- Se concluye que, respecto al impacto ambiental, basados en la normatividad vigente para desagües industriales (D.S. N° 28-60-PL), el efluente o concentrado del equipo de ósmosis inversa si bien presenta un alto contenido de sales, cumple con la norma, por lo cual no presenta impacto ambiental negativo.
- Se concluye que, la implementación del nuevo tratamiento químico para calderas a base de polímeros solubilizantes no sólo contribuyó a trabajar con mayor niveles de STD en el agua de calderas, dando un ahorro de energía, sino que logró remover depósitos antiguos que no contribuían a una buena transferencia de calor por parte de los tubos de la caldera, por lo tanto, los primeros meses del tratamiento aún se deben proseguir con purgas de fondo, mínimas de una por día.
- Se concluye además que el tratamiento químico a base de polímeros es considerado como una tecnología limpia pues no aporta con sólidos suspendidos o precipitados de fangos o lodos.

- Se concluye que el uso de agua osmotizada más un ablandamiento, en lugar de agua ablandada sola para el agua de reposición a calderas, conlleva también a una disminución en la dosis de los productos químicos para el tratamiento del agua de calderas, pues al disminuir el flujo de purgas, las pérdidas de químicos también disminuyen.
- Se concluye que otro beneficio de estas implementaciones es que los operadores de caldera disponen de mayor tiempo para otras actividades pues se ve disminuida drásticamente la operación del purgado de los fondos de caldera, luego de unos meses de la implementación del nuevo tratamiento se logró disminuir la frecuencia de purgas de 4 veces por turno de 8 horas a sólo una vez por semana. Así también se disminuye la operación de regeneración de los ablandadores.
- Se concluye que otro beneficio que se verá en el largo plazo es el mayor tiempo de vida útil de la resina catiónica del ablandador.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda promover los tratamientos químicos internos a base de polímeros solubilizantes para el agua de calderas, asesorados siempre por una empresa especializada en el área, además un punto importante en el levantamiento de la información inicial es poder tener evidencia (registros fotográficos) del estado del interior de la caldera, para así en posteriores inspecciones, comprobar la efectiva remoción de depósitos antiguos realizada por los polímeros.
- Se recomienda promover la implementación de sistemas de ósmosis inversa en la alimentación del agua para calderas, pero, sin eliminar el paso del ablandamiento, pues este sirve para eliminar totalmente los iones calcio y magnesio que podría dejar pasar la ósmosis.

- Se recomienda asimismo el agua de ósmosis inversa para mejorar el agua de reposición de los sistemas de enfriamiento de plantas (torres de enfriamiento), pues con esto se consigue diversos ahorros, tanto por la disminución de agua blanda o desmineralizada, así como por el menor uso de aditivos químicos en el sistema de enfriamiento.
- Se recomienda que en la currícula de la especialidad de Ingeniería Química, se enfatice los beneficios que trae la tecnología de purificación por ósmosis inversa, como alternativa en la reducción de los costos operativos de los sistemas de generación de vapor en nuestra industria nacional.

VII BIBLIOGRAFÍA

- Betz Laboratorios, Inc. Betz Handbook of Industrial Water Conditioning, 9^{na} edición, Trevose, PA. 1 991, Pag.19.
- Osmonics Inc., Pure Water Handbook, 2^{da} edición, 5951 Clearwater Drive, Minnetonka, MN 55343-8995 USA, 2 001, Pag.53
- Rigola M., Tratamiento de Aguas Industriales, 1^{ra} edición, Marcombo S.A., Barcelona, España, 1 999, Pag.49.
- Nalco Chemical Company, Handbook, Sección 2.8.1, Pag.11.
- Truby R., Manual Práctico de Ósmosis Inversa, 4^{ta} edición, GG Pique, Pag.8.
- Smith J. M. y Van Ness H.C., Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química, 6^{ta} edición, Mc. Graw Hill 2 003, Pag.645.
- Castellan Gilbert W., Fisicoquímica, 2^{da} edición, Editorial Pearson Educación México 1 998, Pag. 235.
- Geankopolis C.J., Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, 3^{ra} edición, Cia.Ed. continental S.A. de Cuernavaca, México 1 998, Pag. 865.
- Perry Robert y Green Don, Manual del Ingeniero Químico, 7^{ma} edición, Mc. Graw Hill España 1 997, Volumen IV, Pag. 22-60.

VIII APÉNDICE

OSMONICS

Winflows32 2.1.0

Input Data Summary

26-Ago-2005 14:06

Project: AHORRO DE ENERGIA EN GENERACION DE VAPOR
Project File: Engineer: PABLO GRANDE
Analysis File: Analysis Name: GASES INDUSTRIALES

Project Information

Description: AHORRO DE ENERGIA EN GENERACION DE VAPOR
Client Name: GASES INDUSTRIALES
Location: LIMA
Engineer: PABLO GRANDE
Comments:

Flowsheet Configuration

Flowsheet Type: Single Pass Flowsheet
Feed Predosing? No
Feed Afterdosing? No
Product Dosing? No
Feed CO2 Stripping? No
Product CO2 Stripping? No
Raw Feed Bypass? No
First Pass Recycle? No

Feed Information

Temperature, Deg F: 68.0
Feed pH: 7.8
Silt Density Index: 4.0
Fouling Allowance: 0.90
Feed Stream Composition (mg/l CaCO3)
Barium 0.04
Calcium 329.99
Iron 0.02
Potassium 3.84
Magnesium 109.99
Manganese 0.02
Sodium 114.59
Strontium 1.14
Chloride 282.36
Bicarbonate 120.00
Sulfate 156.29
Silica 17.49
Carbonate 0.98
Carbon Dioxide 4.15

Flow Rate Specifications

Product Flow: 10.0 m3/hr
Array Recovery: 75.0%

Array Data

Interbank Pressure Loss: 0.00 Psi
Interbank Pressure Boost: 0.00 Psi
FOULING FACTOR APPLIED: 0.90

Bank	Housings	Elements	Element Type	Element Age	Interbank Boost
1	1	3	AG8040F400	0.00 Years	0.0 PSI
2	1	3	AG8040F400	0.00 Years	0.0 PSI
3	1	2	AG8040F400	0.00 Years	0.0 PSI

Pump Specifications

Feed Pump Selection:

OSMONICS

Winflows32 2.1.0

Results Summary

26-Ago-2005 14:06

Project: AHORRO DE ENERGIA EN GENERACION DE VAPOR
 Project File: _____ Engineer: PABLO GRANDE
 Analysis File: _____ Analysis Name: GASES INDUSTRIALES

Flow Data	m3/hr	Analytical Data	mg/L
RO/NF Feed	13.3	RO/NF Feed TDS	733.5
Treated Permeate	10.0	Treated Permeate TDS	6.2
System Conc	3.3	System Conc TDS	2,915.7

System Data	Single Pass Design		
Temperature:	68.0	Deg F	Fouling Factor: 0.90
Overall Recovery:	75.0%		Global Flux Decline:

Array Data

Pass/Stage Recovery: 75.0% Concentrate TDS: 2,916 Conc. Flow: 3.3

Bank	Total Housings	Total Elem	Element Type	Feed Flow m3/hr	Perm Flow m3/hr	Feed Psi	Delta Psi	Perm TDS mg/L
1	1	3	AG8040F400	13.3	4.0	213.6	12.7	3.3
2	1	3	AG8040F400	9.4	3.7	200.9	6.9	5.9
3	1	2	AG8040F400	5.6	2.3	194.0	2.1	11.7
Total	3	8		13.3	10.0			6.2

Analytical data (mg/l CaCO3)

	Perm	Feed	Conc		Perm	Feed	Conc
Ca	2.9	330.0	1,313.0	HCO3	1.0	120.0	469.5
Mg	0.6	110.0	438.8	CO3	0.0	1.0	20.3
Na	1.1	114.6	455.7	Cl	2.8	282.4	1,117.4
K	0.0	3.8	15.3	SO4	0.9	156.3	623.5
Ba	0.0	0.0	0.1	F	0.0	0.0	0.0
Sr	0.0	1.1	4.5	NO3	0.0	0.0	0.0
NH4	0.0	0.0	0.0	PO4	0.0	0.0	0.0
Fe	0.0	0.0	0.1	SiO2	0.2	17.5	69.5
Mn	0.0	0.0	0.1	CO2	4.1	4.2	4.1
TDS	6.2	733.5	2,915.7	pH	5.8	7.8	8.4
Saturation Data							
CaSO4	0.0%	4.8%	37.3%	BaSO4	0.0%	203.3%	1,275.9
CaF2	0.0%	0.0%	0.0%	SiO2	0.2%	17.9%	51.8
LSI	-5.4	0.5	2.1	SrSO4	0.0%	2.8%	15.5

DISCLAIMER: This design does not represent a guarantee of performance & is provided solely as a service. The data contained herein should be used consistent with good engineering judgement. For tech assistance call Osmonics at 1.800.423.3725.

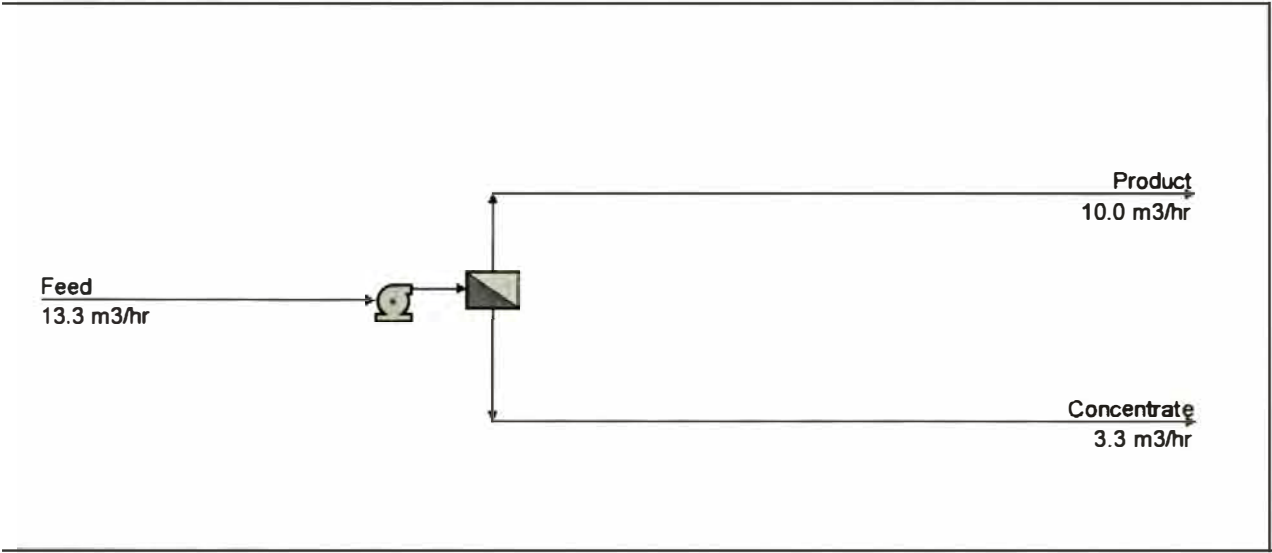
Winflows32 2.1.0

Process Data Sheet

26-Ago-2005 14:06

Project: AHORRO DE ENERGIA EN GENERACION DE VAPOR
 Project File
 Analysis File:

Engineer: PABLO GRANDE
 Analysis Name: GASES INDUSTRIALES



Flow Data	m3/hr	Analytical Data	mg/L
RO/NF Feed	13.3	RO/NF Feed TDS	733.5
Treated Permeate	10.0	Treated Permeate TDS	6.2
System Conc	3.3	System Conc TDS	2,915.7

System Data			Single Pass Design
Temperature	68.0	Deg F	
Fouling Allowance	90.0	Percent	Global Flux Decline:
Feed Pressure	213.6	Psi	
Interbank Boost	0.00	Psi	
Interbank Loss	0.00	Psi	
Element Age	0.00	Years	

Pumping Summary	m3/hr	DP, Psi	kW @ 65.0% Efficiency
Feed	13.3	213.64	8.39
Interbank Boost	-----	0.00	0.00

OSMONICS

Winflows32 2.1.0

Analytical Data Sheet

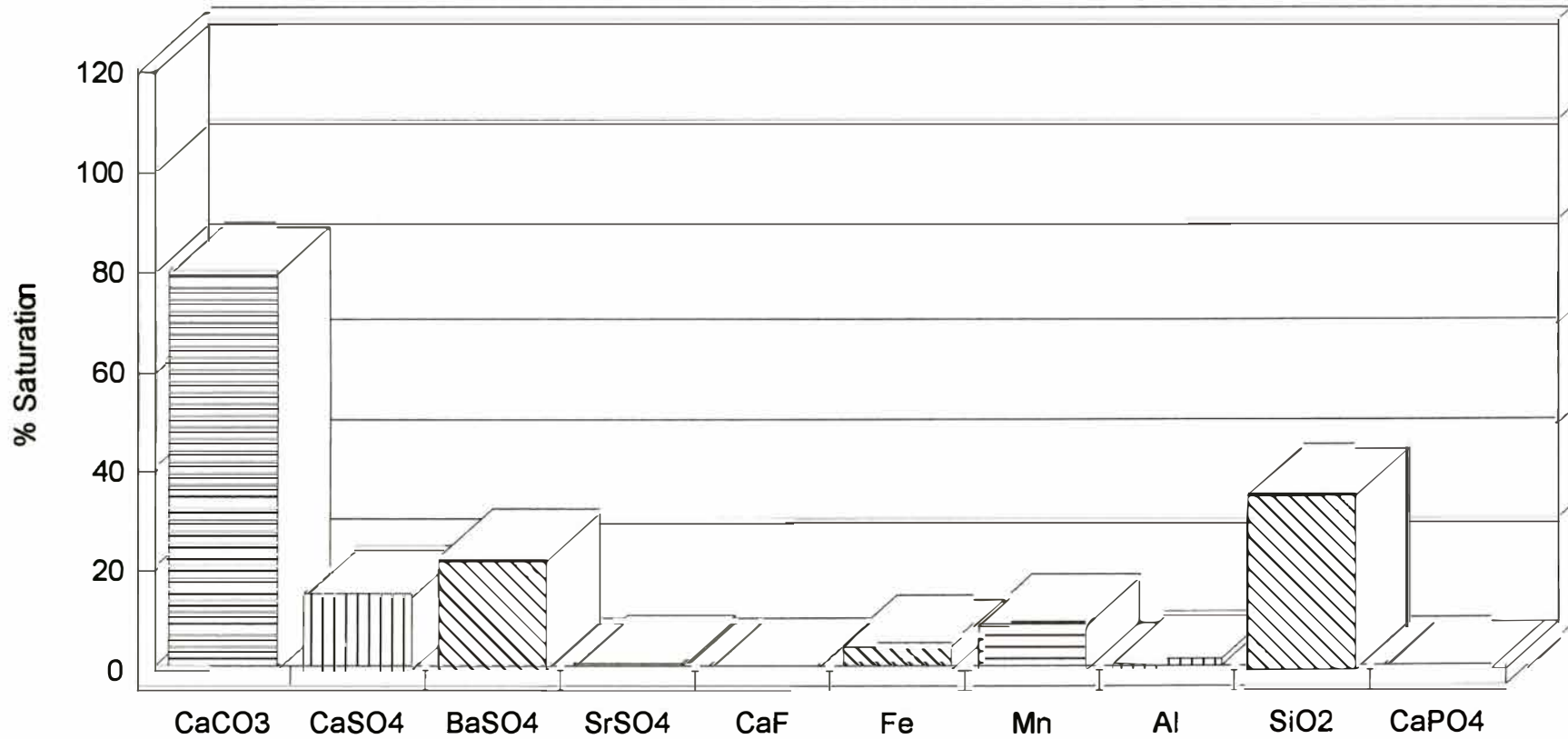
26-Ago-2005 14:06

Project: AHORRO DE ENERGIA EN GENERACION DE VAPOR
 Project File
 Analysis File:

Engineer: PABLO GRANDE
 Analysis Name: GASES INDUSTRIALES

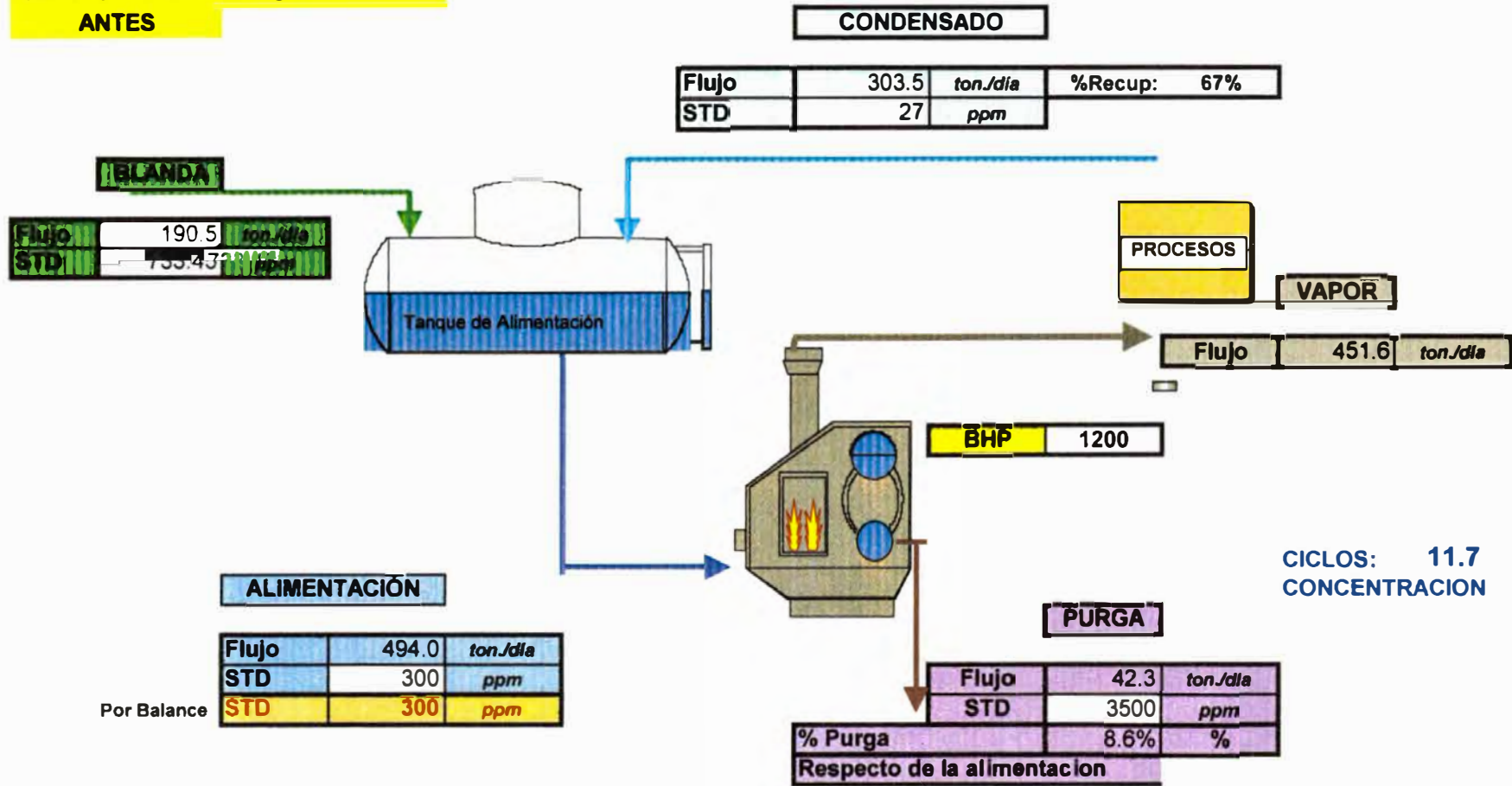
mg/L	System Feed	System Product	System Conc
Barium	0.04	0.00	0.14
Calcium	329.99	2.95	1,313.04
Iron	0.02	0.00	0.07
Potassium	3.84	0.04	15.27
Magnesium	109.99	0.62	438.78
Manganese	0.02	0.00	0.07
Sodium	114.59	1.12	455.67
Ammonium	0.00	0.00	0.00
Strontium	1.14	0.01	4.54
Bromide	0.00	0.00	0.00
Chloride	282.36	2.81	1,117.38
Fluoride	0.00	0.00	0.00
Bicarbonate	120.00	1.04	469.51
Nitrate	0.00	0.00	0.00
Sulfate	156.29	0.87	623.47
Phosphate	0.00	0.00	0.00
Silica	17.49	0.19	69.52
Carbonate	0.98	0.00	20.26
Carbon Dioxide	4.15	4.14	4.08
TDS, mg/L	733.45	6.21	2,915.72
Flow, m3/hr	13.33	10.00	3.33
Temp, Deg F	68.00	68.00	68.00
Pressure, Psi	0.00	0.00	191.92
Osm Pres, Psi	5.26	0.05	19.93
pH	7.80	5.79	8.36
LSI	0.50	-5.41	2.07
Stiff-Davis	0.51	-5.53	2.06
CaSO4 Sat, %	203.27	0.02	1,275.89
CaSO4 Sat, %	4.78	0.00	37.31
CaF2 Sat, %	0.00	0.00	0.00
MgSO4 Sat, %	2.77	0.00	15.47
SiO2 Sat, %	17.88	0.20	51.79

Saturation Indices



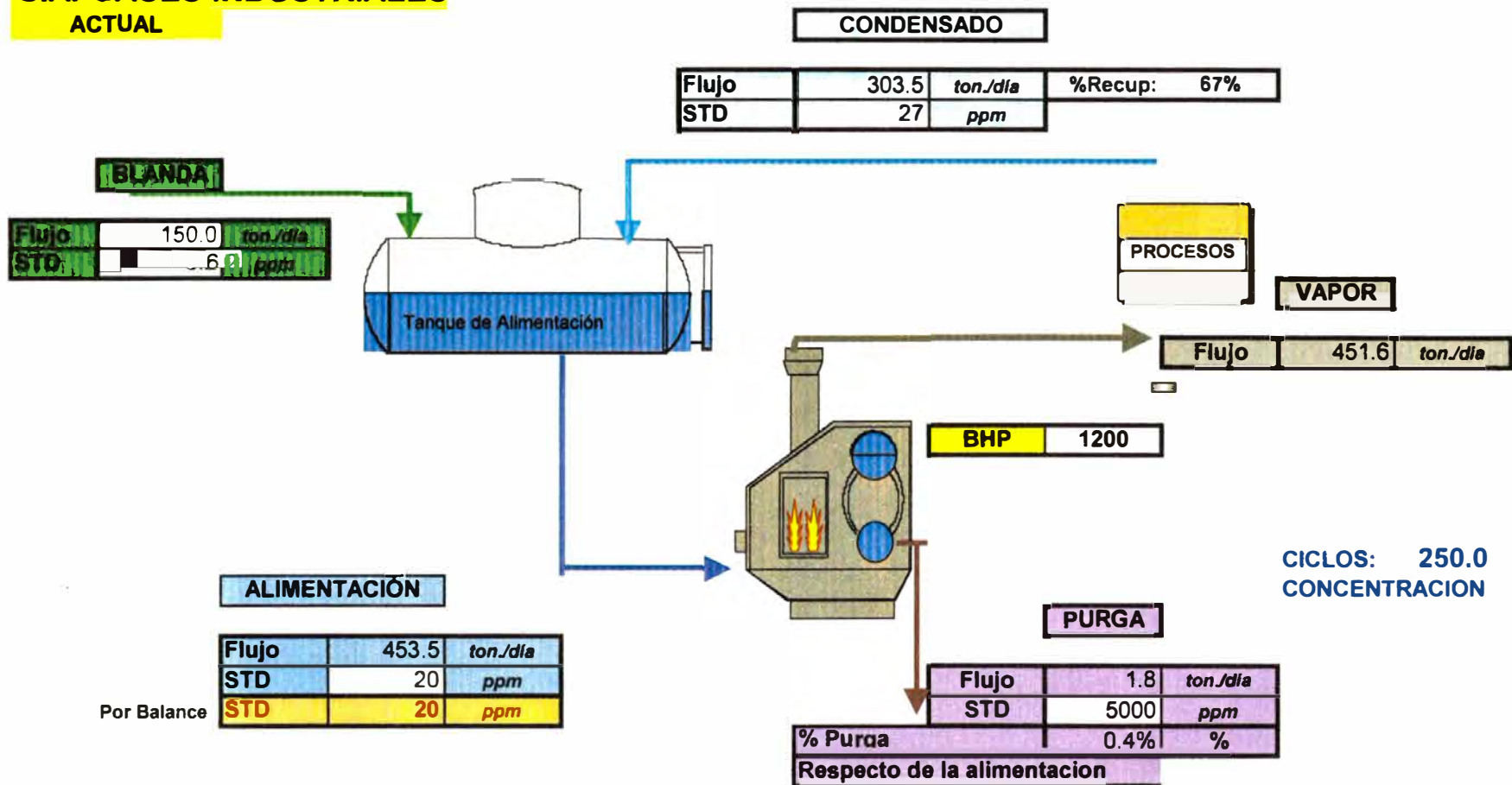
BALANCE DE MASA EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

CIA. GASES INDUSTRIALES ANTES



BALANCE DE MASA EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

CIA. GASES INDUSTRIALES ACTUAL



AHORROS POR MENORES PURGAS

	Unidades	Actual	Con Ósmosis
Caldera	BHP	1200	1200
Vapor Producido Real	Kg/Hr	18818.18	18818.18
Purga	Kg/Hr	1764.20	75.58
Condensado	Kg/Hr	12608.18	12608.18
% Rec. Condensado	%	0.67	0.67
Alimentación	Kg/Hr	20582.39	18893.76
Reposición	Kg/Hr	7974.20	6285.58
Solidos Disueltos Actual	ppm	300	0
Solidos Disueltos con Ósmosis	ppm	0	20
Max Solidos Disueltos Boiler	ppm	3500	5000

Purgas		
Actual	%	8.6%
Futura WI RO	%	0.4%
Cp Agua	Kcal/°C*Kg	1
Temperatura Satur. Agua in Boiler	°C	190
Temperatura Agua Alimentación	°C	95
BTU	Kcal	0.252
Poder Calorífico R500	BTU/gi	142,652

Cálculo del Calor		Actual	RO
Calor	Kcal/Hr	167599.43	7179.63
Calor	BTU	665077.11	1809.27
Gl/hr	R 500	4.66	0.01
Precio	S// gi	3.12	3.12
Operación	Hr/Día	24.00	24.00
Operación	Día/Mes	30.00	30.00
Costo	US\$/mes	3092.94	8.41
Ahorro	Mes-US\$		3084.52
Calderas	N°	1.00	
Ahorro Mes	US\$/mes		3084.52

Total Ahorro por menor cantidad de Purgas US\$/año 35472.0 (A)

AHORROS EN SAL Y AGUA POR MEJORES CONDICIONES DE ABLANDAMIENTO

Costo del Ablandamiento Actual

Dureza del Agua Fuente	ppm	440.00
Agua Tratar	gpm	35.11
Días de operación Año	días	345.00
Capacidad de Resina	Kgr/ft3	22.00
Regeneración	Lbssal/ft3	15.00
Precio de Sal	US\$/Lb	0.07
Total Costo de Regeneración	US\$/Año	20933.08

Costo de Agua US\$/m3 0.10

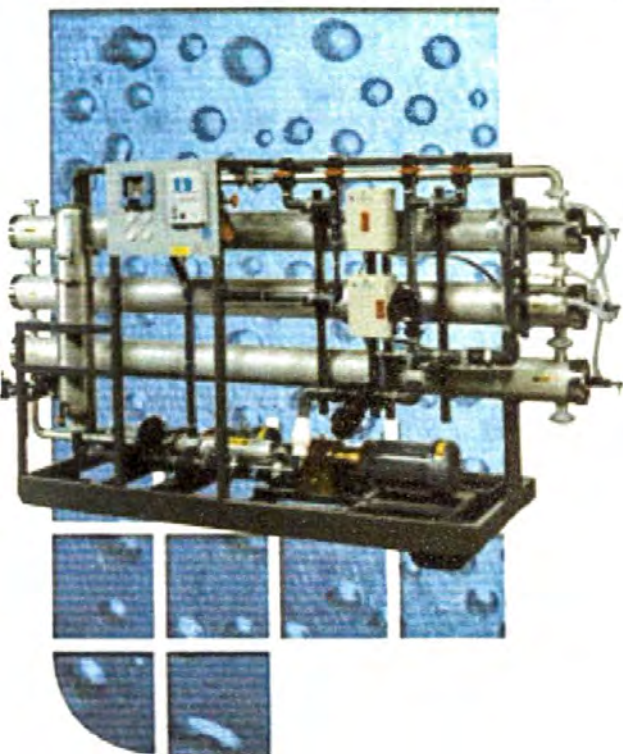
Ahorro en sal	US\$/Año	20798.1	(B)
Ahorro por Consumo de agua	US\$/Año	-336.4	(C)

Costo del Ablandamiento con Ósmosis

Dureza del Agua Fuente	ppm	3.60
Agua Tratar	gpm	27.68
Días de operación Año	días	345.00
Capacidad de Resina	Kgr/ft3	22.00
Regeneración	Lbssal/ft3	15.00
Precio de Sal	US\$/Lb	0.07
Total Costo de Regeneración	US\$/Año	135.00

Total Ahorros US\$/Año 55933.7 (A) + (B) + (C)

UNIT OF MEASURE: ENGLISH METRIC BOTH



E8-57K-DLX-60

Reverse Osmosis Machine

General

- Series: **E8**
- Type: **DLX**
- Frequency: **60 Hz**
- Part Number: **1202284**
- **Cold Water Option**

Operating Parameters

- Permeate Rate: **40.00 gpm (9.08 m³/hr)**
- Concentrate Rate: **21.00 gpm (4.77 m³/hr)**
- Feed Rate: **61.00 gpm (13.85 m³/hr)**
- Recovery Range: **66-75%**
- Maximum Recovery: **75%**
- Nominal Rejection: **95-98%**
- Operating Temperature: **40-85**
- Design Temperature: **77°F (25°C)**
- Operating pH: **5.5 - 8.5**

Features

- Energy-saving 400 ft² (37.2 m²) membrane elements
- Stainless steel high-pressure plumbing
- 5-micron pre-filter and stainless steel housing
- Automatic inlet shut-off valve
- PLC control - Allen-Bradley Micrologix 1000
- Lakewood Instruments 2450 controller

Dimensions

- Height: **72" (183 cm)**
- Width: **139" (353 cm)**

Osmonics has more than 30 years experience in designing and building high quality reverse osmosis systems. Our E-series RO machines are designed for reliable operation, high quality product water production, easy installation and straightforward control.

Applications include (but not limited to):
 • Boiler feedwater
 • Ion exchange pre-treatment
 • Process ingredient water
 • Safe drinking water

- Depth: **81" (206 cm)**
- Approximate Weight: **3,000 lbs (1,361 kg)**

Pumps and Motors

- RO Pump Model: **SS8510KZA**
- RO Pump Manufacturer: **Osmonics / Tonkaflo**
- RO Pump Motor Power: **15**
- RO Pump Quantity: **1**
- CIP Pump Model: **SS5504G**
- CIP Pump Manufacturer: **Osmonics / Tonkaflo**
- CIP Pump Motor Power: **5**
- Motor Type: **TEFC**
- Pump Efficiency: **0.6**
- Brake HP: **12.25**

Installation and Utility Requirements

- Inlet: **2.00" (5.08 cm)**
- Permeate: **1.50" (3.81 cm)**
- Concentrate: **1.50" (3.81 cm)**
- Connection Type: **Socket**
- Drain Size: **61.00" (154.94 cm)**
- Inlet Pressure: **30 - 60**
- Motor Power: **460VAC, 3Φ, 60Hz**
- Control Power: **110V, 1Φ, 60Hz**

Cartridge Filtration

- Housing Model: **HX-0530-2.0V-316-A**
- Cartridge Filtration Manufacturer: **Osmonics**
- Housing Material: **316 Stainless Steel**
- Number of Housings: **1**
- Cartridge Filter: **GX05-30-XK**

- Modem Monitoring
- Digital permeate and concentrate flow meters
- Digital conductivity meter
- ALARMS: Low inlet pressure, starter overload trip, high temperature, high permeate conductivity, high permeate pressure, high/low pH
- Remote on/off capability
- Autoflush system
- Digital pH controller
- Chemical dosing system
- Permeate purge on shutdown with disable capabilities
- Clean-In-Place pump plumbed, wired, and skid-mounted; remote tank
- Remote data interface via Lakewood Instruments 2450 and modem. Flows, conductivity, pH, and temperature readings can also be monitored remotely via modem, and data can be downloaded to a computer and/or printer.

Instrumentation

- Flow Meters: **Permeate, concentrate**
- Flow Meter Model: **400 Series**
- Flow Meter Manufacturer: **Osmonics / Autotrol**
- Conductivity: **Permeate**
- Conductivity Sensor Model: **540K.1-4-10I-10-TC500**
- Conductivity Sensor Manufacturer: **Osmonics / Lakewood Instruments**
- pH: **Feed**
- pH Sensor Model: **520-4-7I-10-STD**
- pH Sensor Manufacturer: **Osmonics / Lakewood Instruments**
- Pressure Gauges: **Pre-filter, post-filter, primary, pump discharge, final**
- Pressure Switch: **Inlet, permeate**
- Instrument Center: **Lakewood 2450**
- Instrument Center Manufacturer: **Osmonics / Lakewood Instruments**

Materials of Construction

- Frame: **Epoxy-coated carbon steel**
- Membrane Element Housing: **Stainless Steel**
- Inlet Plumbing: **Schedule 80 PVC**
- High Pressure Plumbing: **Stainless Steel**
- Permeate / Concentrate Plumbing: **Schedule 80 PVC**
- Control Enclosure: **NEMA 12**
- Motor Starter Enclosures: **NEMA 4**

Membrane Elements

- Membrane Element Model: **AG8040F400**
- Membrane Manufacturer: **Osmonics / Desal**
- Number of Membrane Elements: **8**
- Membrane Array: **1-1-1**
- Membrane Housing Model: **804P-300**
- Membrane Housing Manufacturer: **Osmonics**
- Membrane Housing Material: **304L Stainless Steel**
- Number of Membrane Housings: **3**



GE Betz

Product Facts

Hypersperse™ MSI310

Inhibidor de Incrustación de Sílica

Antincrustante

Hypersperse MSI310 es un producto líquido antincrustante/anticontaminante altamente efectivo, específicamente diseñado para las incrustaciones de sílica. Es el único inhibidor de incrustación de sílica sobre el que existen amplios datos, obtenidos de un estudio reciente a nivel piloto, que demuestran su eficacia en aplicaciones de sistemas de membranas. Las informaciones muestran un control efectivo de sílica hasta 240 ppm, a pesar que aplicaciones en diferentes fuentes de agua pueden tener límites más altos. El uso de este producto proporciona tiempo de funcionamiento más prolongado y aumenta la vida útil del equipo, resultando en reducción de los costos operacionales y de capital. Hypersperse MSI310 presenta las siguientes características:

Clasificado para uso en la producción de agua potable (Certificado ANSI/NSF Standard 60).

Controla efectivamente las incrustaciones de sílica, carbonato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de bario y sulfato de estroncio.

Puede ser dosificado puro o diluido.

Compatible con todas las principales membranas R.O.

Mantiene más limpias las superficies de las membranas debido a la dispersión del fouling particulado.

Efectivo en un amplio rango de pH. Compatible con aguas de alimentación que contienen óxidos de aluminio e hierro.

APLICACION

Para lograr eficiencia máxima, Hypersperse MSI310 debe ser adicionado antes del mezclador estático o del filtro de cartucho. La dosificación máxima es 10 mg/L. La dilución máxima es 10% con RO saturada o agua desmineralizada.

ENVASE Y EMBALAJE

Este producto es presentado en bombonas plásticas de 20, 50 y 100 kg.

DOSIFICACION

El rango común de dosificación está entre 3 y 6 mg/l. Sigue un ejemplo de cálculo de la dosis para propósitos genéricos:

Ejemplo: Se determinó que la dosificación de Hypersperse MSI310 sería de 4 mg/l. El cliente deseaba hacer una dilución de un galón de Hypersperse para cada nueve galones de agua en su tanque de uso diario. Si el flujo de alimentación del sistema es 500 gpm, ¿a qué velocidad debería ser colocada la bomba de alimentación química ?

Dilución = Galones de Hypersperse x 100 / Total de galones

$Q_d = \text{Flujo de alimentación, gpm} \times \text{ppm Hypersperse} \times 0.130 / \text{dilución}$

$Q_d = \text{Velocidad de la bomba de dosificación, en gpd}$

En este ejemplo:

$Q_d = 500 \times 4 \times 0.130 / 10 = 26 \text{ gpd}$

Nota importante: La sobre y subdosificación puede provocar fouling en la membrana. Si esto ocurre, por favor entre en contacto con BetzDearborn. Nuestros ingenieros están disponibles para suministrar las dosificaciones habituales para su aplicación.

Site: www.gebetz.com

IP/Membranes - 12/2002 ©2002, GE Betz – Todos los derechos reservados.

SOLUBILIDAD DEL CARBONATO DE CALCIO

La precipitación de carbonato de calcio puede ser controlada en sistemas que presentan un Índice de Saturación de Langelier de hasta + 2.50 por medio de la adición de Hypersperse MSI310.

La solubilidad se define en función del producto de solubilidad, K_{sp} .

Para reacción genérica: $xA + yC = A_x C_y$ (sólido).
Donde A y C se expresan como moles/litro (es decir, moles/litro de calcio y sulfato)

El producto de solubilidad está dado por: $K_{sp} = A^x C^y$.

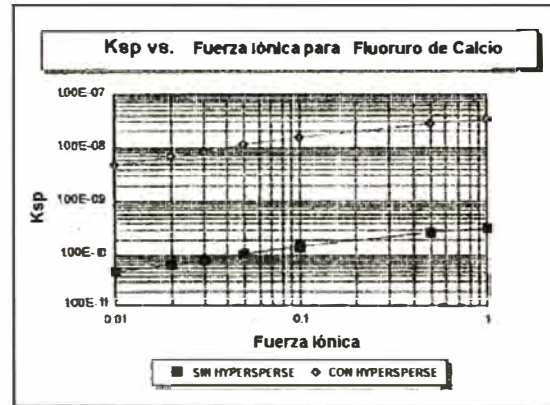
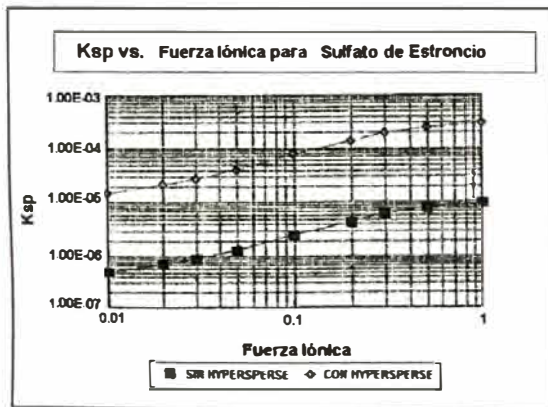
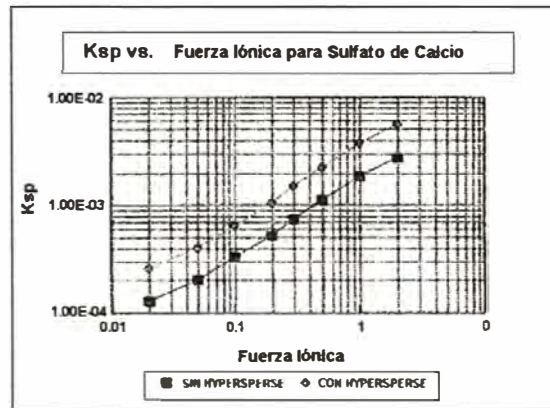
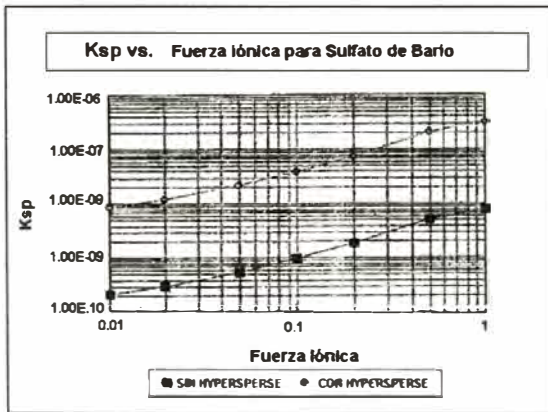
LIMITES DE SILICA Y METALES

Los límites para sílica y metales en aguas saladas (o salmuera) se muestran a continuación. Para operaciones fuera de estos límites, la conveniencia de este producto debe ser determinada por medio de un estudio piloto.

SiO_2 ? 240ppm Fe^{+2} ? 1ppm Fe^{+3}, Al^{+3} ? 0.5 ppm

ILUSTRACIONES

La solubilidad de las sales de incrustación comunes que se forman en la presencia de todos los antincrustantes Hypersperse se muestran en los gráficos abajo.



FICHA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO QUIMICOS

NOMBRE DEL PRODUCTO: **HYPERPERSE MSI310**
 EMITIDO: 30/08/04
 ULTIMA REVISION: 12/08/04

FISPQ N°: 2967 / 2
 PAGINA 1/5

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y PROVEDOR

NOMBRE DEL PRODUCTO: **HYPERPERSE MSI310**
 APLICACION DEL PRODUCTO: ANTIINCRUSTANTE PARA OSMOSE REVERSA
 ENDEREZO: **Av. La travesia 6967 - Parque Industrial Inverterra Pudahuel, Santiago, Chile - Tel: (00562) 396-6000**

TELEFONO DE EMERGENCIA (SALUD/ACCIDENTE): 396 - 6000

COMPOSICION/INGREDIENTES

Este producto químico se trata de una mezcla

NOMBRE QUÍMICO:	CAS N°	CONC%	RIESGO
ESTE PRODUCTO NO CONTIENE COMPONENTES PELIGROSOS.	-	-	-

IDENTIFICACION DE RIESGO

PELIGROS MÁS IMPORTANTES:	Puede causar leve irritación cutánea. Puede provocar moderada irritación ocular. La llovizna/ aerosol del producto puede causar irritación del aparato respiratorio superior.
EFFECTOS DEL PRODUCTO:	No muestra evidencia de efectos crónicos potenciales.
EFFECTOS PARA SALUD HUMANA	En condiciones normales de uso, no presenta riesgos para el medio ambiente.
EFFECTOS PARA EL MEDIO AMBIENTE:	Consulte las instrucciones del Capítulo 10 (ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD).
PELIGROS FÍSICOS Y QUÍMICOS:	Consulte el Capítulo 14.
CLASIFICACIÓN QUÍMICA DEL PRODUCTO:	
ANAMNÉSIS GENERAL DE EMERGENCIAS:	En caso de producirse filtración de los recipientes, coloque los equipos de seguridad indicados en el capítulo 8 de esta FISPQ, aísle el lugar y absorba el derrame con el material inerte que encuentre disponible. En caso de incendio, enfríe los recipientes con agua, rociándolos en forma de llovizna.
EFFECTO AGUDO SOBRE LA PIEL:	Puede causar leve irritación cutánea. Posible sensibilizador cutáneo.
EFFECTOS AGUDOS EN LOS OJOS:	Puede provocar moderada irritación ocular.
EFFECTOS AGUDOS SOBRE LA RESPIRACION:	La llovizna o aerosol del producto puede irritar el aparato respiratorio superior.
EFFECTOS AGUDOS SOBRE LA GESTIÓN:	Puede causar irritación gastrointestinal.
CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS:	Asma.

MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

INHALACIÓN:	Si se desarrolla irritación de nariz, garganta o pulmón, exponga a la víctima al aire fresco y solicite asistencia médica.
CONTACTO CON LA PIEL:	Lave a conciencia el área afectada, utilizando agua y jabón. Retire la ropa contaminada. Ante la aparición o persistencia de irritación, solicite asistencia médica.
CONTACTO CON LOS OJOS:	Quite los lentes de contacto. Separe los párpados. Inmediatamente, lave a conciencia sus ojos, usando abundante agua a baja presión durante 15 minutos, como mínimo. Solicite atención médica inmediata.
GESTIÓN:	No induzca al vómito. Avise a un médico inmediatamente. Diluya el volumen del estómago con 3-4 vasos de leche o agua.
ACCIONES QUE DEBEN EVITARSE:	Déle al accidentado bebidas calientes o alcohólicas. Aplique pomadas o cremas sobre la piel afectada. Quite todo objeto que se halle sobre los ojos.
PRINCIPALES SÍNTOMAS Y EFFECTOS:	Puede causar rubor o prurito.
OBSERVACIÓN PARA EL MÉDICO:	No hay instrucciones especiales.

NOMBRE DEL PRODUCTO: **HYPERSPERSE MSI310**
EMITIDO: 30/08/04
ULTIMA REVISION: 12/08/04

FISPQ Nº: 2967 / 2
PAGINA 2/5

5) MEDIOS DE COMBATE A INCENDIO

MEDIOS DE EXTINCIÓN APROPIADOS: Polvo químico seco, Dióxido de Carbono, espuma o agua.
MEDIOS DE EXTINCIÓN NO APROPIADOS: No hay.
PELIGROS ESPECÍFICOS: No hay.
MÉTODOS ESPECIALES: No hay.
PROTECCIÓN PARA BOMBEROS: Los bomberos deben utilizar ropas con presión positiva de aire, con sistema de respiración positiva autónomo (máscara protectora completa).

6) MEDIDAS DE CONTROL PARA DERRAME O VAZAMIENTO

PRECAUCIONES PERSONALES: Ventile el área. Utilice el equipo protector específico para estos casos. Contenga y absorba utilizando material absorbente. Recoja en recipientes apropiados.
Eliminación de Fuentes de Ignición: Elimine las fuentes de ignición.
Control de Polvos: No requiere.
Medidas preventivas de contacto con inhalación de piel, mucosas y ojos: Debe mantenerse una ventilación adecuada para mantener los límites de exposición de los polvos irritantes bajo los 10 mg/m³ (PEL/TLV).
Utilice guantes de neopreno para la manipulación de polvo seco. Para el uso de resina líquida fundida, utilice guantes de protección contra quemaduras térmicas.
Anteojos panorámicos de protección a prueba de salpicaduras químicas, máscara protectora
PRECAUCIONES AL MEDIO AMBIENTE: El agua contaminada con el producto puede ser volcada en alcantarillados de tratamiento industrial, eliminándola de acuerdo con la legislación local si se cuenta con un permiso para eliminación de residuos. Podrá incinerarse o depositarse el producto utilizándolo como relleno industrial.
Sistemas de Alarmas: No requiere.
MÉTODOS DE LIMPIEZA: Producto en solución: absorba con el material absorbente que se halle disponible y júntelo en recipientes apropiados. Junte el material sólido y vuélquelo en un recipiente con ayuda de una pala. Una vez eliminado el producto, lave el lugar afectado con el agua.
Lave el área con agua. El área húmeda puede resultar resbaladiza. Esparza arena.
Recuperación: El producto en solución puede recuperarse utilizando bombas o mantas de absorción, en tanto el producto sólido puede recuperarse usando una pala.
Neutralización: En caso de neutralización, consultar el Capítulo 9, punto pH (si el pH fuera <5, usar una solución alcalina diluida; si el pH fuera >8, usar una solución ácida diluida). Luego, efectuar una prueba de pH para verificar la neutralización.
Eliminación: Para la eliminación de residuos, contrate una compañía comercial que se dedique a eso o utilice un sistema interno de eliminación de cromato que respete la reglamentación ambiental local. Puede ser peligroso incinerar cromatos con cloruros o cloro con con

7) MANUSIO Y ALMACENAJE

MANIPULACIÓN:
Recomendaciones Técnicas
Prevención de la Exposición del Trabajador: Si fuera necesario, utilice anteojos de seguridad, guantes y mascarilla de protección para manipular el producto.
Prevención de Incendios o Explosiones: Si no Mantega los recipientes cerrados cuando no los utilice. Protéjalos de las fuentes de calor, chispas y llamas vivas.
Orientación para la Manipulación Segura: Inflamable. Almacene en área de prueba explosiva cuyo equipo eléctrico respete el código de la NFPA.
ALMACENAMIENTO:
Recomendaciones Técnicas Apropriadas: Proteja del congelamiento. En lo posible, almacene entre 40-100OF (5-40OC).
Condiciones de Almacenamiento: Mantenga los recipientes cerradas e identificados, en una habitación ventilada.
Adecuadas: Consulte la información sobre Almacenamiento del Capítulo 7
Evitar: Las etiquetas de los recipientes secundarios del producto deben seguir el etiquetado del recipiente original.
Señalización de Riesgos: Consulte las instrucciones del Capítulo 10 (ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD).
Productos y Materiales Incompatibles:
Materiales Seguros para Embalaje: Polietileno, Acero Inoxidable y Epoxi
Recomendadas: No evaluado.
No Recomendadas:

NOMBRE DEL PRODUCTO: **HYPERSPERSE MSI310**
 EMITIDO: 30/08/04
 ULTIMA REVISION: 12/08/04

FISPQ N°: 2967 / 2
 PAGINA 3/5

9) CONTROL DE EXPOSICION

NOMBRE QUÍMICO:	LIMITES DE EXPOSICION	
	TLV (ACGIH)	PEL (OSHA)
ESTE PRODUCTO NO CONTEN ACTIVOS CONSIDERADOS PELIGROSOS.	-	-
CONTROL DE INGENIERÍA:	Debe mantenerse una ventilación adecuada para mantener los agentes contaminantes del aire bajo los límites permitidos.	
INDICADORES BIOLÓGICOS:	No evaluado.	
OTROS LIMITES Y VALORES:	No evaluado.	
PROCEDIMIENTO RECOMENDADO PARA CONTROL:	No evaluado.	
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL		
PROTECCIÓN RESPIRATORIA:	Programa de Protección Respiratoria de acuerdo con las S 29 CFR 1910, 134 de la OSHA y ANSI Z88.2 Este procedimiento debe ser de aplicación obligatoria en el lugar de trabajo. Si correspondiera usar un respirador purificador de aire, utilice un respirador con filtrado de polvo / llovizna.	
PROTECCIÓN OCULAR:	Anteojos panorámicos de protección a prueba de salpicaduras químicas, máscara protectora	
PROTECCIÓN CUTÁNEA Y CORPORAL	guantes de neopreno.	
PRECAUCIONES ESPECIALES:	Se recomienda instalar una ducha de emergencia y un lavador de ojos cerca de los lugares en los que se manipule el producto.	
MEDIDAS DE HIGIENE:	Luego de manipular el producto, lávase; en caso de producirse contaminación de su ropa y zapatos, cámbielos por otros limpios.	

9) PROPIEDADES FÍSICO QUIMICAS (REFERENTE A SEGURIDAD DEL PRODUCTO)

Densidad Especifica (70F, 21C)	1,130	Punto de Congelamiento	23(F) , -5(C)
Viscosidad (cps 70F, 21C)	21	Olor	LEVE
Apariencia	ÁMBAR	Aspecto Físico	LÍQUIDO
Punto de Inflamación	> 213(F) , > 100(C)	pH	4,7
Masa de Evaporación	< 1,00	Presión de Vapor (mmHG)	~ 18,0
Densidad del Vapor (Aire=1)	< 1,00	Solubilidad (Agua)	100,0
Punto de Fusión	ND	Punto de Ebullición	ND
Temperatura de Ignición	ND	Temperatura de Descomposición	ND
Rango de Destilación Inicial / Final	ND	Coefficiente de partición octano/agua	ND
Límite Superior de Explosividad (LSE)	ND	Límite Inferior de Explosividad (LIE)	ND

NA = No aplicable ND = No definido

9) ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

CONDICIONES ESPECIFICAS:	Estable en condiciones normales de uso.
ESTABILIDAD:	No presenta.
REACCIONES PELIGROSAS:	Consulte "SUSTANCIAS O MATERIALES INCOMPATIBLES".
CONDICIONES A EVITAR:	Puede reaccionar en combinación con oxidantes fuertes.
SUSTANCIAS O MATERIALES INCOMPATIBLES:	No hay.
NECESIDAD DE AGREGAR ADITIVOS O INHIBIDORES:	
PRODUCTOS PELIGROSOS DE COMBUSTIÓN:	La descomposición térmica (incendio) puede liberar oxidos elementales.
POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:	No se producirá

1) INFORMACION TOXICOLOGIA

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

EFFECTOS ESPECÍFICOS:

NOMBRE DEL PRODUCTO: HYPERSPERSE MSI310
EMITIDO: 30/08/04
ULTIMA REVISION: 12/08/04

FISPQ N°: 2967 / 2
PAGINA 4/5

Consulte el Capítulo 3.
EFFECTOS LOCALES:
Consulte el Capítulo 4.
EFFECTOS TOXICOLÓGICOS SINERGICOS:
No presenta.
SUSTANCIAS QUE PUEDEN CAUSAR EFFECTOS:

Aditivos:
No presenta.
Potencialización:
No presenta.

INFORMACION TOXICOLOGICA

EFFECTOS AMBIENTALES, COMPORTAMIENTO E IMPACTOS DOS PRODUTOS

TOXICIDAD ACUATICA (mg/L)
Trucha arco iris 96 Hour Bioensayo Estático con Renovación de la 48 h
0% Mortalidad= 2000
Fathead Minnow 96 Hour Bioensayo Estático con Renovación de la 48 h
0% Mortalidad= 2000
Daphnia Magna 48 Hour Bioensayo Agudo Estático
0% Mortalidad= 2000

BIODEGRADABILIDAD:
BO (mg/g): 205
OT (mg/g): 64
BO,5 (mg/g): 1
BO,28 (mg/g): 1

BIODISPONIBILIDAD: No Evaluado
BIOCUMULACIÓN: No Evaluado
COMPORTAMIENTO ESPERADO: No Evaluado
IMPACTO AMBIENTAL: Si se utilizan grandes cantidades, puede causar daños locales al medio ambiente.
ECOTOXICIDAD: No evaluado

3) CONSIDERACIÓN SOBRE TRATAMIENTO Y DISPOSICION

PRODUCTO: El producto puede ser eliminado de acuerdo con la legislación ambiental local, volcado en un vertedero industrial o incinerado.
RESTOS DEL PRODUCTO: El resto de los productos pueden eliminarse de acuerdo con la legislación ambiental local, volcarse en un vertedero industrial o incinerarse.
RECIPIENTES USADOS: Luego de su descontaminación, pueden reciclarse para el envasamiento de productos químicos o incinerarse.

4) INFORMACIONES DE TRANSPORTE

TERRESTRE	CLASE DE RIESGO ONU NO PELIGROSO	NUMERO ONU
	RIESGO	
	NOMBRE PROPRIO PARA EMBARQUE	NO CLASIFICADO
	GRUPO DE EMBALAJE	
AEREA	CLASE DE RIESGO IATA NO ES PERMITIDO ESTE TAMAÑO DE RECIPIENTE POR FLETE AÉREO	NUMERO IATA
	NOMBRE PROPRIO PARA EMBARQUE	
MARITIMO	CLASE DE RIESGO IMDG NO PELIGROSO	NUMERO IMDG
	Em.S:	
	NOMBRE PROPRIO PARA EMBARQUE	NO CLASIFICADO
	GRUPO DE EMBALAJE III	

NOMBRE DEL PRODUCTO: **HYPERSPERSE MSI310**
 FECHA DE EMISIÓN: 30/08/04
 ÚLTIMA REVISIÓN: 12/08/04

FISPQ N°: 2967 / 2
 PAGINA 5/5

CLASE DE RIESGO ONU NO PELIGROSO
 RIESGO
 NOMBRE PROPIO NO CLASIFICADO
 PARA EMBARQUE
 GRUPO DE EMBALAJE

NUMERO ONU

REGULAMENTACION

OSHA: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; CAS: Chemical Abstracts Service - TSCA: todos los componentes del producto aparecen enumerados en el inventario TSCA
 MSDS: NINGUNO
 NSF (AGUA POTABLE): Certificado NSF. max. uso 10 mg/L

OTRAS INFORMACIONES

OSHA/HMIS

FLAMMABLE:	1	REACTIVIDAD:	0	INFLAMABILIDAD:	0	ESPECIAL:	NO	(1) EPI	B
------------	---	--------------	---	-----------------	---	-----------	----	---------	---

Se hace referencia al Capítulo 8 de la FISP sobre recomendaciones adicionales de protección.
 C: CORROSIVO; OXI: OXIDANTE; INF: INFLAMABLE; TOX: TOXICO; ALC: ALCALINO; ACI: ÁCIDO; W: No use agua; NO: SIN RIESGO
 - Anteojos de Seguridad de Visión Amplia, Guantes, Delantal
 Se refiere a la sección 8 de la FISP para las recomendaciones de protección adicional.
 Los datos consignados en esta FISPQ fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto a su exactitud o corrección. La información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia.
 Cualquier otro uso del producto que involucra el uso combinado con otro producto o otros procesos es de responsabilidad del usuario.

REVISIONES

SPQ STATUS	FECHA	REVISADAS	SUBSTITUIDAS
	12/08/04	Revisión del Formato	

OptiSperse* PQ4683

Tratamiento Interno

- Mezcla única de polímeros y secuestrantes.
- Control superior de la formación de depósitos.
- Mejora la dispersión del lodo y del hierro.
- Adecuado para aplicaciones en sistemas regulados por FDA y USDA.
- Apropriado para un sistema independiente "Todo Orgánico" o para suministrar dispersantes en sistemas basados en fosfato.

Descripción y Uso

OptiSperse PQ4683 es una mezcla líquida de polímeros y dispersantes que proporcionan control eficiente de la formación de depósito en las superficies del lado del agua de la caldera. Puede ser usado como un sistema "Todo Orgánico" o para complementar la capacidad de dispersión de los sistemas basados en fosfato.

Los dispersantes poliméricos son multifuncionales. Alteran el crecimiento cristalino y reducen el tamaño de la partícula. Alterando la carga superficial de las partículas suspendidas, la atracción entre la pared del tubo de la caldera y la partícula es significativamente reducida. El resultado es una suspensión de sólidos en el agua de caldera que pueden ser manipulados por descarga.

OptiSperse PQ4683 promueve adsorción superficial y la distorsión de la red cristalina de las partículas de depósito. Esto resulta en un potencial de incrustación substancialmente menor y en superficies más limpias de transferencia de calor.

OptiSperse PQ4683 está aprobado para uso en plantas reguladas por la FDA o USDA, donde el vapor es usado para esterilización o entra en

contacto con el alimento o con productos alimenticios.

Tratamiento y Aplicación

Las concentraciones correctas de tratamiento del OptiSperse PQ4683 dependen de muchos factores específicos de cada sistema en particular. El producto debe ser usado de acuerdo a los procedimientos de control que GE establece para una aplicación específica.

OptiSperse PQ4683 puede ser alimentado puro o disuelto en cualquier concentración conveniente, con agua de reposición ablandada, condensado o agua de alimentación.

Almacenamiento

Almacenar OptiSperse PQ4683 a temperaturas moderadas y protegerlo de congelamiento. Si es congelado, descongelarlo completamente y mezclar bien antes de usar.

Empaque

OptiSperse PQ4683 es una mezcla líquida, disponible en una amplia variedad de contenedores y métodos de entrega especiales. Contacte el representante de GE para obtener mayores detalles.

Seguridad y Manejo

Todo producto químico exige precaución durante manejo, almacenaje y desecho. Recomendamos lectura cuidadosa de la Ficha de Seguridad del Producto, y cumplimiento de las normas en ella establecidas.



Visitenos en internet: www.gewater.com
©2004, General Electric Company.
Todos los derechos reservados.

E.U.A.
Trevose, PA
+1-215-355-3300

Argentina
Buenos Aires
+54-11-5777-5200

Brasil
São Paulo
+55-11-2139-1000

Chile
Santiago
+56-2-396-6000

Venezuela
Valencia
+58-241-838-5808

*Todos los productos mencionados son marcas registrada de General Electric Company y pueden estar registrados en uno o más países.

PFB0501E5

NOMBRE DEL PRODUCTO: **OPTISPERSE PQ4683**
EMITIDO: 12/01/05
ULTIMA REVISION: 01/06/05

FISPQ N°: 1083 / 3
PAGINA 1/5

1) IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y PROVEEDOR

NOMBRE DEL PRODUCTO: **OPTISPERSE PQ4683**
APLICACIÓN DEL PRODUCTO: PRODUCTOS GE BETZ
DIRECCIÓN: Calle Cesareo Chacaltana, 448 - Miraflores - Lima 18 - Peru - Tel: 00511 444 - 6250
- Fax: 00511 - 444 - 6252
TELEFONO DE EMERGENCIA (SALUD/ACCIDENTE): 00511 444 - 6250

2) COMPOSICIÓN/INGREDIENTES

Este producto químico se trata de una mezcla

NOMBRE QUÍMICO:	CAS N°	CONC%	RIESGO
ÁCIDO FOSFÓNICO, (1-HIDROXIETILIDINA)BIS-(HEDP)	2809-21-4		Corrosivo (ojos);

3) IDENTIFICACIÓN DE RIESGO

PELIGROS MÁS IMPORTANTES: Puede causar leve irritación cutánea.
Puede provocar leve irritación ocular.
La llovizna/ aerosol del producto puede causar irritación del aparato respiratorio superior.

EFFECTOS DEL PRODUCTO: No muestra evidencia de efectos crónicos potenciales.

EFFECTOS PARA SALUD HUMANA: En condiciones normales de uso, no presenta riesgos para el medio ambiente.

EFFECTOS PARA EL MEDIO AMBIENTE: Consulte las instrucciones del Capítulo 10 (ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD).

PELIGROS FÍSICOS Y QUÍMICOS: Consulte el Capítulo 14.

CLASIFICACIÓN QUÍMICA DEL PRODUCTO:

PANORAMA GENERAL DE EMERGENCIAS: En caso de producirse filtración de los recipientes, coloque los equipos de seguridad indicados en el capítulo 8 de esta FISPQ, aísle el lugar y absorba el derrame con el material inerte que encuentre disponible. En caso de incendio, enfríe los recipientes con agua, rociándolos en forma de llovizna.

EFFECTO AGUDO SOBRE LA PIEL: Puede causar leve irritación cutánea. Posible sensibilizador cutáneo.

EFFECTOS AGUDOS EN LOS OJOS: Puede provocar ligera irritación ocular.

EFFECTOS AGUDOS SOBRE LA RESPIRACION: La llovizna o aerosol del producto puede irritar el aparato respiratorio superior.

EFFECTOS AGUDOS SOBRE LA INGESTION: Puede causar ligera irritación gastrointestinal.

CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS: Asma.

4) MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

INHALACIÓN: Si se desarrolla irritación de nariz, garganta o pulmón, exponga a la víctima al aire fresco y solicite asistencia médica.

CONTACTO CON LA PIEL: Lave a conciencia el área afectada, utilizando agua y jabón. Retire la ropa contaminada. Ante la aparición o persistencia de irritación, solicite asistencia médica.

CONTACTO CON LOS OJOS: Quite los lentes de contacto. Separe los párpados. Inmediatamente, lave a conciencia sus ojos, usando abundante agua a baja presión durante 15 minutos, como mínimo. Solicite atención médica inmediata si, una vez terminado el enjuague, persiste la irritación.

INGESTIÓN: No dé nada a la víctima por la vía oral si está inconsciente o con convulsiones. No induzca al vómito. Avise a un médico inmediatamente. Diluya el volumen del estómago con 3-4 vasos de leche o agua. Déle al accidentado bebidas calientes o alcohólicas. Aplique pomadas o cremas sobre la piel afectada.

ACCIONES QUE DEBEN EVITARSE: Quite todo objeto se halle sobre los ojos.

PRINCIPALES SÍNTOMAS Y EFFECTOS: Puede causar rubor o prurito.

OBSERVACIÓN PARA EL MÉDICO: No hay instrucciones especiales.

5) MEDIOS DE COMBATE ANTE INCENDIO

NOMBRE DEL PRODUCTO: OPTISPERSE PQ4683
EMITIDO: 12/01/05
ULTIMA REVISION: 01/06/05

FISPQ Nº: 1083 / 3
PAGINA 2/5

MEDIOS DE EXTINCIÓN APROPIADOS: Polvo químico seco, Dióxido de Carbono, espuma o agua.
MEDIOS DE EXTINCIÓN NO APROPIADOS: No hay.
PELIGROS ESPECÍFICOS: No hay.
MÉTODOS ESPECIALES: No hay.
PROTECCIÓN PARA BOMBEROS: Los bomberos deben utilizar ropas con presión positiva de aire, con sistema de respiración positiva autónomo (máscara protectora completa).

1) MEDIDAS DE CONTROL PARA DERRAME O TRASEGADO

PRECAUCIONES PERSONALES: Ventile el área. Utilice el equipo protector específico para estos casos. Contenga y absorba utilizando material absorbente. Recoja en recipientes apropiados.
Eliminación de Fuentes de Ignición: Elimine las fuentes de ignición.
Control de Polvos: No requiere.
Medidas preventivas de contacto con inhalación de piel, mucosas y ojos: Debe mantenerse una ventilación adecuada para mantener los agentes contaminantes del aire bajo los límites permitidos.
Utilice guantes de neopreno para la manipulación de polvo seco. Para el uso de resina líquida fundida, utilice guantes de protección contra quemaduras térmicas. Lave después del uso Anteojos panorámicos de protección a prueba de salpicaduras químicas, máscara protectora
PRECAUCIONES AL MEDIO AMBIENTE: El agua contaminada con el producto puede ser volcarse en alcantarillados de tratamiento industrial, eliminándola de acuerdo con la legislación local si se cuenta con un permiso para eliminación de residuos. Podrá incinerarse o depositarse el producto utilizándolo como relleno industrial.
Sistemas de Alarmas: No requiere.
MÉTODOS DE LIMPIEZA: Producto en solución: absorba con el material absorbente que se halle disponible y júntelo en recipientes apropiados. Junte el material sólido y vuélquelo en un recipiente con ayuda de una pala. Una vez eliminado el producto, lave el lugar afectado con el agua.
Ventile la área. El uso específico de equipo protección. Contenga y absorba en el material absorbente. Recoja en recipientes apropiados. Lave el área con agua. El área húmeda puede resultar resbaladiza. Esparza arena.
Recuperación: El producto en solución puede recuperarse utilizando bombas o mantas de absorción, en tanto el producto sólido puede recuperarse usando una pala.
Neutralización: En caso de neutralización, consultar el Capítulo 9, punto pH (si el pH fuera <5, usar una solución alcalina diluida; si el pH fuera >8, usar una solución ácida diluida). Luego, efectuar una prueba de pH para verificar la neutralización.
Eliminación: El agua contaminada con el producto debe ser enviada para línea de efluente industrial para tratamiento, dispuesta de acuerdo con la legislación local a través de permiso para disposición de los residuos. El producto tal cual - Para la eliminación de residuos, contrate una compañía comercial que se dedique a eso o utilice un sistema interno de eliminación de cromato que respete la reglamentación ambiental local. Puede ser peligroso incinerar cromatos con cloruros en forma orgánica puede ser peligrosa.

2) MANEJO Y ALMACENAJE

MANIPULACIÓN:
Recomendaciones Técnicas
Prevención de la Exposición del Trabajador: Si fuera necesario, utilice anteojos de seguridad, guantes y mascarilla de protección para manipular el producto.
Prevención de Incendios o Explosiones: Si no Mantega los recipientes cerrados cuando no los utilice. Protéjalos de las fuentes de calor, chispas y llamas vivas.
Orientación para la Manipulación Segura: Inflamable. Almacene en área de prueba explosiva cuyo equipo eléctrico respete el código de la NFPA.
ALMACENAMIENTO:
Recomendaciones Técnicas Apropriadas: Proteja del congelamiento. Su vida útil es de 1 año.
Condiciones de Almacenamiento:
Adecuadas: Mantenga los recipientes cerradas e identificados, en una habitación ventilada.
Evitar: Consulte la información sobre Almacenamiento del Capítulo 7
Señalización de Riesgos: Las etiquetas de los recipientes secundarios del producto deben seguir el etiquetado del recipiente original.
Productos y Materiales Incompatibles: Consulte las instrucciones del Capítulo 10 (ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD).
Materiales Seguros para Embalaje:

NOMBRE DEL PRODUCTO: OPTISPERSE PQ4683
EMITIDO: 12/01/05
ULTIMA REVISION: 01/06/05

FISPQ N°: 1083 / 3
PAGINA 3/5

Recomendadas: Polietileno, Acero Inoxidable y Epoxi
No Recomendadas: No evaluado.

8) CONTROL DE EXPOSICIÓN

NOMBRE QUÍMICO:

LIMITES DE EXPOSICIÓN

ÁCIDO FOSFÓNICO, (1-HIDROXIETILIDINA)BIS-(HEDP)

TLV (ACGIH)
NO DETERMINADO

PEL (OSHA)
NO DETERMINADO

CONTROL DE INGENIERÍA: ventilación adecuada
INDICADORES BIOLÓGICOS: No evaluado.
OTROS LIMITES Y VALORES: No evaluado.
PROCEDIMIENTO RECOMENDADO PARA CONTROL: No evaluado.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL
PROTECCIÓN RESPIRATORIA:

Programa de Protección Respiratoria de acuerdo con las S 29 CFR 1910, 134 de la OSHA y ANSI Z88.2 Este procedimiento debe ser de aplicación obligatoria en el lugar de trabajo. Si correspondiera usar un respirador purificador de aire, utilice un respirador con filtrado de polvo / llovizna.

PROTECCIÓN OCULAR:
PROTECCIÓN CUTÁNEA Y CORPORAL
PRECAUCIONES ESPECIALES:

Anteojos panorámicos de protección a prueba de salpicaduras químicas, máscara protectora guantes de neopreno. Lave después del uso
Se recomienda instalar una ducha de emergencia y un lavador de ojos cerca de los lugares en los que se manipule el producto.

MEDIDAS DE HIGIENE:

Luego de manipular el producto, lávase; en caso de producirse contaminación de su ropa y zapatos, cambielos por otros limpios.

9) PROPIEDADES FÍSICO QUIMICAS (REFERENTE A SEGURIDAD DEL PRODUCTO)

Densidad Específica (70F, 21C) 1.080
Viscosidad (cps 70F, 21C) 15
Appearance DE INCOLORO A AMARILLO CLARO
Punto de Inflamación P-M(CC) > 200(F) , > 93(C)
Tasa de Evaporación ÉTER=1 < 1.00
Densidad del Vapor (Aire=1) < 1.00
Punto de Fusión ND
Temperatura de Ignición ND
Banda de Destilación Inlclal / Final ND
Límite Superior de Explosividad (LSE) ND

Punto de Congelamiento 28(F) , -3(C)
Olor LEVE
Aspecto Físico LÍQUIDO
pH Original (aprox.) 9.5
Presión de Vapor (mmHG) ~ 18.0
Solubilidad (Agua) 100.0
Punto de Ebullición ND
Temperatura de Descomposición ND
Coefficiente de partición octano/agua ND
Límite Inferior de Explosividad (LIE) ND

NA = No aplicable ND = No definido

10) ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

CONDICIONES ESPECIFICAS:

INESTABILIDAD:

Estable en condiciones normales de uso.

REACCIONES PELIGROSAS:

No presenta.

CONDICIONES A EVITAR:

Consulte "SUSTANCIAS O MATERIALES INCOMPATIBLES".

SUSTANCIAS O MATERIALES INCOMPATIBLES:

Puede reaccionar en combinación con oxidantes fuertes.

NECESIDAD DE AGREGAR ADITIVOS O

No hay.

INHIBIDORES:

PRODUCTOS PELIGROSOS DE COMBUSTIÓN:

La descomposición térmica (incendio) puede liberar oxidos elementales.

POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:

No se producirá

11) INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

LD50 oral, Ratón: >2000 mg/kg
Valor Estimado
LD50 dérmico, CONEJO: >2000 mg/kg

NOMBRE DEL PRODUCTO: OPTISPERSE PQ4683
EMITIDO: 12/01/05
ULTIMA REVISION: 01/06/05

FISPQ N°: 1083 / 3
PAGINA 4/5

Valor Estimado

EFFECTOS ESPECÍFICOS:
Consulte el Capítulo 3.

EFFECTOS LOCALES:
Consulte el Capítulo 4.

EFFECTOS TOXICOLÓGICOS SINERGICOS:
No presenta.

SUSTANCIAS QUE PUEDEN CAUSAR EFFECTOS:

Aditivos:
No presenta.

Potencialización:
No presenta.

12) INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

EFFECTOS AMBIENTALES, COMPORTAMIENTO E IMPACTOS DE LOS PRODUCTOS

TOXICIDAD ACUATICA (mg/L) Trucha arco iris 96 Hour Bioensayo Agudo Estático
CL50= 6062; Nenhum Nivel de Efeito= 4900
Fathead Minnow 96 Hour Toxicidad Aguda
CL50 Mayor que= 5000; Nenhum Nivel de Efeito= 3780
Daphnia Magna 48 Hour Bioensayo Agudo Estático
CL50= 5116; CE50= 4703; Nenhum Nivel de Efeito= 2800

BIODEGRADABILIDAD:

DQO (mg/g): No Evaluado

COT (mg/g): No Evaluado

DBO,5 (mg/g): No Evaluado

DBO,28 (mg/g): No Evaluado

MOBILIDAD: No Evaluado

BIOACUMULACIÓN: No Evaluado

COMPORTAMIENTO ESPERADO: No Evaluado

IMPACTO AMBIENTAL: Si se utilizan grandes cantidades, puede causar daños locales al medio ambiente.

ECOTOXICIDAD: No evaluado

PRODUCTO: El producto puede ser eliminado de acuerdo con la legislación ambiental local, volcado en un vertedero industrial o incinerado.

RESTOS DEL PRODUCTO: El resto de los productos pueden eliminarse de acuerdo con la legislación ambiental local, volcarse en un vertedero industrial o incinerarse.

RECIPIENTES USADOS: Luego de su descontaminación, pueden reciclarse para el envasamiento de productos químicos o incinerarse.

14) INFORMACIONES DE TRANSPORTE

TERRESTRE	CLASE DE RIESGO ONU NO PELIGROSO	NUMERO ONU
	RIESGO	
	NOMBRE PROPRIO NO CLASIFICADO	
	PARA EMBARQUE	
	GRUPO DE EMBALAJE III	
AIRE	CLASE DE RIESGO IATA NO ES PERMITIDO ESTE TAMAÑO DE RECIPIENTE	NUMERO IATA
	NOMBRE PROPRIO POR FLETE AÉREO	
	PARA EMBARQUE	
MARITIMO	CLASE DE RIESGO NO PELIGROSO	NUMERO IMDG
	IMDG	
	Em.S:	
	NOMBRE PROPRIO NO CLASIFICADO	

FICHA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO QUIMICOS

NOMBRE DEL PRODUCTO: OPTISPERSE PQ4683
EMITIDO: 12/01/05
ULTIMA REVISION: 01/06/05

FISPQ N°: 1083 / 3
PAGINA 5/5

PARA EMBARQUE
GRUPO DE EMBALAJE III

FLUVIAL **CLASE DE RIESGO ONU NO PELIGROSO** **NUMERO ONU**
RIESGO
NOMBRE PROPRIO NO CLASIFICADO
PARA EMBARQUE
GRUPO DE EMBALAJE III

15) REGLAMENTACIÓN

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; CAS: Chemical Abstracts Service - TSCA: todos los componentes del producto aparecen enumerados en el inventario TSCA

USDA: SECC.G6

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION: Todos los ingredientes de este producto son autorizados en 21CFR173.310 para uso como aditivo de agua de caldera donde el vapor puede contactar alimentos.

NSF (AGUA POTABLE): No applicable.

16) OTRAS INFORMACIONES

NFPA/HMIS

SALUD:	1	REACTIVIDAD:	0	INFLAMABILIDAD:	0	ESPECIAL:	NO	(1) EPI	B
---------------	---	---------------------	---	------------------------	---	------------------	----	---------	---

(1) hace referencia al Capítulo 8 de la FISP sobre recomendaciones adicionales de protección.

COR: CORROSIVO; OXI: OXIDANTE; INF: INFLAMABLE; TOX: TOXICO; ALC: ALCALINO; ACI: ÁCIDO; W: No use agua; NO: SIN RIESGO

C - Anteojos de Seguridad de Visión Amplia, Guantes, Delantal

(1) se refiere a la sección 8 de la FISP para las recomendaciones de protección adicional.

Los datos consignados en esta FISPQ fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. La información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia.

Cualquier otro uso del producto que envolvía el uso combinado con otro producto o otros procesos es de responsabilidad del usuario.

REVISION

FISPQ STATUS	FECHA	REVISADAS	SUBSTITUIDAS
	01/06/05	Revisión del Formato	