

INTERCAMBIO IÓNICO VS ÓSMOSIS INVERSA

Ing. Carlos Babiche Fuentes

RESUMEN

El autor muestra la aplicación de las técnicas de Ingeniería Económica en la evaluación económica en la aplicación de técnicas de intercambio iónico y ósmosis inversa en un problema real ubicado en el IPEN.

ABSTRACT

The author shows the application of the techniques of Economic Engineering in the economic evaluation in the application of technical of ionic exchange and inverse osmosis in a real problem located in the IPEN.

DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD

La institución en la cual el proyecto se llevará a cabo es el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), el cual es un organismo público descentralizado del sector de Energía y Minas encargado de promover, asesorar, coordinar, controlar, representar y organizar las acciones para el desarrollo de la energía nuclear en el Perú.

El IPEN, entre sus múltiples actividades produce radiofármacos para ser usados en medicina y radioisótopos para ser usados en la industria y la medicina. Para ello cuenta con un reactor tipo piscina, cuyo núcleo está sumergido en la

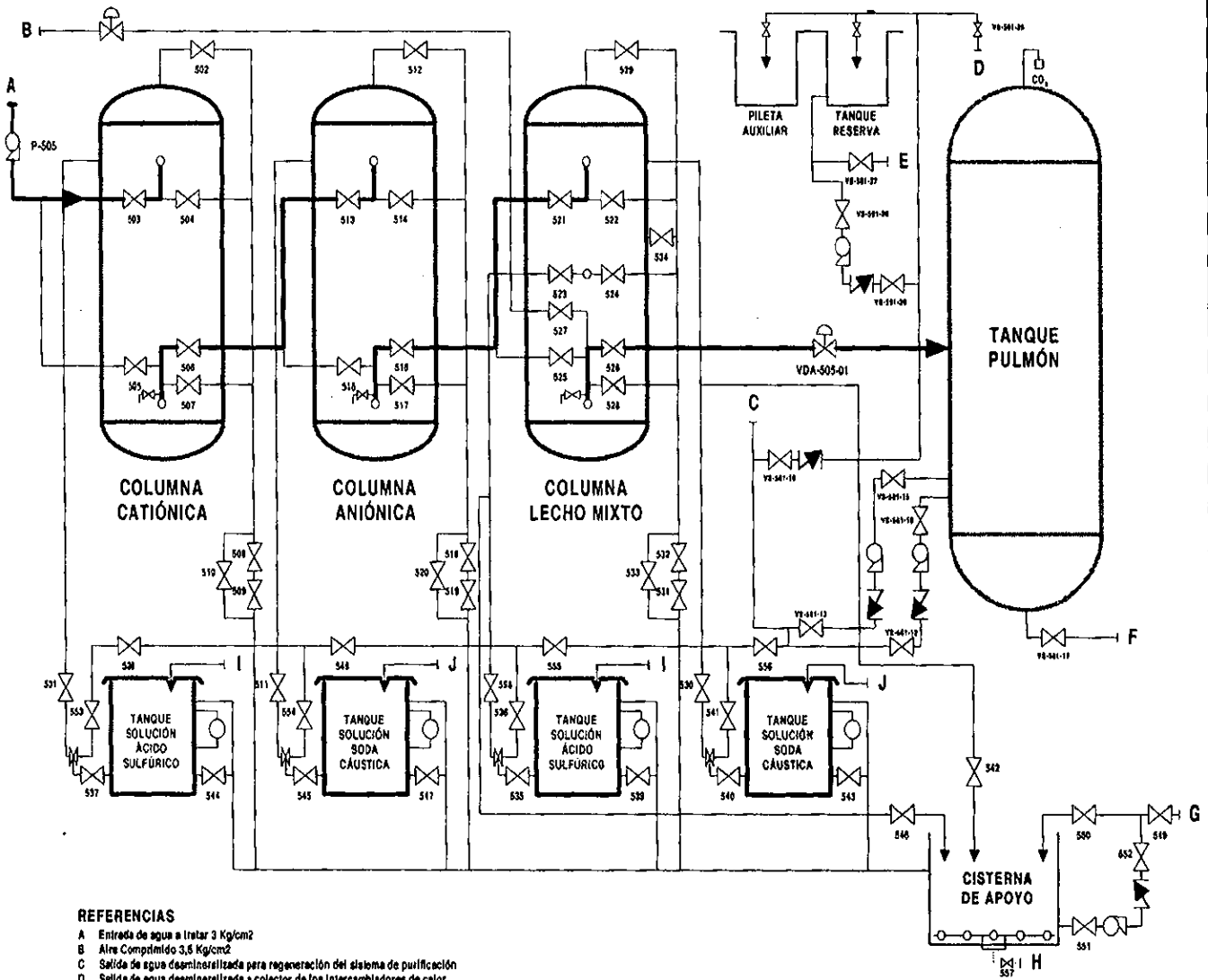
parte interior de un tanque cilíndrico de 11 m de altura y 4 m de diámetro, tiene una potencia térmica de 10 MW, el elemento combustible es del tipo MTR y utiliza como material uranio enriquecido al 20% de U^{235} . Posee 9 posiciones de irradiación con flujos neutrónicos superiores a 5×10^{13} n/cm²-seg, etc. Como ya se ha mencionado antes, el reactor del tipo piscina requiere de agua desmineralizada a un flujo de 6 m³/h, durante 4 horas al día, con una conductividad menor a los 0.5 mS/cm, para reducir así la tasa de exposición a los trabajadores.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad las cámaras de ionización e irradiación de aluminio del reactor nuclear RP-10 se están corroyendo debido a la formación del par galvánico Al-SS, esto debido básicamente a la "alta concentración" del ión cloruro en el agua que circunda a este ($Cl^- > 0.013$ ppm), teniendo como consecuencia un incremento en la tasa de exposición en los trabajadores que laboran en el

reactor, aparte del deterioro del material en cuestión. Es por esta razón que se piensa mejorar la calidad del agua al reactor, y para ello tenemos dos soluciones que satisfacen técnicamente los mejores requerimientos de agua, en lo que respecta a su calidad. Lo que queremos ahora, es evaluar económicamente cual de las dos soluciones es la que requiere menor inversión.

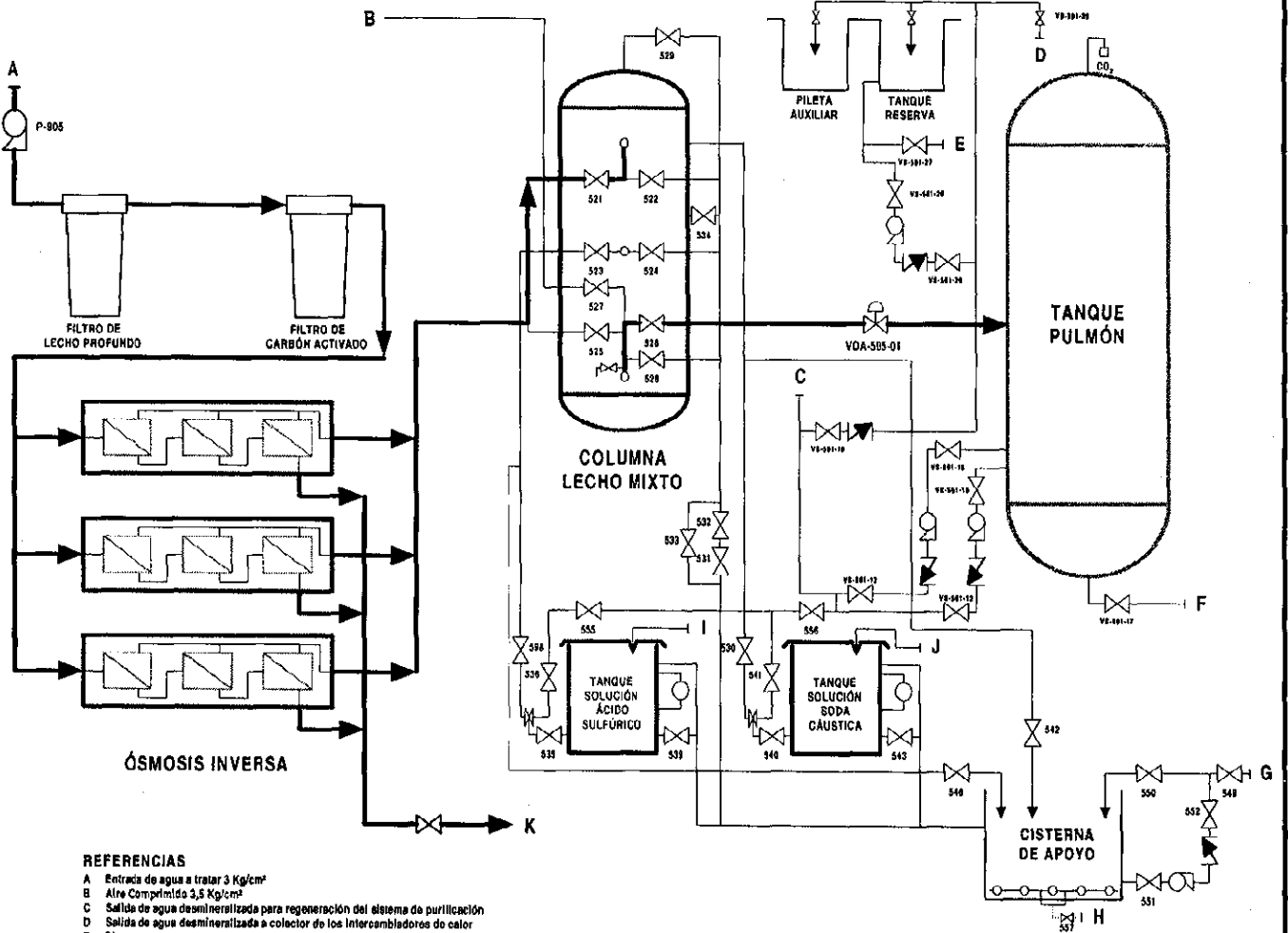
" las cámaras de ionización e irradiación de aluminio del reactor nuclear RP-10 se están corroyendo debido a la formación del par galvánico Al-SS... "



REFERENCIAS

- A Entrada de agua a tratar 2 Kg/cm²
- B Aire Comprimido 3,8 Kg/cm²
- C Salida de agua desmineralizada para regeneración del sistema de purificación
- D Salida de agua desmineralizada a colector de los Intercambiadores de calor
- E Cloaca
- F Sistema Intermedia
- G Salida a desague
- H Aire
- I Entrada de ácido sulfúrico 98 %
- J Entrada de soda cáustica 48 %

**INTERCAMBIO IÓNICO
DIAGRAMA DE FLUJO**



REFERENCIAS

- A Entrada de agua a tratar 3 Kg/cm²
- B Aire Comprimido 3,5 Kg/cm²
- C Salida de agua desmineralizada para regeneración del sistema de purificación
- D Salida de agua desmineralizada a colector de los Intercambiadores de calor
- E Clorox
- F Cisterna Intermedia
- G Salida a desague
- H Aire
- I Entrada de ácido sulfúrico 98 %
- J Entrada de soda cáustica 48 %
- K Rechazo

**ÓSMOSIS INVERSA
INTERCAMBIO IÓNICO
DIAGRAMA DE FLUJO**

SOLUCIONES

1 Sistema de Provisión por Intercambio Iónico

La primera propuesta es proveer de agua desmineralizada al reactor mediante la técnica de intercambio iónico, para reducir la carga iónica a valores inferiores a los que producen corrosión. Para ello necesitamos un tren de desmineralización, el cual consiste básicamente de una columna de intercambio catiónico, una columna de intercambio aniónico y una tercera columna de lecho mixto, todas estas con sus respecti-

vos accesorios que hacen operativa la planta, el costo de la planta es de \$ 55 000, y el tiempo de vida de esta es de 30 años. El fabricante garantiza una vida útil para las resinas de 5 años, siendo el costo total de éstas de \$ 20 000 (la planta no incluye el lote de resinas requeridas). Los gastos anuales por regeneración de las resinas ascienden a \$ 21 100. Para operar la planta se requiere de un trabajador, siendo su sueldo anual de \$ 6 000, los gastos de mantenimiento anuales serían de \$ 2 000 y de electricidad de \$ 50.

INTERCAMBIO IÓNICO

INVERSIÓN = \$ 55,000
CAMBIO DE RESINAS = \$ 20,000 / 5 años
REGENERACIÓN = \$ 21,100 / año
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO = \$ 6,000 + \$ 2,000 = \$ 8,000 / año
ELECTRICIDAD = \$ 50 / año
TASA DE INTERÉS = 10% ANUAL

* ...la formación del par galvánico Al-SS, es debido básicamente a la "alta concentración" del ión cloruro en el agua que circunda a este"

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050
21,100	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100	21,100
20000					20000					20000
55000										
96100	29150	29150	29150	29150	49150	29150	29150	29150	29150	49150
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050
	21100	21100	21100	21100	21100	21100	21100	21100	21100	21100
					20000					20000
	29150	29150	29150	29150	49150	29150	29150	29150	29150	49150
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050	8050
	21100	21100	21100	21100	21100	21100	21100	21100	21100	
					20000					
	29150	29150	29150	29150	49150	29150	29150	29150	29150	8050

VAN = \$ 399,421.27

2 Sistema de Provisión por Ósmosis Inversa con pulidor de Intercambio Iónico

La segunda propuesta es proveer de agua desmineralizada al reactor mediante la técnica de ósmosis inversa previa a un pulidor de intercambio iónico, para reducir la carga iónica a valores inferiores a los que producen corrosión. El costo de la planta de ósmosis inversa, la columna desmineralizadora de lecho mixto y los accesorios necesarios para el buen funcionamiento de esta asciende a \$ 125 000, y el tiempo de vida es de 30 años. El fabricante garantiza una vida útil para las resinas de 5 años, siendo

el costo total de éstas de \$ 5 000 (la planta no incluye el lote de resinas requeridas). Los gastos anuales por regeneración de las resinas ascienden a \$ 2 450. El fabricante garantiza una vida útil del batch de membranas por 10 años, siendo el costo del batch de reemplazo de \$ 60 000 (la planta de ósmosis inversa incluye el batch de membranas inicialmente). Las membranas requieren de una limpieza semestral, la cual asciende a \$ 2 000, también la planta incurre en un gasto anual por consumo de electricidad de \$ 300. Para operar la planta se requiere de un trabajador con un salario anual de \$ 6 000 y los gastos de mantenimiento anuales serían de \$ 2 000.

ÓSMOSIS INVERSA - INTERCAMBIO IÓNICO

INVERSIÓN (ósmosis + I.I.) = \$ 110,000 + \$ 15,000 = \$ 125,000

CAMBIO DE RESINAS = \$ 5,000 / 5 años

REGENERACIÓN = \$ 2,450 / año

CAMBIO DE MEMBRANAS = \$ 60,000 / 10 años

LIMPIEZA (c/6 meses) = \$ 4,000 / año

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO = \$ 6,000 + \$ 2,000 = \$ 8,000 / año

ELECTRICIDAD = \$ 300 / año

TASA DE INTERÉS = 10% ANUAL

... las cámaras de ionización e irradiación de aluminio se están corroyendo, teniendo como consecuencia un incremento en la tasa de exposición en los trabajadores que laboran en el reactor, aparte del deterioro del material en cuestión.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450
5000					5000					5000
										60000
110000										
15000										
132450	14750	14750	14750	14750	19750	14750	14750	14750	14750	79750
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450
					5000					5000
										60000
	14750	14750	14750	14750	19750	14750	14750	14750	14750	79750
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	
					5000					
	14750	14750	14750	14750	19750	14750	14750	14750	14750	12300

VAN = \$ 310,841.78

CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS DOS TÉCNICAS

INTERCAMBIO IÓNICO

1. Posee bajo costo de inversión
2. Posee un alto costo operativo y de mantenimiento, debido al precio de las resinas y de los regenerantes, así también como a la manipulación de los mismos.
3. El agua producida no tiene una calidad constante, una vez que comienza a agotarse la resina y se aproxima el momento de la regeneración de éstas.
4. Los efluentes resultantes del proceso de regeneración representan un problema mas para el tratamiento de efluentes.
5. El número de paradas en el sistema para la regeneración de las resinas puede aumentar a niveles críticos cuando aumenta la cantidad de iones disueltos en el agua de alimentación.
6. El sistema tiene un área excesivamente grande, ocupando espacio que podría ser utilizado para otras actividades.
7. La expansión del sistema no presenta economías a escalas significativas.

ÓSMOSIS INVERSA

1. Posee altos costos de inversión.
2. Posee un bajo costo operacional y de mantenimiento.
3. El agua producida tiene una calidad constante y el proceso es continuo sin ninguna interrupción.
4. No existen efluentes.
5. El sistema es de simple operación y mantenimiento y es muy poco sensible al aumento de los iones disueltos en el agua de alimentación.
6. El área de instalación es muy reducida.
7. El sistema posee flexibilidad para futuras expansiones.

"... se piensa mejorar la calidad del agua y para ello tenemos dos soluciones que satisfacen técnicamente los requerimientos de agua. Lo que queremos ahora, es evaluar económicamente cual de las dos soluciones es la que requiere menor inversión."

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se trata de evaluar económicamente las dos propuestas de solución al problema y proponer la más rentable, cumpliendo obviamente los requisitos técnicos. Para ello se va a evaluar el VAN de cada una de las propuestas.

El VAN de la primera propuesta es de \$ - 310 841.78 y el de la segunda propuesta es de \$ - 399 421.38.

Como se podrá observar, la propuesta de proveer de agua desmineralizada al reactor por medio de la técnica de Ósmosis Inversa con pulidor de Intercambio Iónico, es la más rentable porque se requiere una menor inversión con respecto a la técnica de Intercambio Iónico.