

Reutilización de efluentes acuosos

Mejora de las características ambientales de los efluentes para su aprovechamiento

Objetivo

Mejorar desde el punto de vista ambiental, las características de los efluentes acuosos y consecuentemente aumentar el aprovechamiento (reutilización de las aguas residuales).

Situación física del Complejo

El predio tiene una superficie de 168 Has donde se encuentran localizadas: instalaciones de entrada de gasoductos, una planta de proceso de separación de licuados de gas natural por absorción, una planta de proceso criogénica y tres plantas compresoras de gasoductos, dos de ellas turbo compresoras y una moto-compresora.

Las distancias entre estas instalaciones son considerables.

La corriente de agua disponible para la descarga es un arroyo de caudal muy variable que descarga en la bahía.

Fuente de agua

El complejo tiene como único suministro de agua potable e industrial dos pozos surgentes naturales de una profundidad de aproximadamente 700 metros. Es importante destacar que, por lo tanto, el agua no tiene costo directo para TGS en Cerri.

A las perforaciones de estas características no es conveniente restringirlas el caudal porque pueden colapsar. El caudal de agua suministrado por ambos (total 74 m³/hora) tiene un excedente en época invernal pero es escaso en verano. La temperatura de salida del surgente es de 60°C.

Estos pozos acceden a un acuífero muy importante de esta zona con características de agua mineral: 1400 micro-siemens de conductividad, 300 ppm de cloruros, 35 ppm de Sílice.

Situación de efluentes anterior al proyecto realizado

Como puede apreciarse en el esquema general adjunto, se contaba con una planta de

tratamiento de efluentes cloacales. Dichos efluentes convergían a dos cámaras principales, las que alimentaban la planta de tratamiento y su efluente se enviaba al arroyo previo paso por la cámara de inspección habilitada para la autoridad de control.

Ambas plantas de procesos de gas licuado cuentan con una cisterna, tipo sumidero, donde convergen todos los drenajes líquidos abiertos de las mismas. Desde allí se enviaban a los respectivos pozos de quema de cada planta y, en el caso de planta criogénica, muy eventualmente al arroyo, cuando el nivel del mismo lo requería.

La planta criogénica contaba con una planta desmineralizadora de agua a base de resinas de intercambio iónico cuyo efluente (proveniente de la pileta de neutralización de regenerantes) se enviaba, por medio de una cañería independiente a la cámara de inspección indicada.

Las instalaciones de entrada de los gasoductos, tienen purgas que también se envían al foso de quema.

En las plantas compresoras, los drenajes se dirigen al sumidero de planta criogénica en el caso de Clark y Fiat, y a su propia cisterna en el caso de planta Solar.

Naturaleza de drenajes en Planta criogénica

La planta posee un sistema de drenaje abierto que colecta los mismos en cada área de la planta a saber:

Sistema de vapor y condensado: conteniendo sales, restos de aminas, etc. provenientes del tratamiento interno de calderas.

Sistema de tratamiento de etano: este tratamiento se realiza con monoetanolamina para descarboxar el etano y aguas abajo se deshidrata con trietilenglicol. De ambas sustancias químicas existen drenajes continuos o discontinuos

Turbocompresores y turbogeneradores: los drenajes provienen del sistema de lubricación y /o del sistema de enfriamiento de los mismos.

Naturaleza de drenajes en planta de absorción

Sistema de enfriamiento de bombas, purgas de aceites discontinuas, eventualmente monoetilenglicol.

Problemas relacionados con aspectos legales

- 1- La ley exige que la descarga de líquidos de una instalación industrial sea única.

En las alcantarillas de lluvia sólo puede circular fluido si hay o hubo lluvia. Nosotros teníamos más de un drenaje y además en épocas de exceso de agua, por no poder cerrar los pozos surgentes, se evacuaba al arroyo el exceso.

- 2- La planta de tratamiento de efluentes cloacales había sido diseñada para un caudal máximo de 12 m³/h. Por el tipo de sistema de convergencia de las cámaras colectoras previas se superaba ese caudal ampliamente llegando hasta 25 m³/h. Esto traía como consecuencia un menor tiempo de residencia en la pileta de decantación y por lo tanto se superaban los valores de sólidos sedimentables máximos permitidos.
- 3- El drenaje de los líquidos que confluían al pozo de quema, eventualmente, por emergencia, podía descargar hacia el arroyo, no cumpliendo con las condiciones de la legislación.
- 4- La planta de tratamiento de agua por resinas posee un efluente que contiene una cantidad muy elevada de sulfatos, lo cual a pesar de que su contenido máximo no está especificado en conductos de agua por la ley, tenía una acción de deterioro excesiva en conductos o

construcciones de cemento. Además resultaba muy difícil cumplir con estabilidad la condición de ph de la ley.

Ataque del problema

Estudiando el contexto general de nuestro sistema, se decide encarar en primer lugar, el mejoramiento del tratamiento de aguas, dado que en este punto podíamos considerar los siguientes aspectos:

Aspectos económicos

La planta de tratamiento de agua resultaba de costo operativo muy alto. Esto se relacionaba con el costo de regenerantes, las renovaciones de resinas, la mano de obra de mantenimiento y la mano de obra operativa fundamentalmente. Esta instalación operaba desde 1980. Su ciclos de regeneración estaban automatizados con lógica de relé.

Se puede discriminar el costo que TGS tenía, al momento de estudiarse el cambio, de la siguiente forma:

Drogas regenerantes: 6000 a 10000 \$ / mes.

Cambios de resina: 1800\$ / mes.

Horas hombre de mantenimiento: 2000 \$ / mes.

Horas hombre operativas: 7000 \$ / mes.

Repuestos: 400 \$ / mes.

De esto se deduce, teniendo en cuenta un consumo de 6,5 m³/hora, un costo por m³ de \$3.67 a \$4.5.

Aspectos ambientales:

- La caracterización del efluente impedía pensar en su reutilización. Una conductividad de 7000 a 8000 microsiemens, un contenido de sulfatos de 5000 ppm, un ph inestable eran sus características principales. Su caudal era de aproximadamente 50 m³/día.
- Manejo de sustancias peligrosas y corrosivas por parte de los operadores (ácido sulfúrico, soda cáustica).
- La disposición final de las resinas de desecho (bases de poliestireno entrecruzado con divinilbenceno y grupos funcionales) no era sencilla.

Se exploraron varias alternativas de cambio

- **Optimización del sistema de resinas:** requería un cambio muy importante de equipamiento, con la única ventaja de disminuir el efluente y los gastos tanto operativos como de mantenimiento pero de todas maneras no era comparable a

la disminución de costos que se conseguía con las otras alternativas. Se lograba mejorar el tema de efluentes solo en su cantidad y no había posibilidades sencillas, sin costos adicionales importantes, de su reutilización.

- **Uso de exceso de vapor de baja presión:** el complejo tiene una producción de exceso de vapor de baja (dada la necesidad de vapor de alta) que podía ser utilizado como medio de calentamiento para destilar agua cruda, con el pulido final por medio de resinas. La necesidad de condensar ese exceso nos dejaba liberados cuerpos de aerofriadores para la condensación. Esta alternativa era conveniente desde el punto de vista de costo operativo bajo. La desventaja operativa consistía en la dependencia del sistema de vapor en servicio para producir agua tratada, teniendo en cuenta que mantener en condiciones el sistema de resinas para las oportunidades de paradas de planta se constituía en un costo adicional muy alto.
- **Electrodiálisis reversible:** el costo operativo es bajo, resultante en parte por la duración mucho más prolongada de las membranas

(10 años) muy buena flexibilidad operativa en las condiciones de entrada (temperatura, ph, sólidos), menos energía, ya que operan a muy baja presión. Además las membranas pueden almacenarse sin problemas por mucho tiempo y pueden quedar vacías sin sufrir deterioro, cosa que no ocurre con la ósmosis inversa. La inversión era comparable al resto. El problema serio de esta alternativa consistía en la incapacidad de retención de sílice cuyo nivel en el agua cruda es de 35 ppm y debemos bajarlo a 0,01 ppm.

- **Osmosis inversa:** la calidad de agua requerida por nuestro proceso exigía la

instalación de dos módulos en serie de membranas. En estas condiciones la inversión resultaba comparable. El impacto sobre los costos de operación era positivo. Efluentes sin problemas. Inversión similar.

Cabe aclarar que, preliminarmente, en todas las alternativas, se pensaba que iba a resultar imprescindible el uso del pulido final con los lechos de resina mixtos. Obviamente, dependiendo de la calidad de agua de salida de cada método el uso de los lechos mezclados podía resultar más o menos intensiva.

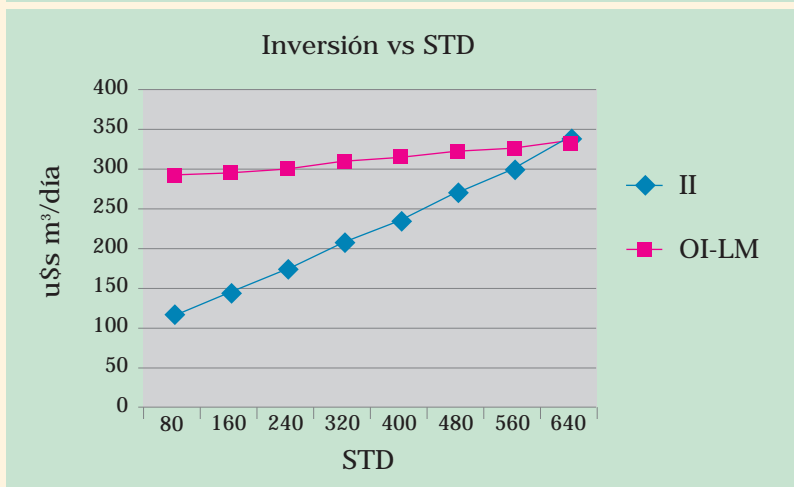
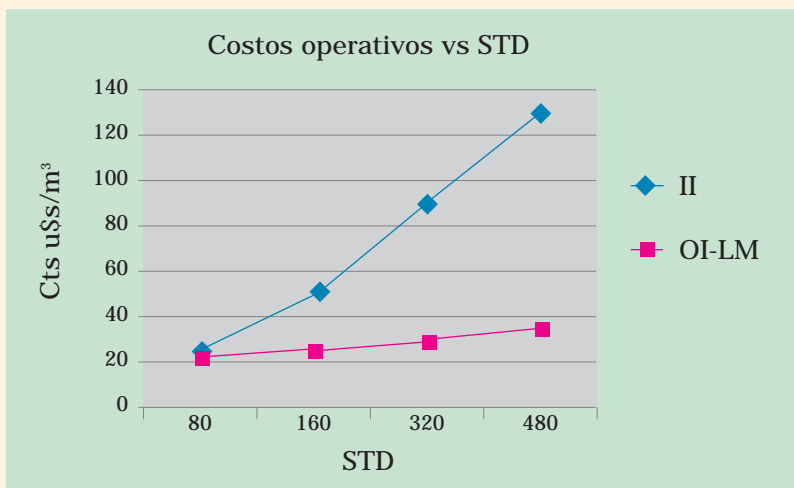
Veamos el cuadro comparativo de estas alternativas:

Alternativas	Inversión	\$/m ³	Efluentes	Uso de lechos mixtos	Observaciones
Actualización sistema resinas	350000	1,5 a 2	Sin cambio en calidad	Sí	Modificación usando equipos existentes
Destilación vapor de baja	420000	0,20	Sin cambio en calidad pero muy pequeña cantidad	Sí	Costo/m ³ depende del tipo de productos químicos
EDR Electro-diálisis reversible	378000	0,12	Al usar el anión era muy complicado y caro su tratamiento	Sí	Se requería usar también el lecho aniónico. El costo /m ³ está referido sólo a EDR
OI Osmosis Inversa	365000	0,35	Sin problemas ambientales; posible reuso.	Sí	No fueron necesarios los lechos mixtos

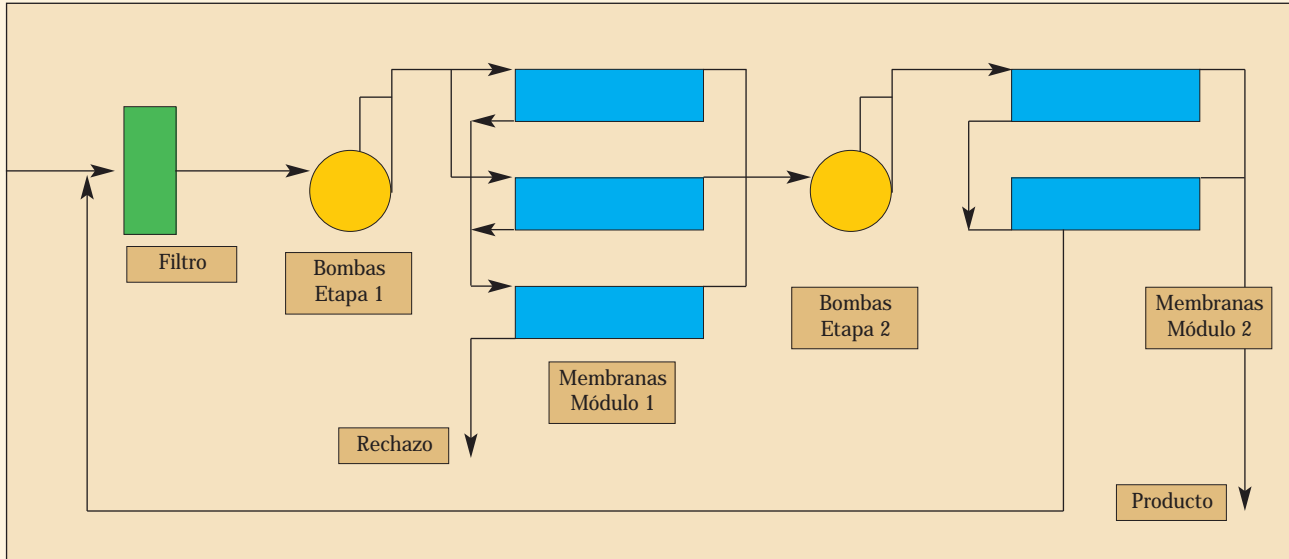
En base a los aspectos señalados se decidió por el tratamiento de **Osmosis Inversa**. Para ver con más claridad las ventajas de costo comparativo entre el sistema de intercambio iónico y el de ósmosis inversa seguido por pulido con lechos mezclados, podemos observar los siguientes gráficos indicativos en función del agua a tratar. Es decir que estas tendencias son generales, no están relacionadas con nuestra propia calidad de agua.

Uno de los problemas que impacta en forma importante en el uso económico de membranas de OI es el pretratamiento. La condición del agua de entrada a las membranas tiene limitaciones de ph, de sólidos (SDI) y de temperatura. Por eso existen algunos casos donde estos beneficios no son tan marcados.

Se consideró una inversión que contemplara una vida de las membranas igual o mayor a tres años por lo que se instalaron, además de los filtros que normalmente se incluyen en una provisión de módulos de OI, otros filtros de tipo multimedios (granate, antracita y arena) que realizan una retención preliminar.



La configuración definida finalmente es la que podemos apreciar en el siguiente diagrama de flujo:



Las calidades del tratamiento anterior y actual son las siguientes:

Elemento	Unidad	Agua Cruda	Anterior	Previsto por OI	Actual OI
Calcio	ppmCO ₃ Ca	20	0	0	0
Magnesio	ppmCO ₃ Ca	8	0	0	0
Sodio	ppmCO ₃ Ca	556	0	1	0
Cloruros	ppmCO ₃ Ca	322	0	0.6	0
Sulfatos	ppmCO ₃ Ca	83	0	0	0
Nitratos	ppmCO ₃ Ca	4	0	0	0
Silice	ppm	34	≤0.05	0.1	< 0.01
TDS	ppm	784	≤0.5	1.4	0.75
pH		7.4 a 8.2	6.8 a 8	5.4	6.9 (#)

(#) con torre descarbonatadora en servicio.

Es de considerar que sólo se agrega **antiescalante** (polielectrolito aprobado por la FDA) como químico y la planta está diseñada con un **Indi-**

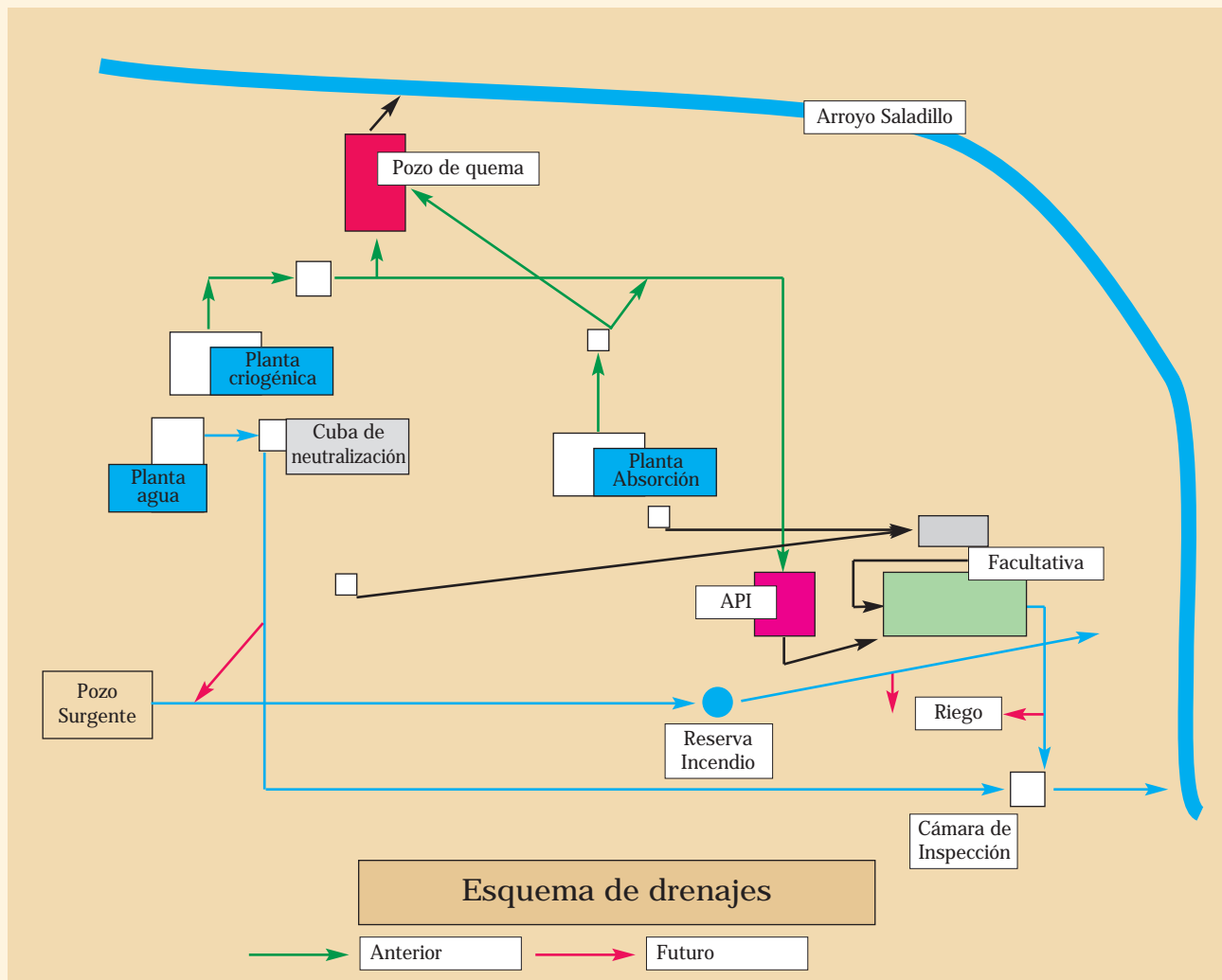
ce de Langelier máximo en el agua de rechazo de 1,5. Además podemos observar que el rechazo del segundo módulo de OI se recicla a la alimenta-

ción de modo que sólo se desecha el rechazo del primer módulo. También es posible reciclar agua tratada de modo de no necesitar drenarla cuando por razones de bajo consumo tenemos almacenaje completo.

La calidad resultante de los dos módulos en serie de ósmosis no hizo necesario el uso de los lechos mixtos de modo que el único efluente es el rechazo del primer módulo. Es-

te rechazo contiene un nivel de sales de 3800 de conductividad y su único químico es el antiescalante citado anteriormente.

Nuestro propósito durante este año es instalar una cámara colectora con bombas que actúen por nivel ; a partir de esa cámara, conectar el flujo del rechazo al caño de agua de uno de los surgentes cuya conductividad es de 900 microsiemens, el agua resultan-



te de la mezcla (relación de caudales 27/4) es apta para riego.

Hemos realizado además un estudio de caracterización de los efluentes de las plantas, señalados anteriormente. A partir de ese estudio se realiza la obra del sistema API- Facultativo al cual derivan los efluentes industriales y cloacales como se indica en el diagrama anterior. Estas piletas están en servicio, pero aún no tenemos suficientes datos

operativos para evaluar una ecoeficiencia dado que todavía operan en el período de estabilización. La pileta facultativa constituye además una reserva adicional del agua de incendio.

Es nuestro objetivo ampliar el área de parquización del predio. Tanto el efluente de la pileta facultativa como cualquier exceso del sistema de pozos será reutilizado para riego.

Autora:
Matilde Iommi de García
Ingeniera Química